

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

ECOTOXICOLOGIA: CONCEITOS, ABRANGÊNCIA E IMPORTÂNCIA AGRONÔMICA **Ecotoxicology: Concepts, scope and agronomic importance.**

Nathália Leal Carvalho, Thiago Salbego Pivoto

nathaliiinha@gmail.com

RESUMO

O emprego de produtos químicos na agricultura tem sido incrementado especialmente na segunda metade do século passado até os dias atuais, constituindo um tema de estudo e constantes debates em função dos riscos de contaminação de águas, solos, atmosfera e humana iminentes quando utilizados de forma indiscriminada. No livro *A Primavera Silenciosa* de RACHEL CARSON, 1962, mostrou como o DDT penetrava na cadeia alimentar e acumulava-se nos tecidos gordurosos dos animais, inclusive do homem, com o risco de causar câncer e dano genético. Os agroquímicos utilizados no setor agrícola são classificados quanto a toxicologia em classes que variam de I (extremamente tóxico) a IV (pouco tóxico), avaliação toxicológica propriamente dita; aspectos ambientais; características físico-químicas e toxicidade para organismos não-alvo. A ecotoxicologia desses produtos do ponto de vista ambiental pode ser determinada através de estudos que determinam o comportamento ambiental do produto quanto à biodegradabilidade, sorção (adsorção/dessorção) e mobilidade. A nossa história agrônoma registra momentos de exageros e até catástrofes pelo uso inadequado bem como de alguns avanços na redução do uso de agrotóxicos, emprego de práticas alternativas, descoberta de produtos menos agressivos, manejo integrado dos fatores adversos (pragas, doenças e invasoras). Para a redução dos riscos devemos contar com o emprego adequado de tais produtos e estar prevenido para eventuais acidentes com os mesmos e na busca incessante por informações de forma tal compatibilizar o desafio da produção de alimentos com uma agricultura sustentável.

Palavra chave: Agricultura, agrotóxicos, impacto ambiental.

ABSTRACT

The use of chemicals in agriculture has been increased especially in the second half of last century until the present day and is a constant theme of study and debate in the light of the risks of contamination of water, soil, atmosphere and human imminent when used interchangeably. In the book *The Silent Spring* of RACHEL CARSON, 1962, showed how DDT penetrated the food chain and accumulate in the fatty tissues of animals, including humans, with the risk of causing cancer and genetic damage. The chemicals used in agriculture are classified as toxicology in classes that range from I (extremely toxic) to IV (slightly toxic), toxicological evaluation itself, environmental, physical and chemical characteristics and toxicity to non-target organisms. The ecotoxicology of these products from an environmental standpoint can be determined through studies that determine the environmental performance of the product on the biodegradability, sorption (sorption) and mobility. Our history records agronomic moments of extremes and even disasters

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

by improper use as well as some advances in reducing the use of pesticides, use of alternative practices, discovery of less aggressive products, integrated management of adverse factors (pests, diseases and weeds). To reduce risks should have the appropriate employment of such products and be prevented for any accidents with them and the incessant search for information in this match the challenge of food production with sustainable agriculture.

Key words: Ecotoxicology, pesticides, impact.

1. INTRODUÇÃO

Os agroquímicos pesticidas são produtos criados e desenvolvidos para serem utilizados no ambiente como uma ferramenta de que dispõe o agricultor para minimizar o prejuízo causado pela ação danosa de insetos, fungos, plantas invasoras, entre outros (STÜTZER et al., 2003).

Desde a década de 1950, quando se iniciou a "revolução verde", foram observadas profundas mudanças no processo tradicional de trabalho na agricultura bem como nos impactos sobre o ambiente e a saúde humana. Novas tecnologias, muitas baseadas no uso extensivo de agentes químicos, foram disponibilizadas para o controle de doenças, aumento da produtividade e proteção contra insetos e outras pragas (MOREIRA et al., 2002).

A contaminação ambiental causada pelo uso de agrotóxicos tem gerado preocupações quanto ao uso inadequado destes compostos, devendo ser tomadas precauções quanto à sua aplicação, resíduos provenientes das mais diversas fontes e à disposição final adequada desses resíduos, sem comprometimento do meio ambiente (LUCHINI e ANDRÉA, 2000).

A utilização de produtos químicos nos mais diversos ramos de atividades constitui hoje uma realidade presente não somente nos países desenvolvidos, mas pode ser identificada praticamente em todos os países do mundo (ALVES FILHO, 2004). Segundo Yuldeman citado por Alves Filho (2004), o consumo mundial de agrotóxicos sofreu um rápido incremento na última metade do século passado. Entre os anos 50 e 80, o crescimento se deu a uma taxa anual de aproximadamente 10%.

Estudos revelam que mais da metade da produção mundial de agrotóxicos é consumida nos Estados Unidos e na Europa Ocidental, regiões que abrigam cerca de 25% das terras globais ocupadas com culturas. Por outro lado cerca de 20% dos agroquímicos são consumidos nos países em desenvolvimento que contam com 55% das terras cultivadas do mundo (ALVES FILHO, 2004).

Em 1962, RACHEL CARSON sugeriu em seu livro "Primavera Silenciosa", que o amplo uso do DDT poderia ser a principal causa da redução populacional de diversas aves; muitas delas seriam as de topo de cadeia alimentar, como o falcão peregrino, e a águia calva ("*bald eagle*"- *Haliaeetus leucocephalus*), animal símbolo dos EUA. Este livro é considerado a primeira manifestação ecológica contra o uso indiscriminado do DDT.

Nos países em desenvolvimento, as estimativas atuais de consumo mundial de agrotóxicos são crescentes, conforme apontado em estudo realizado pela Organização Mundial de Saúde, através da Divisão de Saúde e Meio Ambiente da Organização Pan-Americana de Saúde (PAHO). O uso generalizado dos agrotóxicos aumentou de 1,5 milhões de toneladas no ano de

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFMS)

ISSN:

1970 para cerca de 3 milhões em 1985. Após 10 anos, isto é, em 1995, estimava-se que este uso deveria dobrar, especialmente nos países em desenvolvimento (ALVES FILHO, 2004).

No Brasil, o consumo desses produtos encontra-se em franca expansão. O país é responsável pelo consumo de cerca de 50% da quantidade de agrotóxicos utilizados na América Latina, o que envolveu um comércio estimado em cerca de US\$ 2,5 bilhões em 1998 (SINDAG citado por MOREIRA, 2002). Atualmente o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking dos países consumidores de agroquímicos.

O uso indiscriminado dos químicos agrícolas ao longo dos anos tem provocado o acúmulo de resíduos de compostos químicos nocivos na água, no solo e no ar. Tal situação tem implicado diversos problemas relacionados com a contaminação ambiental, a saúde pública e com os respectivos custos sociais decorrentes, destacando-se os de contaminação de alimentos e, principalmente, as intoxicações entre os que trabalham com esses produtos (BITTENCOURT, 2004).

2. ECOTOXICOLOGIA DE AGROQUÍMICOS

Ecotoxicologia descreve a relação entre os poluentes químicos, o ambiente em que são liberados e a biota naquele ambiente. Por isso, essas substâncias devem ser bem estudadas, para que seus riscos potenciais possam ser muito bem definidos, e medidas para atenuar seus prováveis impactos devem ser muito bem determinadas por meio de ações regulatórias e técnicas (STÜTZER et al., 2003).

A toxicidade de um composto químico depende da exposição, da suscetibilidade do organismo, das características químicas do agente e de fatores ambientais (TOMITA; BEYRUTH, 2002). As espécies possuem suscetibilidades diferentes de acordo com seu aparato metabólico, seus hábitos alimentares, comportamento, fase de desenvolvimento, dentre outros aspectos, podendo estar sujeitas às exposições aguda e/ou crônica.

Na exposição aguda, os organismos entram em contato com o composto químico num evento único ou em eventos múltiplos que ocorrem num pequeno período de tempo, geralmente variando de horas a dias. Os efeitos são imediatos, embora seja possível a produção de efeitos retardados similares àqueles resultantes de exposição crônica (RAND; PETROCELLI, 1985).

Já na exposição crônica, segundo os autores citados acima, normalmente os organismos são expostos a baixas concentrações do agente tóxico que é liberado continuamente ou com alguma periodicidade num longo período de tempo (semanas, meses ou anos), mas pode também induzir a efeitos rápidos e imediatos, como os efeitos agudos, em adição aos efeitos que se desenvolvem lentamente.

A frequência da exposição também afeta a toxicidade dos compostos químicos. Uma exposição aguda a uma única concentração pode resultar num efeito adverso imediato num organismo, enquanto duas exposições sucessivas cumulativas iguais à exposição aguda única podem ter efeito pequeno ou nenhum efeito, devido ao metabolismo (detoxificação) do organismo entre as exposições ou à aclimação do organismo ao composto (RAND; PETROCELLI, 1985).

No entanto, cabe ao Ministério da Saúde, por meio da ANVISA, proceder à avaliação toxicológica que se compõe de duas etapas:

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

2.1 Agrotóxicos

Os agrotóxicos começaram a ser usados em escala mundial após a segunda grande Guerra Mundial. Vários serviram de arma química nas guerras da Coréia e do Vietnã, como Agente Laranja, desfolhante que dizimou milhares de soldados e civis.

Os países que tinham a agricultura como principal base de sustentação econômica - na África, na Ásia e na América Latina - sofreram fortes pressões de organismos financiadores internacionais para adquirir essas substâncias químicas. A alegação era de que os agrotóxicos garantiriam a produção de alimentos para combater a fome. Com o inofensivo nome de "defensivos agrícolas", eles eram incluídos compulsoriamente, junto com adubos e fertilizantes químicos, nos financiamentos agrícolas. Sua utilização na agricultura nacional em larga escala ocorreu a partir da década de 70 (SILVA; FAY, 2004).

O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, gastando anualmente, cerca de 2,5 bilhões de dólares nessas compras. Infelizmente, pouco se faz para controlar os impactos sobre a saúde dos que produzem e dos que consomem os alimentos impregnados por essas substâncias (MAPA, 2009).

O DDT (inseticida organoclorado) foi banido em vários países, a partir da década de 70, quando estudos revelaram que os resíduos clorados persistiam ao longo de toda cadeia alimentar, contaminando inclusive o leite materno.

No Brasil, somente em 1992, após intensas pressões sociais, foram banidas todas as fórmulas à base de cloro (como BHC, Aldrin, Lindano, etc).

Várias outras substâncias, como o Amitraz, foram proibidas. A lei de agrotóxicos nº 7802, aprovada em 1989, proíbe o registro de produtos que possam provocar câncer, defeitos na criança em gestação (teratogênese) e nas células (mutagênese). Mas produtos como o Amitraz, e outros que já haviam sido proibidos, continuam sendo comercializados ilegalmente.

Já os perigosos fungicidas - Maneb, Zineb e Dithane - embora proibidos em vários países, são muito usados, no Brasil, em culturas de tomate e pimentão. Os dois primeiros podem provocar doença de Parkinson. O Dithane pode causar câncer e mutações.

O Graxomone (mata-mato), cujo princípio ativo é o Paraquat, é proibido em diversos países. No Brasil, é largamente usado no combate a ervas daninhas. A contaminação pode provocar fibrose pulmonar, lesões no fígado e intoxicação em crianças (MAPA, 2009).

O uso descontrolado, a propaganda massiva, o medo de perda da produtividade da safra, a cultura "fruto bonito é aquele que as pessoas gostam de comprar", a não utilização de equipamentos de proteção e o pouco conhecimento dos riscos, são alguns dos responsáveis pela intoxicação dos trabalhadores rurais (SILVA, FAY, 2004).

Vários estudos feitos com trabalhadores demonstraram que há relação entre a exposição crônica a agrotóxicos e doenças, principalmente do sistema nervoso (central e periférico). Além disso, também ocorrem episódios de intoxicação aguda, colocando em risco a vida dos trabalhadores rurais (MAPA, 2009).

A fiscalização no campo só se preocupa com a comercialização dos agrotóxicos. Não existe vigilância nem orientação para a sua correta aplicação. Acontece até de o trabalhador utilizar um coquetel de produtos semanalmente, de forma "preventiva". Ou usar o mesmo princípio ativo de marcas distintas na mesma aplicação. Para o cultivo de batata, tomate e berinjela (p.ex.), que são muito susceptíveis às pragas, são utilizadas grandes quantidades de

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

agrotóxicos. Na cultura do tomate e do morango são usados diferentes tipos de agrotóxicos, em intervalos muito curtos, alguns deles com princípios ativos já banidos em muitos países (LUCHINI; ANDRÉA, 2000).

Os riscos não se limitam ao homem do campo. Os resíduos das aplicações atingem os mananciais de água e o solo. Além disso, os alimentos comercializados nas cidades podem apresentar resíduos tóxicos (MAPA,2009).

2.2 Classificação Toxicológica

No Brasil, os produtos com pesticidas são obrigados a apresentar, no rótulo, a cor correspondente à classe de sua toxicidade, conforme demonstrado na tabela 1.

Os estudos necessários a essa avaliação são: DL₅₀ (Dose Letal) oral aguda; DL₅₀ dérmica aguda; irritabilidade ocular; irritabilidade dérmica; sensibilização dérmica e CL₅₀ (Concentração Letal) inalatória.

A classificação toxicológica diz respeito exclusivamente a que manuseia o produto havendo exposição única; é importante como medida de segurança para quem trabalha na produção, na embalagem, no armazenamento, no transporte, no preparo da calda e na sua aplicação. Esta classificação não está relacionada com exposição a longo prazo e com a segurança do meio ambiente (STÜTZER et al., 2003).

Tabela 1 – Classificação e Recomendação dos Agrotóxicos. Fonte Agrofit, 2009.

Classe	Faixa	Classificação do produto	Recomendação
I	Vermelha	Extremamente tóxico	Somente devem ser utilizados por operadores profissionais licenciados, que tenham conhecimento da química, usos, perigos e precauções no uso.
II	Amarela	Altamente tóxico	Devem ser utilizados por operadores que aplicam, seguindo estritas condições controladas, supervisionadas e treinadas.
III	Azul	Medianamente tóxico	Seus operadores devem observar as normas rotineiras de segurança na aplicação. Esta categoria inclui agrotóxicos altamente tóxicos e todos os que possuem efeitos adversos para o ambiente e aqueles cujo uso descontrolado não é desejável.
IV	Verde	Pouco tóxico (mas é tóxico)	Utilizados por operadores treinados que observem medidas de proteção rotineiras. Esta categoria inclui agrotóxicos comercialmente liberados, excluído o uso pelo público em geral.

Os agrotóxicos atuam de duas maneiras quanto à saúde da população: através das intoxicações dos agricultores durante a aplicação desses produtos ou através do consumo de alimentos contaminados com resíduos de venenos.

As intoxicações podem ser classificadas em aguda, crônica e recôndita segundo a tabela 2

Tabela – 2. Classificação das intoxicações causadas por agrotóxicos. Fonte: MAPA, 2009.

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

Intoxicações	Descrição
Aguda	O organismo logo reage, apresentando sinais e/ou sintomas. Os sintomas aparecem nas primeiras 24 horas após exposição, e podem ser fatais ou perdurarem por certo tempo, dependendo do produto e da dose. Os casos agudos são de diagnóstico fácil por serem logo correlacionados com a exposição ao tóxico.
Crônica	Torna-se difícil estabelecer a correlação entre causa e efeito. Existem manifestações que surgem meses e até anos após a exposição a algum agrotóxico, ou após a exposição continuada e freqüente a pequenas doses de agrotóxicos. Há casos de intoxicações por verdadeiros coquetéis de agrotóxicos, dificultando o diagnóstico.
Recôndita	É o resultado do acúmulo de quantidades mínimas de um agrotóxico no organismo, suficiente para interferir na normalidade dos fenômenos vitais. Alguns agrotóxicos apresentam efeitos <i>mutagênicos e carcinogênicos</i> . Dose letal 50% oral (DL-50 oral): é a dose única, que provoca a morte em 50% dos animais testados, em até 14 dias, após sua administração por via oral. Dose letal 50% dérmica (DL-50 dérmica): é a dose única, que após o contato por 24 horas com a pele tanto intacta, quanto escoriada, provoca a morte em 50% dos casos, em 14 dias após a sua administração. (O animal para este teste é o rato albino macho).

Para exercer algum controle sobre o uso de agrotóxicos, entrou em vigor a partir de janeiro de 1990, a nova *Lei dos Agrotóxicos*, determinando que somente poderão ser utilizados aqueles produtos aprovados por órgãos públicos oficiais. Com a nova lei, os agrotóxicos têm o mesmo tratamento que os medicamentos mais fortes: só podem ser vendidos ao agricultor mediante apresentação de bula expedida por agrônomo, que instrui sobre o tipo, a quantidade e a concentração. Grande avanço nessa legislação é a possibilidade de qualquer pessoa ou entidade poder requerer o cancelamento do registro de um agrônomo. A melhor solução, entretanto, ainda é a substituição dos agrotóxicos por medidas alternativas (MAPA, 2009).

Um produto altamente tóxico, aplicado em baixa concentração de seu Princípio Ativo, pode ser menos agressivo para a saúde humana que outro menos tóxico, usado em altas concentrações (SILVA; FAY, 2004).

Os agrotóxicos são produtos químicos de composição e características químicas específicas, podendo produzir intoxicações de distintas características. O grupo químico que compõem o defensivo agrícola, provoca característicos sintomas e lesões no homem.

Os sintomas mais comuns apurados nos casos de intoxicações pelos grupos químicos, são de acordo com a tabela 3.

Tabela – 3. Ações ou lesões causadas pelos agrotóxicos. Fonte MAPA, 2009.

Órgãos Afetados	Ações ou lesões
Neurocomportamentais	Neurotoxicidade Retardada causada por certos organofosforados, carbamatos e desfolhantes. Neuropatia Periférica provém de certos organofosforados, herbicidas clorofenóis (2,4-D e 2,4,5-T), piretróides, compostos arsenicais, dinitrofenol, tálio, dietil-ditiocarbamatos, metilbrometo. O Metilbromato, organofosforados e certos organoclorados, provocam Alterações na conduta.
Reprodução	Atrofia testicular tridemorfe; Oligospermia: dibromocloropropano e tálio; Diminuição do índice de fertilidade: Hidrocarbonetos clorados, captam e dioxina; Amenorréia : Tálio.
Pele	Dermatite de contato: mercuriais, paraquat, 2,4-D, captafol, mancozeb, rotenona, ácido gliberélico, captan, folpet, amitrol, dazomet; Reações alérgicas: Arsênico, DDT, molinate, lindane, zineb, malathion, (Dicloro-difeniltricloroetano) Piretróides, clordimeforme, flumeturon, etilhexenodiol, bentazone, captafol, cloranil, clorotalinil, ciprex, captan; Reações fotoalérgicas: benomil, zineb, HCB (hexaclorobenzeno).

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

Oftalmológicos	Catarata : Paraquat, diquat; Atrofia do Nervo; Ótico: Brometo de metila; Alterações na mácula: fention.
Pulmões	Pneumonia : piretrinas, paraquat, cobre; fibrose: Paraquat.
Fígado	Metaldeído, molinate, simazine, ácido acético, naftaleno, falone, alfa naftiltouréia, dimetilsuccinato, cloranil, dinitrofenol, paraquat, diquat, DDT, mirex, pentaclorofenol, arsênico.
Rins	Dinitrofenol, metaldeído, certos clorados, fenoximercuriais, metóxietyl mercurios e tállo.
Mutagênicos	Trifuralina, DDT, malation, dibrometo de etileno, hidrazida.
Cancerígenos	Comprovados: Aminotriazol, arsênico, óleos minerais. Prováveis: dibrometo de etileno, óxido de etileno, nitrosaminas (trifluralina e os dinitroderivados). Possíveis: amitrade, aramita, clordecone, clorofenóis, BHC, clorofenóis, DDT, mirex, toxafeno, dicloropropano, sulfato, maneb.

2.3 Avaliação toxicológica propriamente dita

Tem por finalidade analisar estudos realizados com animais de laboratório para posteriormente fazer extrapolação para a espécie humana, por meio do cálculo da Ingestão Diária Aceitável (IDA). Os seguintes estudos são avaliados para um agrotóxico:

- toxicidade em curto prazo em animais de laboratório (ratos, camundongos);
- toxicidade dérmica subaguda quando houver risco de exposição humana não intencional;
- toxicidade subcrônica em animais de laboratório (pelo menos um roedor e um não-roedor);
- toxicidade crônica em animais de laboratório (um roedor e um não-roedor);
- estudos mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos;
- efeitos sobre a reprodução e a prole;
- metabolismo e excreção;
- efeitos neurotóxicos (dependente do produto);
- estudos de resíduos.

3. ASPECTOS AMBIENTAIS

Os agrotóxicos são classificados como micropoluentes para os ecossistemas e a adulteração provocada por eles em solos, suprimentos aquíferos e alimentícios têm sido objeto de constantes estudos e discussões (STRACHAN et al. citado por LUCHINI e ANDRÉA, 2000). Os impactos ambientais causados pelo uso dos agrotóxicos podem ocorrer porque esses compostos podem permanecer por mais tempo do que o necessário para exercer sua ação, afetando o ecossistema como um todo (LUCHINI e ANDRÉA, 2000).

Devido aos impactos causados pelos agrotóxicos estabelece-se o Potencial de Periculosidade Ambiental (PPA) para todos os produtos técnicos e formulações existentes no mercado, que é determinado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Para a elaboração do PPA, a legislação ambiental requer estudos e testes que são divididos em 4 grupos segundo STÜTZER et al. (2003).

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

3.1 Características físico-químicas

Dão uma idéia de possível impacto da substância em alguma matriz do sistema água-solo-ar. Algumas dessas características são: propriedades organolépticas, pH, ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade, pressão de vapor, formação de complexos com metais em meio aquoso, constante de dissociação em meio aquoso, hidrólise, fotólise, volatilidade, viscosidade.

3.2 Toxicidade para organismos não-alvo

Estes estudos visam responder à questão: como essas substâncias agem sobre os organismos constituintes da cadeia alimentar?

O Brasil é pioneiro em solicitar estudos ecotoxicológicos para produtos formulados. Os estudos são realizados com:

- Microorganismos do solo – testes agudos avaliam a ação dos produtos sobre microorganismos constituintes dos ciclos do carbono e nitrogênio.
- Algas – testes agudos avaliam o impacto do produto sobre a produção de massa verde.
- Minhocas – representando os organismos do solo, são testes agudos que avaliam a dose necessária para matar 50% dos animais testados.
- Abelhas – representando insetos benéficos, testes agudos que visam determinar a DL₅₀ oral ou por contato.
- Microcrustáceos – representados pelas daphnias; são realizados testes agudos e crônicos que visam determinar a CL₅₀ e o efeito do produto sobre a sobrevivência, o desenvolvimento e a reprodução.
- Peixes – testes agudos, crônicos e, condicionalmente de bioconcentração são realizados. Os peixes, por se constituírem no ponto mais alto da cadeia alimentar aquática, são muito importantes e devem ser muito bem avaliados.

3.3 Estudos que determinam o comportamento ambiental de um produto

Visam responder basicamente à questão: o que o ambiente faz com o produto químico? Três são os estudos:

- Biodegradabilidade: verifica se o produto é degradado por microorganismos. Juntamente com os testes de hidrólise e fotólise e algumas características físico-químicas, como solubilidade e pressão de vapor, determinam o modo como a substância irá se degradar, quais os produtos finais dessa degradação e a meia-vida (tempo que leva para degradar metade da quantidade aplicada).
- Sorção (adsorção/dessorção): é a propensão de um produto químico ligar-se aos colóides do solo onde interações intermoleculares podem ocorrer (forças de Van der Waals, pontes de hidrogênio, ligações iônicas e moleculares, transferências de cargas, entre outras). Posteriormente diversas características do solo devem ser analisadas como: textura, capacidade de troca iônica, matéria orgânica, teor de óxidos de ferro e alumínio e outras. Com estes estudos determina-se o coeficiente de sorção (Kd ou Koc).

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

- **Mobilidade:** verifica qual o potencial de lixiviação do produto, bem como seu movimento lateral no solo.

É importante ressaltar que há diferenças grandes entre o comportamento de um produto fitossanitário em solos tropicais, em relação ao seu comportamento em solos de clima temperado, e daí a necessidade da realização de testes locais para avaliar o que realmente acontece com o agrotóxico aplicado ao solo ou que chega ao solo após aplicação na parte aérea das plantas.

3.4 Toxicidade para animais superiores, incluindo potencial genotóxico, embriofetotóxico e carcinogênico

Estes testes são os mesmos realizados em laboratório para avaliação da toxicidade para o ser humano, mas que neste caso aplicam-se a animais superiores.

Após serem avaliados todos os estudos solicitados, o IBAMA classifica o produto numa das seguintes classes conforme a tabela 4.

Esta classificação não leva em consideração a exposição, mas somente a toxicidade do produto para os organismos dos diferentes ecossistemas e o seu destino ambiental.

O Brasil decidiu por realizar a análise dos produtos mediante a Avaliação de Risco Ambiental, cujo processo tem início com a avaliação das características do produto (coeficiente de partição, solubilidade, pressão de vapor, meia-vida, mobilidade e outros), do ecossistema potencialmente em risco (local onde o produto será utilizado) e dos efeitos ecológicos esperados ou observados.

Tabela 4 – Classificação dos produtos

Classe	Classificação do Produto
I	produto altamente perigoso
II	produto muito perigoso
III	produto perigoso
IV	produto pouco perigoso

A análise de risco da toxicidade do produto consiste na avaliação dos dados sobre efeitos potenciais e exposição do produto. Esta avaliação de risco é a fase final do processo, em que é avaliada a probabilidade de efeitos adversos ocorrerem como resultado da exposição ao produto. De acordo com os resultados obtidos, devem ser implementadas medidas de segurança e a elaboração de um plano de comunicação de risco.

4. TIPOS DE CONTAMINAÇÃO

A falta de informação parece ser o maior efeito dos agrotóxicos sobre o meio ambiente. Desenvolvidos para terem ação biocida, são potencialmente danosos para todos os organismos vivos, todavia, sua toxicidade e comportamento no ambiente variam muito. Esses efeitos podem ser crônicos quando interferem na expectativa de vida, crescimento, fisiologia, comportamento e reprodução dos organismos; e/ou ecológicos quando interferem na disponibilidade de alimentos, de habitats e na biodiversidade, incluindo os efeitos sobre os inimigos naturais das pragas e a resistência induzida aos próprios agrotóxicos (LUNA et al., 2004).

Sabe-se que há interferência dos agrotóxicos sobre a dinâmica dos ecossistemas, como nos processos de quebra da matéria orgânica e de respiração do solo, ciclo de nutrientes e

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

eutrofização de águas. Pouco se conhece, entretanto, sobre o comportamento final e os processos de degradação desses produtos no meio ambiente.

A maior parte dos agrotóxicos utilizados acaba atingindo o solo e as águas, principalmente pela deriva na aplicação, controle de ervas daninhas, lavagem das folhas tratadas, lixiviação, erosão, aplicação direta em águas para controles de vetores de doenças, resíduos de embalagens vazias, lavagens de equipamentos de aplicação e efluentes de indústrias de agrotóxicos (LUNA et al., 2004).

Entre os componentes ambientais de especial risco estão as nascentes, poços, açudes, lagos, rios, fauna e flora silvestres, solos explorados ou não para cultivo, a atmosfera e o homem (CHAIM et al., 1999). Onde um produto fitossanitário estiver em uso, existe a possibilidade de ocorrer contaminação ambiental, seja ela por acidente, descuido, negligência ou falta de conhecimento, podendo as causas de contaminações ambientais ser devido:

- Manuseio de produtos fitossanitários em locais inadequados;
- Derramamento e escoamento;
- Deriva (favorecida pelos dias de vento forte e temperatura alta);
- Perdas na aplicação (regulagem inadequada do pulverizador);
- Não uso de equipamentos de proteção individual (EPI's);
- Não observância do período de carência;
- Descarte incorreto de águas usadas para lavagem de equipamentos de aplicação e de proteção individual;
- Abandono de embalagens vazias.

4.1 Contaminação da água

O comportamento dos agrotóxicos no ambiente pode ser influenciado por diversos fatores como: volatilização, método de aplicação, tipo de formulação, características de solo e plantas, solubilidade dos compostos em água, adsorção às partículas de solo, persistência, mobilidade e condições climáticas.

O carregamento de partículas de solos tratados com agrotóxicos pelas águas das chuvas é a maior causa da contaminação de córregos, rios e mares (LARA; BARRETO, 1972).

A lixiviação dos agrotóxicos através do perfil dos solos pode ocasionar a contaminação de lençóis freáticos (EDWARDS, 1973), portanto, além de afetar os próprios cursos de água superficiais, os agrotóxicos podem alcançar os lençóis freáticos cuja descontaminação apresenta grande dificuldade.

Paschoal, citado por Andreoli et al. (2000) afirmou que a contaminação da água resulta da aplicação direta de partículas trazidas pelas enxurradas ou pela deriva de produtos aplicados e por meio de despejos industriais. Afirmou ainda que as águas superficiais contém a maior fração de agrotóxicos e é distribuída em diversos espaços geográficos onde a preservação do ambiente aquático depende de práticas adequadas.

Certas práticas agrícolas ligadas ao modelo de produção agrícola predominante, como o uso excessivo e inadequado de agrotóxicos, a destruição da cobertura vegetal dos solos para plantio, a não-preservação das matas ciliares e das vegetações protetoras de nascentes, dentre outros fatores, são responsáveis por grande parte dos problemas com os recursos hídricos (ROSA, 1998).

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFMS)

ISSN:

De acordo com Garcia, citado por Luna et al. (2004), um levantamento nacional realizado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) concluiu que aproximadamente 10,4% dos 94.600 reservatórios comunitários de água e 4,2% dos 10.500.000 poços domésticos da zona rural apresentam presença de resíduos de agrotóxicos, sendo que 0,6% acima dos limites permitidos.

No Brasil, praticamente não há vigilância dos sistemas aquáticos, nem monitoramento ou tratamento de águas de consumo para detectar e/ou eliminar agrotóxicos, sendo muito provável que tenhamos o mesmo problema ampliado. No Estado do Paraná, no período de 1976 a 1984, de 1825 amostras de água colhidas nos rios, sem finalidades estatísticas, mas para atender a outros fins, a SUREHMA (Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente) constatou que 84% apresentaram resíduos e 78% ainda estavam contaminadas depois dos tratamentos convencionais de água (LUNA et al., 2004).

Se a água estiver contaminada por agrotóxicos, pode-se considerar que todos os demais elementos bióticos e abióticos do ecossistema também estão ou ficarão contaminados, pois a água está presente em todas as partes (MACHADO NETO, 1991).

Os agrotóxicos presentes em corpos d'água podem penetrar nos organismos aquáticos através de diversas portas de entrada e seu grau de acumulação depende do tipo de cadeia alimentar, da disponibilidade e persistência do contaminante na água e especialmente de suas características físicas e químicas (SPACIE; HAMELINK, 1985).

Os estudos em toxicologia aquática são qualitativos e quantitativos em relação aos efeitos tóxicos sobre os organismos. Os efeitos tóxicos podem incluir tanto a letalidade (mortalidade) e efeitos sub-letais, como alterações no crescimento, desenvolvimento, reprodução, respostas farmacocinéticas, patologia, bioquímica, fisiologia e comportamento. Os efeitos podem ser expressos através de critérios mensuráveis como o número de organismos mortos, porcentagem de ovos chocados, alterações no tamanho e peso, porcentagem de inibição de enzima, incidência de tumor, dentre outros (LUNA et al., 2004).

Conforme Rand; Petrocelli (1985) a toxicologia aquática também está relacionada com as concentrações ou quantidades dos agentes químicos que podem ocorrer no ambiente aquático (água, sedimento ou alimento).

Num estudo realizado no Parque Turístico do Alto Ribeira (PETAR) localizado no Vale do Ribeira (São Paulo), Elfvendahl citado por Tomita (2002) analisou amostras de água, sedimento e peixe no período das chuvas, em janeiro de 2000 e seus resultados indicaram que a fauna e flora do PETAR estão expostas a diferentes agrotóxicos que se encontram dissolvidos na água ou presentes no sedimento, sendo que dos 20 agrotóxicos detectados na água, sete eram considerados altamente tóxicos para peixes e outros organismos aquáticos e os demais eram considerados moderadamente tóxicos.

Os fatores ambientais definidos pelas características bióticas e abióticas também podem alterar a toxicidade de compostos químicos no ambiente aquático (SPRAGUE, 1985). Segundo o pesquisador, os fatores bióticos incluem o tipo de organismo (alga, inseto ou peixe, etc.), estágio de desenvolvimento (larva, juvenil, adulto), tamanho, estado nutricional e de saúde, alterações sazonais no estado fisiológico, dentre outros, sendo que estes fatores bióticos influenciam a resposta ao poluente de diferentes maneiras. Os fatores abióticos que podem atuar modificando a toxicidade incluem todas as características físicas e químicas da água que circunda o organismo vivo, como a temperatura, o pH, o teor de oxigênio dissolvido na água, a salinidade e a dureza,

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

conteúdo de matéria orgânica e material particulado em suspensão, a velocidade do fluxo da água, dentre outros.

Atualmente é crescente o interesse sobre as sobras e desperdícios generalizados de agrotóxicos, principalmente no que se refere ao destino destes resíduos na natureza. Para um controle de qualidade da água é necessário o monitoramento de diversos indicadores, entre eles a avaliação dos resíduos de agrotóxicos.

4.2 Contaminação de solo

O solo é o compartimento do agroecossistema considerado mais complexo e cuja probabilidade de contaminação por agrotóxicos é a maior. Atualmente, considera-se que a contaminação dos solos é um dos principais problemas ambientais, podendo ser contaminado por agrotóxicos após aplicações diretas ou, indiretamente, através de aplicações nas culturas, queda de folhagem tratada e movimento de águas contaminadas na superfície e no seu perfil (ANDRÉA, 1992).

De acordo com Carvalho (2000) a avaliação do grau de contaminação do solo por agrotóxicos é de particular importância devido à transferência destes contaminantes aos alimentos. No ambiente edáfico, os compostos podem sofrer alguns processos de dissipação, tais como: volatilização, lixiviação, degradação física, química e/ou biológica, escoamento superficial, absorção pelas plantas e adsorção nos constituintes edáficos (LUCHINI, 1987).

Os resíduos podem interagir com as fases sólida, líquida e gasosa, e com a porção viva do solo, isto é, com microbiota. Estas interações determinarão a ocorrência de diferentes processos que envolvem transformações químicas, físicas, biológicas ou a combinações dessas transformações. Como consequência, pode-se detectar ou desaparecimento do composto, ou aparecimento de metabólitos mais ou menos tóxicos que o produto original, ou persistência aumentada, que irão determinar a utilidade do composto ou efeitos prejudiciais causados pela persistência mais longa do que seria necessário para o controle ou, ainda, o transporte maior ou menor no próprio solo (ANDRÉA, 1998).

Como efeito de transformação química, cita-se o pH, que determina, muitas vezes, a prevalência de degradação da molécula por processo puramente químico (ANDRÉA et al., 1997). Mas o pH do solo também tem efeito bioquímico, pois influencia a atividade microbiana e, desta forma, conforme o pH do meio haverá ou não a predominância de atividade microbiana atuando sobre a degradação de agrotóxicos.

Os processos de transformação e desaparecimento dos agrotóxicos no solo dependem tanto das características do próprio solo, como das características físico-químicas das substâncias, pois moléculas de peso molecular muito alto ou elementos halogênios e/ou anéis aromáticos altamente condensados, por exemplo, são mais persistentes (LUCHINI; ANDRÉA, 2000).

De qualquer forma, a degradação dos compostos aplicados e sua conversão em outros produtos não significam, necessariamente, perda da atividade biológica e, muitas vezes, essa conversão pode resultar em produtos ainda mais tóxicos ou ativos. Somente a conversão total ou mineralização da substância em elementos ou compostos amplamente distribuídos na natureza e que podem entrar nos ciclos biogeoquímicos é que representa descontaminação (LUCHINI; ANDRÉA, 2000).

Porém, segundo Andréa (1998) reconhece-se, que a grande variedade de microrganismos presentes no solo é potencialmente capaz de biodegradar agrotóxicos até produtos mais simples,

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

que podem entrar nos ciclos biogeoquímicos da natureza, pois já se sabe que a biodegradação representa o principal processo de degradação de agrotóxicos. Fatores ambientais, tais como temperatura, conteúdo de matéria orgânica, acidez, umidade e tipo de solo, que influenciam a atividade microbiana, influenciam também as taxas de degradação dos agrotóxicos. Entretanto, reações químicas como hidrólise, por exemplo, podem ser pré-requisitos para o ataque microbiano. Desta forma, em muitas situações, a distinção entre processos puramente bióticos ou abióticos é difícil.

Assim, percebe-se que pode haver uma conjugação dos agentes físicos, químicos e biológicos de transformação e os processos decorrentes da ação desses agentes, e que resultam em degradação dos agrotóxicos, podem ocorrer simultaneamente. Mas a compreensão do comportamento de substâncias tóxicas sob diferentes condições tem sido considerada essencial para se estar consciente dos possíveis efeitos adversos e de como eles podem ser minimizados (LUCHINI; ANDRÉA, 2000).

4.3 Contaminação da atmosfera

A atmosfera do agroecossistema pode ser contaminada por evaporação de resíduos dos agrotóxicos da superfície da cultura ou do solo contaminados. Em qualquer aplicação de agrotóxico há possibilidade de contaminação da atmosfera, cujas moléculas podem estar no estado sólido, líquido ou gasoso. Todas as pulverizações estão sujeitas às derivas e ao arrastamento pelo vento.

A volatilização das moléculas do solo e da água também representa uma fonte de contaminação da atmosfera. Por outro lado, as águas das chuvas, formadas pela condensação e precipitação do vapor de água, também perdem agrotóxicos, pois promovem o arrastamento de muitos destes resíduos, presentes no ar e na poeira dispersa na atmosfera, de volta para o solo ou para as águas (BATISTA, 1988).

4.4 Contaminação humana

Embora o objetivo dos agrotóxicos seja o de destruir pragas nocivas, que danificam plantações e transmitem doenças aos animais e homem, outros seres vivos, inclusive os humanos, têm funções fisiológicas e bioquímicas semelhantes às espécies nocivas e são suscetíveis em graus variáveis aos efeitos tóxicos de agrotóxicos (CARVALHO, 2000).

Tendo em vista os milhares de toneladas de agrotóxicos utilizados anualmente, sua toxicidade aguda, subaguda e a longo prazo, a forma como são transportados, manejados e aplicados, estas substâncias se convertem em um grande problema de saúde pública.

Segundo Andreoli et al., (2000), os agrotóxicos são considerados a segunda causa de intoxicação no Brasil, ficando abaixo apenas das intoxicações por medicamentos. A principal causa de contaminação por agrotóxicos é ocasionada pela contaminação dos aplicadores seguido de suicídio e por contaminação acidental.

Alguns trabalhos realizados para avaliar os níveis de contaminação ocupacional por agrotóxicos em áreas rurais brasileiras têm mostrado níveis de contaminação humana que variam de 3 a 23% (ALMEIDA; GARCIA, 1991; GONZAGA; SANTOS, 1992; FARIA et al., 2000).

Considerando-se que o número de trabalhadores envolvidos com a atividade agropecuária no Brasil, em 1996, era estimado em cerca de 18 milhões e aplicando-se o menor

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

percentual de contaminação relatado nesses trabalhos (3%), o número de indivíduos contaminados por agrotóxicos no Brasil deve ser de aproximadamente 540.000 com cerca de 4.000 mortes por ano.

Além disso, estes dados não consideram o impacto indireto resultante da utilização de tais produtos (MOREIRA et al., 2002).

Younes; Galal-Gorchev citado por Tomita (2002) ressaltam que a capacidade dos agrotóxicos persistirem e produzirem efeitos tóxicos sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente é muito variada em função das inúmeras classes químicas existentes.

Segundo Moreira et al., (2002), além da seriedade com que vários casos de contaminação humana e ambiental têm sido identificados no meio rural, moradores de áreas próximas e, eventualmente, os do meio urbano também se encontram sob risco, devido à contaminação ambiental e dos alimentos. No que tange ao impacto sobre saúde humana causado por agrotóxicos, diversos fatores podem contribuir. O impacto direto da contaminação humana por agrotóxicos ocorre por três vias: ocupacional, ambiental e alimentar.

A via ocupacional, se caracteriza pela contaminação dos trabalhadores que manipulam essas substâncias. Esta contaminação é observada tanto no processo de formulação (mistura e/ou diluição dos agrotóxicos para uso), quanto no processo de utilização (pulverização, auxílio na condução das mangueiras dos pulverizadores – a "puxada" – descarte de resíduos e embalagens contaminadas, etc.) e na colheita (onde os trabalhadores manipulam/entram em contato com o produto contaminado). Embora atinja uma parcela mais reduzida da população (os trabalhadores rurais ou guardas de endemias, por exemplo que manipulam estes produtos em seu processo de trabalho), esta via é responsável por mais de 80% dos casos de intoxicação por agrotóxicos, dada à intensidade e à frequência com que o contato entre este grupo populacional e o produto é observado.

A via ambiental, por sua vez, caracteriza-se pela dispersão/distribuição dos agrotóxicos ao longo dos diversos componentes do meio ambiente: a contaminação das águas, através da migração de resíduos de agrotóxicos para lençóis freáticos, leitos de rios, córregos, lagos e lagunas próximos; a contaminação atmosférica, resultante da dispersão de partículas durante o processo de pulverização ou de manipulação de produtos finamente granulados (durante o processo de formulação) e evaporação de produtos mal-estocados; e a contaminação dos solos. A contribuição da via ambiental é de fundamental importância para o entendimento da contaminação humana por agrotóxicos. Acredita-se que um maior número de pessoas estejam expostas através desta via, em relação à via ocupacional; entretanto, o impacto resultante da contaminação ambiental é, em geral, consideravelmente menor que o impacto resultante da via ocupacional.

A via alimentar caracteriza-se pela contaminação relacionada à ingestão de produtos contaminados por agrotóxicos. O impacto sobre a saúde provocado por esta via é, comparativamente, menor, devido a diversas razões, tais como: a concentração dos resíduos que permanece nos produtos; a possibilidade de eliminação dos agrotóxicos por processos de beneficiamento do produto (cozimento, fritura, etc.); o respeito ao período de carência, etc. Esta via atinge uma parcela ampla da população urbana, os consumidores.

A saúde das comunidades pode ser também afetada pelo uso de agrotóxicos através de mecanismos indiretos. Um exemplo desta possibilidade é o impacto da contaminação sobre a biota local e de áreas próximas. Ou seja, a utilização desses agentes pode favorecer a colonização da área por espécies mais resistentes, substituindo espécies inofensivas por outras mais perigosas para o homem (vetores, etc.). Outros exemplos do impacto indireto são os efeitos sobre

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFMS)

ISSN:

comunidades de crustáceos e peixes, habitantes de ambientes limnológicos próximos, diminuindo a biodiversidade e gerando, assim, diversos efeitos sobre o equilíbrio ecológico local.

Conforme a FAEP (2004) o uso indiscriminado de agrotóxicos leva à destruição também dos inimigos naturais, induzindo o aparecimento de novas pragas e em muitas situações acelerando a reincidência do ataque das pragas. Assim, o uso destes produtos de forma mais freqüente, amplia as conseqüências do desequilíbrio original.

4.5 Alimentos Contaminados

Produtos como carne, leite, cereais e hortaliças não são avaliados sistematicamente para detecção de resíduos tóxicos. Entre 1997 e 1998, o Instituto Biológico de São Paulo encontrou resíduos tóxicos em cerca de 27% das frutas disponíveis no comércio. Destas, 20% tinham resíduos de produtos proibidos. O mesmo estudo, para as hortaliças, mostrou que 44% das amostras contaminadas, sendo que 6% delas, com resíduos de produtos proibidos (MAPA, 2009).

A limpeza das frutas e hortaliças, além de eliminar microorganismos, reduz a contaminação por produtos tóxicos. As frutas devem ser lavadas com água corrente e sabão e descascadas quando possível. As hortaliças, além de lavadas, devem ser imersas em água com limão por 20 minutos (SILVA; FAY, 2004).

Milhões de pessoas diariamente ao se alimentarem, estão ingerindo resíduos de agrotóxicos existentes nos alimentos (MAPA, 2009).

A contaminação dos alimentos relaciona-se a três causas:

- Fenômeno da Magnificação Biológica , cujos mecanismos tendem a concentrar-se nos sistemas biológicos dos produtos tóxicos persistentes encontrados no ambiente. Um exemplo: DDT, o qual entra nas cadeias alimentares, acumulando-se e concentrando-se a cada nível trópico, atingindo níveis fatais, principalmente para vertebrados e predadores, inclusive o homem.
- Tratamento dos estoques de matéria-prima vegetal, no qual são agregados uma série de produtos químicos, entre os quais: corantes, acidulantes e conservantes. Os resíduos de agrotóxicos não são eliminados da matéria durante o processo de industrialização.
- Tratamento de estoques de matéria-prima vegetal ou animal: durante o armazenamento, certa quantidade de agrotóxicos é introduzida à matéria-prima, prevenindo a perda do mesmo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos adversos da utilização dos agrotóxicos em relação ao ambiente constituem ainda um ramo de conhecimento em construção, uma vez que muitas das substâncias e princípios ativos que compõem estes produtos são moléculas sintetizadas, cujos efeitos somente poderão ser avaliados a partir de estudos variados sobre suas atuações, seus comportamentos no ambiente, tanto nas escalas de tempo próximas ao momento do uso, como na visão dos efeitos em longo prazo .

Há uma preocupação em incrementar o número e a qualidade dos estudos ecotoxicológicos relativos aos agrotóxicos, bem como a necessidade de estabelecer uma análise sistemática das informações que compõem o arsenal de conhecimento sobre os efeitos adversos ao homem e ao ambiente.

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFMS)

ISSN:

A utilização de agrotóxicos das produções agrícolas vem acompanhando o desenvolvimento das forças produtivas, sendo responsável por graves conseqüências aos seres humanos, tanto aos que lidam diretamente com o produto, quanto à população em geral consumidora dos alimentos.

É fundamental que se desenvolvam ações técnicas nas áreas da saúde, educação e principalmente agricultura, no sentido de diminuir o forte impacto que esta tecnologia, que veio para beneficiar a humanidade, vem exercendo na saúde pública e no meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS

AGROFIT, Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em novembro de 2009.

ALMEIDA, W.F.; GARCIA, E.G. Exposição dos trabalhadores rurais aos agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.19, p.7-11, 1991.

ALVES FILHO, J.P. Agrotóxicos e Agenda 21: sinais e desafios da transição para uma agricultura sustentável. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automa%C3%A3%intag/AjoséPrado.PDF>> Acesso em de novembro de 2009.

ANDRÉA, M.M. **Formação e bioliberação de resíduos-ligados de [14C]-lindano e [14C]-paration em dois solos brasileiros**. Piracicaba, 1992. 130f. Tese. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares: Universidade de São Paulo, 1992.

ANDRÉA, M.M. Contaminação do solo por pesticidas. **O Biológico**, v.60, n.2, p.63-65 1998.

ANDRÉA, M.M.; MATALLO, M.B.; TOMITA, R.Y.; LUCHINI, L.C. Effect of temperature on dissipation of [14C]-atrazine in a brazilian soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.1, p.95-100, 1997.

ANDREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; FERREIRA, A. C. Avaliação dos níveis de agrotóxicos encontrados na água de abastecimento nas regiões de Curitiba e Londrina. **Revista Técnica da Sanepar: SANARE**, 2000.

BATISTA, G.C. Introdução e ocorrência de defensivos agrícolas no meio ambiente. In: BATISTA, G.C. **Curso de defensivos agrícolas, inseticidas e acaricidas – módulo 4**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 17p.

BITTENCOURT, E. Embrapa comprova prejuízos aos recursos hídricos por defensivos e pesquisa opções de menor impacto no meio ambiente. Disponível em: <<http://www.agenciarrural.gov.br/not-agrotoxicos.htm>>. Acesso em novembro de 2009.

CARSON, R.; *Silent Spring*, Houghton Mifflin Company: New York, 1962.

CARVALHO, I.S. Agrotóxicos: usos e implicações. **Mundo & Vida**, Rio de Janeiro, v.2., n.1., p.29-31, 2000.

CHAIM, A. et al. **Manejo de agrotóxico e qualidade ambiental: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 34p. (Documentos, 5).

EDWARDS, C.A. **Persistent pesticides in the environment**. 2.ed. U.S.A.: CRC Press, 1973, 170p.

FAEP. A água e a agricultura. Disponível em: <http://www.faep.com.br/riolimpo/escolas/livro_pdf/03_A%20agua%20e%20a%20agricultura.pdf> Acesso em novembro de 2009.

FARIA, N.M.X.; FACCHINI, L.A.; FASSA, A.G.; TOMASI, E. Processo de produção rural e saúde na serra gaúcha: um estudo descritivo. **Cadernos de Saúde Pública**, v.16, n.1, p.115-128, 2000.

GUERRA, M.S. e SAMPAIO, P.D. **Receituário Agrônomo**. Rio de Janeiro, ed. Globo, 1988

GONZAGA, M.C.; SANTOS, S.O. Avaliação das condições de trabalho inerentes ao uso de agrotóxicos nos municípios de Fátima do Sul, Glória de Dourados e Vicentina - Mato Grosso do Sul, 1990. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.20, p.42-46. 1992.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em <<http://ibama.gov.br>>. Acesso em novembro de 2009.

LARA, W.H.; BARRETO, H.H.C. Resíduos de pesticidas clorados em águas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo. n.32, p. 69-74, 1972.

Monografias Ambientais

(Revista Eletrônica do PPGEAmb-CCR/UFSM)

ISSN:

LUCHINI, L.C. **Adsorção-dessorção dos herbicidas paraquat, diuron e 2,4-D em seis solos brasileiros.** Piracicaba, 1987. 97p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Universidade de São Paulo, 1987.

LUCHINI, L.C.; ANDRÉA, M.M. de. Comportamento ambiental de agrotóxicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.33-35, 2000, Suplemento Julho.

LUNA, A.J; SALES, L. T.; SILVA, R.F. Agrotóxicos: responsabilidade de todos (Uma abordagem da questão dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável) Disponível em <http://www.prt6.gov.br/forum/downloads/Artigo1_Adeilson.doc> Acesso em novembro de 2009.

MACHADO NETO, J.G. **Ecotoxicologia de agrotóxicos.** Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1991. 49p.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em novembro de 2009.

MOREIRA, J.C.; JACOB, S.C.; PERES, F.; LIMA, J.S.; et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.7, n.2, p.299-311, 2002.

RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R. Introduction. In: RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R., (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**, New York: Hemisphere, 1985. p.1-28.

ROSA, A.V. **Agricultura e meio ambiente.** São Paulo: Ed. Atual, 1998. 95p.

SPACIE, A. & HAMELINK, J.L. Bioaccumulation. In: RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R., (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**, New York: Hemisphere, 1985. p.495-525.

SILVA, M.M.S.; FAY, E.F.; Agrotóxicos e Ambiente. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF 2004. 480 p.

SPRAGUE, J.B. Factors that modify toxicity. In: RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R., (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**, New York: Hemisphere, 1985. p.124-163.

STÜTZER, G.; GUIMARÃES, G. Aspectos toxicológicos e ambientais relacionados com o uso de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários.** Viçosa: UFV, 2003. p.69-84.

TOMITA, R.Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **O Biológico**, São Paulo, v.64, n.2, p.135-142, jul./dez., 2002.