

# IMPACTO AMBIENTAL DO USO DE HERBICIDAS

LUIZ LONARDONI FOLONI – ENGº AGRº, Ms,DR.,PROF. UNICAMP- CAMPINAS - SP

## 1. INTRODUÇÃO

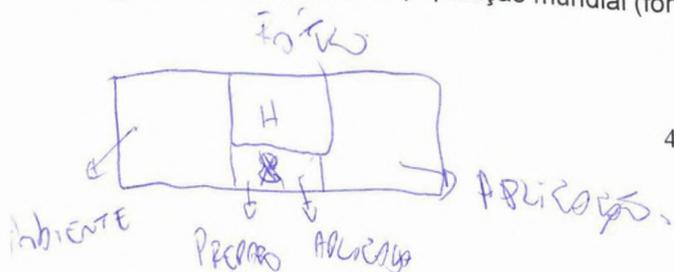
O crescimento da população a nível mundial, representou no últimos anos uma progressão exponencial, mostrando um aumento explosivo de bocas famintas por alimentos. Por outro lado a expectativa de vida também aumentou, aumentando assim a demanda de alimentos.



Estimativa da População Mundial	
ANO	POPULAÇÃO
2008	7 bilhões
2019	8 bilhões
2034	9 bilhões
2087	10 bilhões
2088	11 bilhões

Fig. 1a – Tendência da população Mundial, no período de 1960 a 2001, A população teve um crescimento dramático no século 20, com algumas estimativas de explosão demográfica no século 21.

Figura 1b. – Estimativa da população mundial (fonte FAO – In. Farm Chemical Int. (1999))



Expectativa média de vida de alguns países selecionados

entre de 1950 a 1998

	1950	1998
Europa		
França	66	78
Alemanha	65	77
Reino Unido	68	77
Africa		
Egito	42	62
Africa do Sul	45	55
Mali	33	47
Asia		
China	41	70
Japão	61	80
Australia	68	80
América do Norte		
Argentina	63	75
Brasil	51	65
México	50	72
Estados Unidos	68	77

Figura 2. Expectativa média de vida em alguns países selecionados, mostrando a variação entre os anos 1950 e 1998. Muitos fatores contribuem para o aumento da longevidade humana, mas uma dieta saudável é certamente uma das principais. (Fonte : US BUREAU OF CENSUS – International Programs Center. In Farm Chemicals International 1999.)

A agricultura passou por pelo menos 3 grandes mudanças neste século. A primeira sem dúvida foi a mecanização das atividades de trabalho.

A figura 3 mostra esta alteração nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

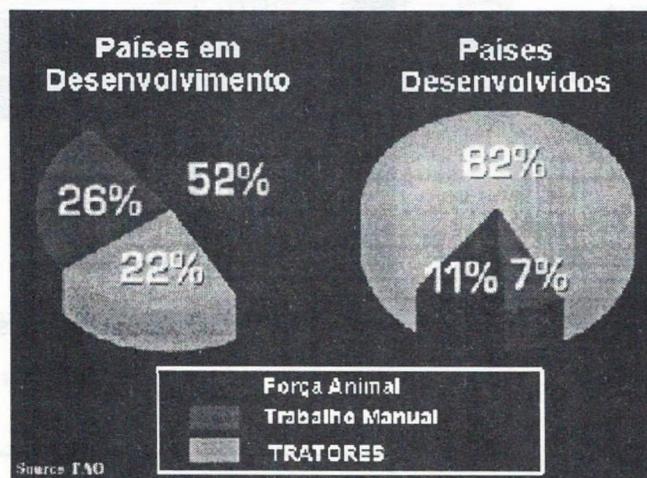


Figura 3 – Fontes de Força no Campo. A força animal ainda é a mais importante forma de lavar o campo nos países em desenvolvimento.

Com o crescimento da mecanização os países que a adotaram passaram a produzir mais, com menos pessoas.

A Segunda grande mudança foi a alteração dos modelos econômicos, deixando o setor primário para a industrialização, fato que provocou uma migração da população rural para as cidades. Assim menos pessoas teriam que dar conta de produzirem a mesma ou maior quantidade de alimentos.

A terceira grande mudança foi a utilização de plantas mais produtivas, isto é através do melhoramento genético, às variedades híbridas (ainda falaremos na biotecnologia que seria a quarta grande mudança). Estas plantas potencialmente podem produzir muito mais, conforme pode ser visto na figura 4.

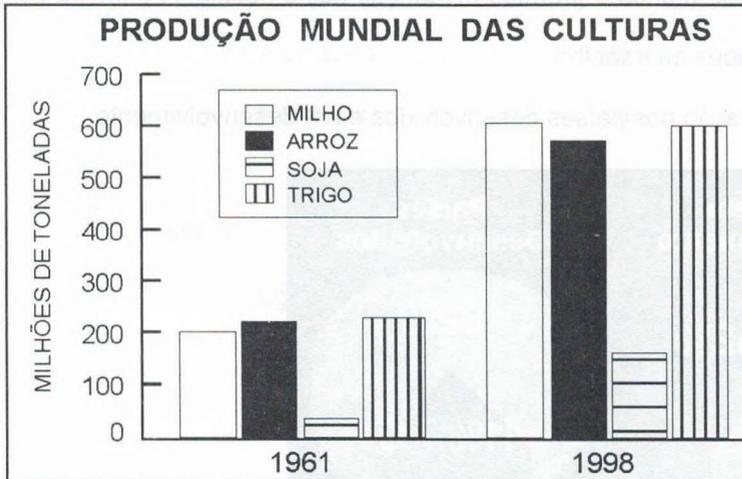


Figura 4- Produção mundial das culturas entre os anos de 1961 e 1998, aumento proporcionado pelas sementes híbridas, fertilizantes, mecanização e aplicação de produtos fitossanitários os quais aumentaram significativamente a

produtividade. (Fonte FAO)

Entretanto o aumento de produtividade conseguido através destes melhoramentos, tornou por um lado a planta mais produtiva e por outro menos resistente as adversidades, como pragas, doenças e concorrência de plantas daninhas, as quais exigem fertilizantes químicos para maximizar a produção, a figura 5 mostra o consumo mundial de fertilizantes no período de 1960 a 1998.

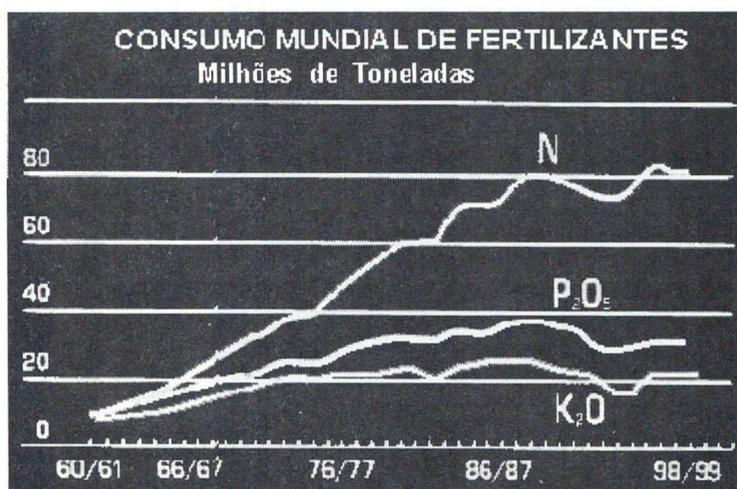


Figura 5 – Consumo mundial de Fertilizantes (em milhões de toneladas de nutrientes) no período de 1960/61 e 1998/99. O maior aumento observado é para o nitrogênio. (Fonte IFA – (In. Farm. Chem. Intern. 1999)

Da mesma forma e pelas mesmas razões cresceu o uso dos defensivos agrícolas. A figura 6 mostra estas variações.

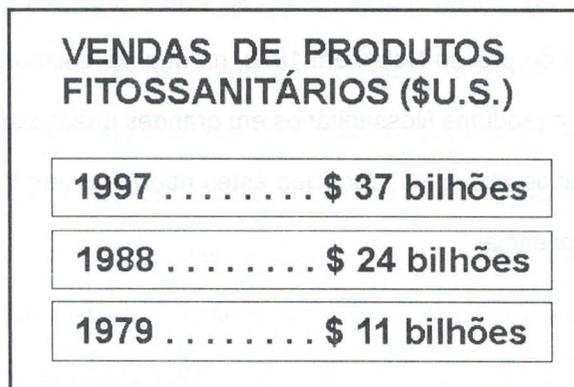


Figura 6 – Vendas de produtos fitossanitários em bilhões de dólares. Fonte EPA, STAFF Estimativas, (OCT, 1999)

Por outro lados devemos recordar, que nem todo solo se presta para atividade agrícolas, segundo a FAO, somente 11% dos solos mundiais podem ser utilizados, sem irrigação, drenagem ou outros sistemas, como solos agrícolas. A figura 7 representa os limites dos solos agricultáveis a nível mundial.

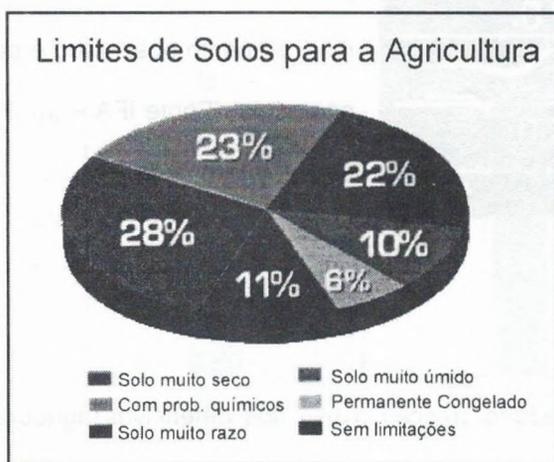
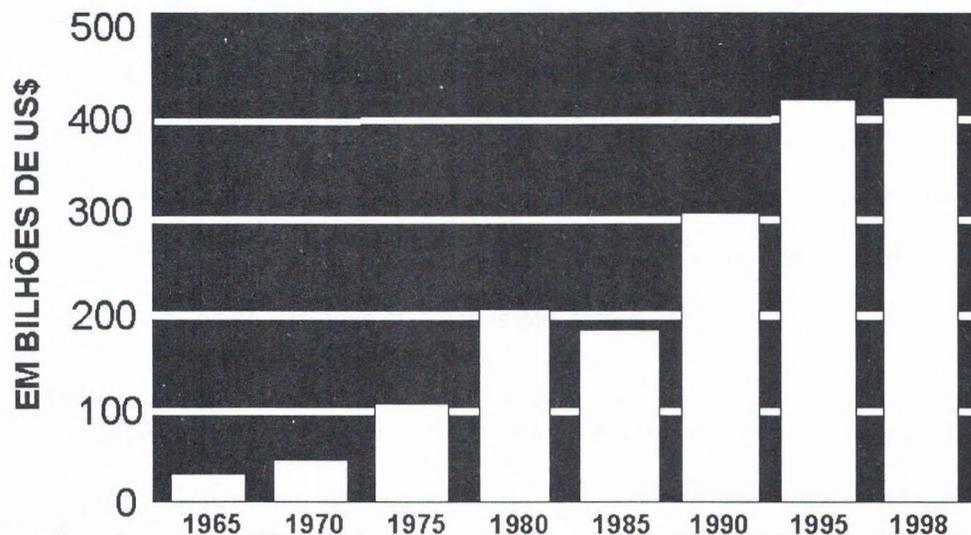


Figura 7 – Limites de solos para a Agricultura ( em % dos solos totais) Fonte FAO

No final dos anos 60 foi promovido a nível mundial uma revolução verde, proposta pelo Eng. Agrônomo Dr. Norman Bourlang, ganhador do prêmio Nobel em 1970, na qual foi estimulada a utilização das plantas melhoradas, fertilizadas e produtos fitossanitários em grandes quantidades, com o objetivo de aumentar a produção mundial de alimentos, para que estes não faltassem para aquela população que aumentava de forma exponencial.

## MERCADO MUNDIAL DE ALIMENTOS ESTIMATIVA TOTAL DE EXPORTAÇÕES



A figura 8 na forma de gráfico de barras mostra a evolução do cenário internacional de alimentos no período de 1966 a 1999 ( em bilhões de dólares).

Fonte : ONU – DIVISÃO DE ESTATÍSTICAS

Com esta visão geral, é possível entender que a utilização dos produtos fitossanitários foi uma consequência da evolução da população e uma necessidade fundamental que ajudou a alavancar a produção de alimentos. A necessidade de seu uso tem grande importância no controle de pragas agrícolas e ela se amplia com o desenvolvimento de modelo agroexportador e agroindustrial eficiente e rentável. É hoje uma ferramenta imprescindível no desenvolvimento da moderna agricultura.

## 2. AVALIAÇÃO DOS RISCOS DOS PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Deve ser lembrado que os produtos fitossanitários ou agrotóxicos como o chama a lei, são substâncias descobertas e desenvolvidas para serem utilizadas no ambiente, como ferramentas na porteçãso de culturas. Assim, como um produto químico estranho ao meio, ele oferece um risco (Risco é a probabilidade de uma substância causar efeitos adversos. O risco envolve três componentes: periculosidade, intensidade de exposição e probabilidade de exposição). Uma representação gráfica destas interações esta expressa na figura 9.

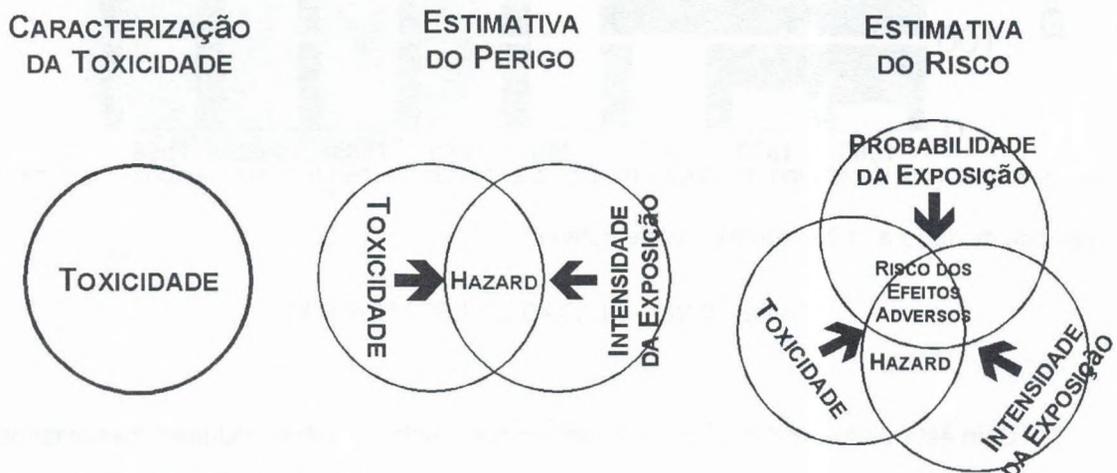


Figura 9 – Representação gráfica das interrelações entre toxicidade, intensidade da exposição e probabilidade da expressão. Fonte : Solomon (1999).

Segundo SOLOMON (1996), a avaliação dos efeitos potenciais sobre o meio ambiente de produtos fitossanitários (agroquímicos) e a revisão dos mais antigos é uma parte importante do processo de desenvolvimento e do controle regulatório (registro) desses produtos. Este processo é necessário para garantir que os produtos fitossanitários sejam usados de maneira a maximizar sua utilidade para o usuário e minimizar o risco para o meio ambiente. Isto visa garantir que o meio

ambiente no ecossistema agrícola seja protegido de tal maneira que ele possa ser usado no futuro para a produção contínua e constante de alimentos e fibras.

A avaliação de risco tem um papel crucial no planejamento estratégico e na ajuda à sociedade, para estabelecer as prioridades relativas ao meio ambiente. Neste processo, a avaliação de risco oferece várias vantagens ao processo de gerenciamento de risco segundo SUTER et al, 1993, de:

- Ela fornece a base quantitativa para avaliar e priorizar riscos. Se, como geralmente acontece, todas as ações alternativas têm propriedades perigosas, não é possível fazer uma escolha sem caracterizar os riscos.
- Ela oferece meios sistemáticos para melhorar a compreensão dos riscos. Este processo sistemático pode ser usado em várias jurisdições para fornecer os mesmos resultados com os mesmos dados.
- Alicerçando as estimativas de risco e a amplitude dos efeitos em métodos científicos, a avaliação de risco oferece um meio transparente para tomar decisões ambientais, em vez de negociar soluções baseadas no poder político. Baseado numa estrutura científica e nos mesmos conjuntos de dados, qualquer assessor deveria ser capaz de chegar à mesma resposta, independentemente de suas convicções. A transparência e a consistência de tais métodos propicia a garantia de imparcialidade e permite uma análise totalmente científica dos dados para a tomada de decisão.

O emprego de estruturas para a avaliação de risco e a necessidade de medir ambas a toxicidade e exposição, os tipos de procedimentos de avaliação de risco, para avaliação do benefício do risco e do gerenciamento do risco, fazem parte deste trabalho. A seguir são dados alguns conceitos importantes, para o entendimento de avaliação de risco.

**Toxicidade:** A capacidade de uma substância de causar danos. O potencial venenoso intrínseco de uma substância (em condições experimentais).

**Periculosidade:** Uma combinação de toxicidade e intensidade de exposição. Sem toxicidade ou exposição, não pode haver periculosidade. Uma substância altamente tóxica não apresenta perigo quando não há exposição. Uma substância de baixa toxicidade pode apresentar periculosidade se a intensidade de exposição foi alta.

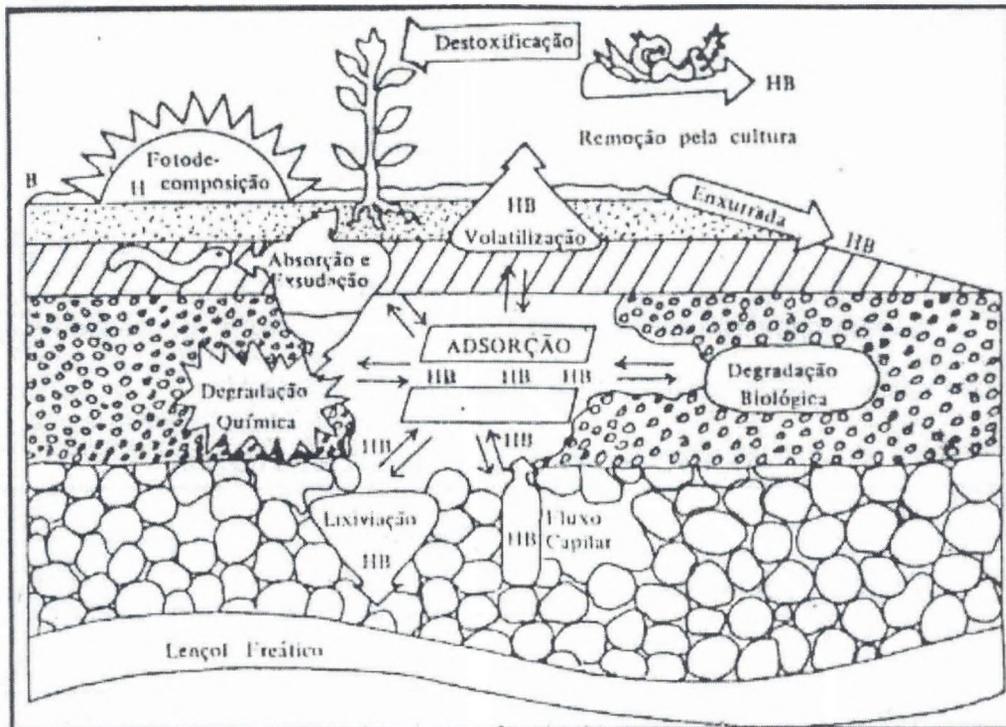
**Risco:** A probabilidade de uma substância causar efeitos adversos. O risco envolve três componentes: periculosidade, intensidade de exposição e probabilidade de exposição. Segurança é o contrário de risco mas não pode ser medido cientificamente.

#### DESTINO E MOVIMENTAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NO AMBIENTE

Vários fatores ambientais afetam a persistência, a mobilidade e estabilidade dos produtos fitossanitários no meio ambiente (Figura 10). A persistência e a mobilidade dependem tanto da matriz ambiental na qual o produto fitossanitário está localizado, quanto das características químicas e físicas do produto.

O solo

O destino dos produtos fitossanitários no solo depende principalmente do grau em que



são adsorvidos as partículas do solo ou dissolvidos na solução do solo (figura 10)

Figura 10 – Processos influenciando o comportamento e destino de herbicidas no ambiente. Os processos de degradação são caracterizados pela separação de moléculas de herbicida (HB) intacta. Fonte Weber et al. (1973)

Dissipação dos produtos fitossanitários:

A dissipação dos produtos fitossanitários e o desaparecimento dos produtos de uma matriz, como o solo ou a água, sendo uma combinação de dois fenômenos – degradação ou

decomposição e movimentação a partir da matriz. No solo, a mobilidade e degradação são influenciadas por vários fatores:

Mobilidade	Degradação
Adsorção do solo	Atividade microbológica
Volume de utilização	Estabilidade química
Captação por plantas e animais	Biodegradação
Lixiviação	Fotodegradação
Propensão do solo para erosão	

De um modo simplificado as figuras 11 e 12 mostram o destino dos herbicidas após a sua aplicação e a influência do conteúdo d'água na atividade do herbicida.

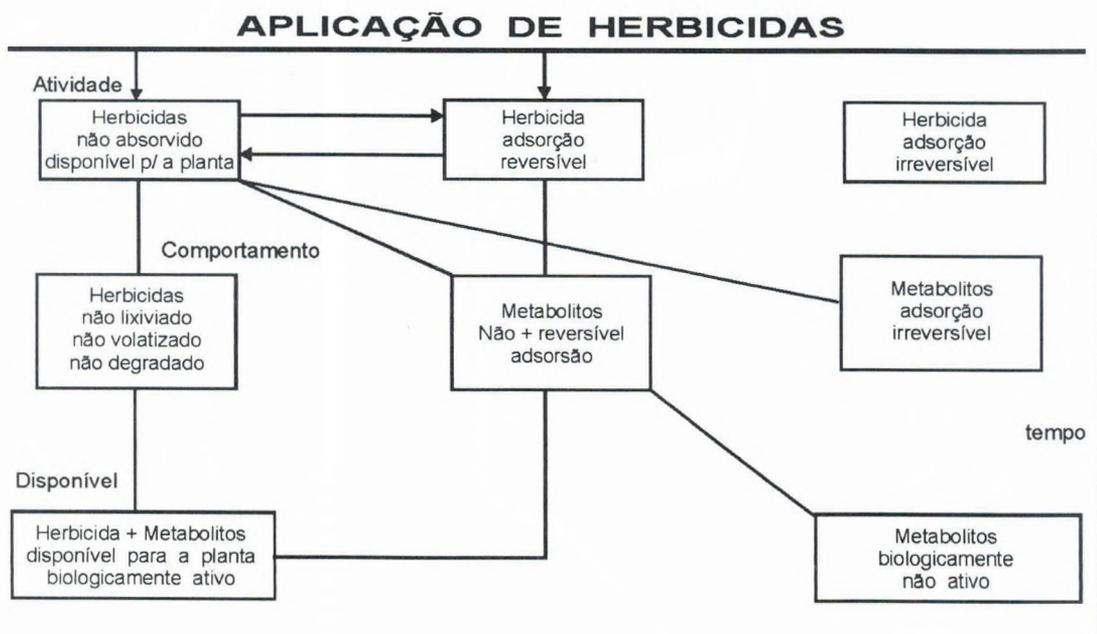


Fig. 11 - Principais fatores que determinam a disponibilidade p/ a planta fonte: SCHIMIDS & PESTEMER (1980)

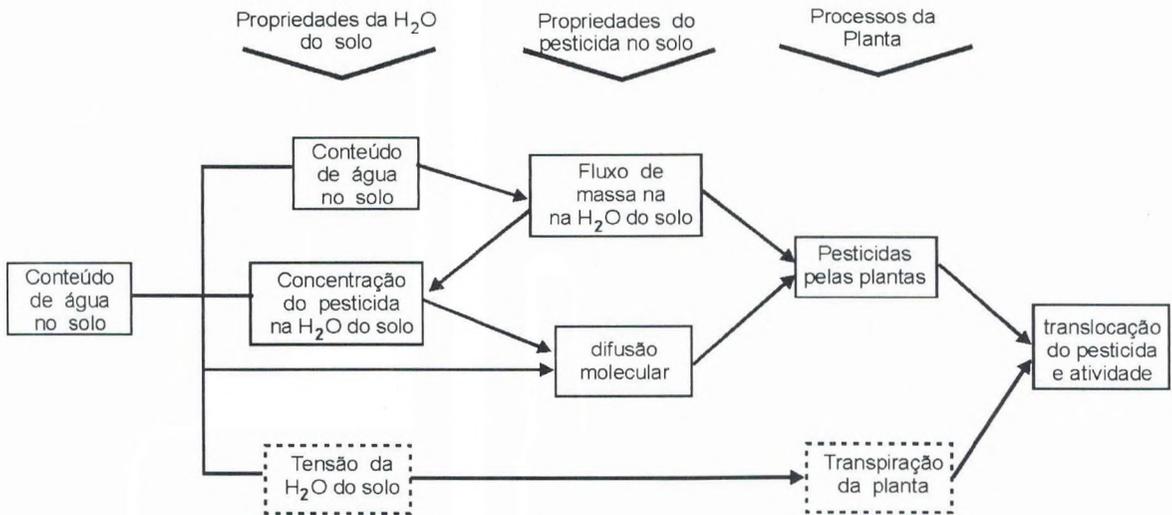


Fig. 12 – Diagrama esquemático mostrando os prováveis mecanismos pelos quais o conteúdo da água influencia a atividade do pesticida aplicado ao solo.

#### Degradação dos produtos fitossanitários no solo

Muitos produtos fitossanitários dissipam-se rapidamente no solo. Esse processo é denominado mineralização e resulta da conversão do produto fitossanitário em compostos mais simples como  $H_2O$ ,  $CO_2$  e  $NH_3$ . Embora parte desse processo seja ocasionado por reações químicas como a hidrólise e a fotólise, o catabolismo microbiológico e o metabolismo são geralmente os meios principais de mineralização. Os microorganismos do solo utilizam o produto fitossanitário como fonte de carbono e outros nutrientes. Algumas substâncias químicas (por exemplo 2,4-D) são rapidamente decompostas no solo, enquanto outras não são atacadas tão facilmente, são moderadamente persistentes e os resíduos podem durar até o ano seguinte (Atrazina).

## ÁGUA

Fontes de contaminação por produtos fitossanitários

Aplicações intencionais (diretas)

Controle de pragas como mosquitos, borrachudos e mosquitos-pólvora. Geralmente são inseticidas a base de organoclorados e organofosforados e produtos em arroz irrigado Herbicidas para o controle de plantas daninhas como o diquat, ésteres de 2,4-D e glifosate. Aplicações não-intencionais (indiretas) A contaminação da água pode ocorrer através de vários mecanismos:

- Precipitação atmosférica
- Erosão do solo
- Efluentes industriais
- Esgotos municipais
- Derramamentos
- Outras fontes.

Fatores que influenciam o destino dos produtos fitossanitários em sistemas aquáticos.

### *PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO PRODUTO.*

Hidrossolubilidade, volatilidade, estabilidade contra a degradação por fatores abióticos (hidrólise, fotodecomposição) e bióticos (degradação microbiana) - tudo isso é importante.

### *OUTRAS SUBSTÂNCIAS NA ÁGUA*

A composição química como a dureza (como  $\text{CaCO}_3$ ), ou a salinidade influenciam a toxicidade através da formação de complexos químicos.

### *PH.*

A hidrólise de organofosforados e de inseticidas à base de carbamato é fortemente influenciada pelo pH. Apesar de estáveis em pH's baixos (5-7), esses inseticidas são rapidamente hidrolisados em pH's altos (7-10). Por outro lado, herbicidas a base de triazianas são mais estáveis em pH > 7.

#### *TEMPERATURA*

O aumento de temperatura geralmente provoca um aumento nos índices de reações químicas, solubilidade, adsorção, volatilização, degradação biológica, etc.

#### *SEDIMENTO*

Dependendo de sua natureza química, o produto fitossanitário irá dividir-se na fase aquosa ou ser adsorvido a sedimentos em suspensão e/ou no fundo. Geralmente, os produtos fitossanitários de baixa hidrossolubilidade (alto log P) serão adsorvidos a sedimentos que podem agir como reservatórios para produtos fitossanitários persistentes. Os produtos fitossanitários adsorvidos não se degradam rapidamente.

#### *VIDA AQUÁTICA*

A degradação biológica por intermédio de microorganismos, plantas e animais pode também ser importante na decomposição dos produtos fitossanitários na água.

A biodisponibilidade de um produto aos organismos está principalmente relacionada a concentração real do produto fitossanitário na água e no ar contido no solo (porosidade). A adsorção de produtos fitossanitários às partículas do solo diminui a sua disponibilidade para as plantas e os organismos do solo e, similarmente, a adsorção de produtos fitossanitários aos sedimentos diminui a sua disponibilidade para os peixes e outros organismos aquáticos. As propriedades do solo afetam a adsorção e a dessorção dos produtos fitossanitários da seguinte forma: quanto mais dissolvida na água do solo a substância química estiver, mais biologicamente disponível ela estará.

A biologia do organismo pode também afetar a biodisponibilidade do produto. Por exemplo, a biodisponibilidade será reduzida se o organismo não estiver presente na área, se ele não ingerir sementes tratadas, plantas ou granulos da formulação, ou se o produto fitossanitário for repelente.

Um dos fatores mais importantes no processo inicial de biodisponibilidade (captação) de produtos para os organismos aquáticos e a lipossolubilidade cu a partição em lipídios. Essa propriedade físico-química de uma substância química e normalmente expressa como a proporção entre a sua solubilidade na água e em materiais do tipo lipídico, como é o caso do octanol - o exemplo experimental mais comum. Essa relação é então expressa como a proporção entre as concentrações no octanol e na água, sendo conhecida como o coeficiente de partição octanol/água,  $K_{ow}$  que, convertido em logaritmo, é conhecido como  $\log P$ .

$$K_{ow} = \frac{[C]_o}{[C]_w} \quad \log P = \log_{10} K_{ow}$$

Em equilíbrio, e sendo todos os outros fatores iguais, o  $K_{ow}$  é uma boa forma de prever a bioacumulação, sendo que as substâncias com um  $K_{ow}$  elevado também tenderão a se bioacumular em alto grau, a menos que sejam facilmente metabolizadas ou depuradas do organismo. A utilização do  $K_{ow}$  para prever a bioacumulação foi demonstrada por COWAN et al (1995).

O quadro 1 demonstra a relação entre o ecossistema e suas relações com a cadeia alimentar e a bioacumulação e biomagnificação.

Bioacumulação	Movimentação do produto fitossanitário da matriz para dentro do organismo.
Biomagnificação	Combinação do movimento do produto fitossanitário da matriz para dentro do organismo e através da cadeia alimentar
BCF	Fator de bioconcentração (bioacumulação), geralmente determinado experimentalmente .
BAF	Fator de bioacumulação (bioconcentração), geralmente determinado experimentalmente e semelhante ao BCF
Cadeia alimentar	Interação linear de organismos em um ecossistema em termos de consumo de alimentos, ex: planta para herbívoro, para carnívoro, para decompositor.
Teia alimentar	Complexo de interações nutricionais dentro de um ecossistema.
Ecossistema	Conglomerado de todos os organismos em uma determinada área, mais as interações desses organismos com as porções não vivas da área

---

Quadro 1 – Relações do ecossistema e a cadeia alimentar

## ECOSSISTEMAS

Ecossistemas podem ser definidos como unidades funcionais da Biosfera, normalmente auto-sustentáveis e quase sempre sujeitos a perturbações. Qualquer área com uma delimitação

definida através da qual o "input" (entrada) e o "output" (saída) de energia e matéria possam ser medidos, contendo 3 componentes principais (produtores, consumidores e decompositores) e mecanismos de auto-regulação, pode ser caracterizados como ecossistema (Miller, 1975). Um ecossistema terrestre pode ser dividido basicamente em 3 compartimentos com respeito à biomassa viva; o compartimento dos produtores primários, o compartimento dos consumidores (que inclui todos os herbívoros e carnívoros) e o compartimento dos decompositores.

### Agroecossistemas

Agroecossistemas são estruturas mais complexas do que qualquer outro ecossistema terrestre. Além do ciclo de material e fluxo de energia, comum aos ecossistemas terrestres, existem muitos processos manipulados pelo homem. A maioria deles modificando "inputs" e "outputs" e também afetando a taxa de relacionamento interno dos sistemas.

Ainda segundo SANTOS (1984) o manejo necessário para a manutenção de um agroecossistema pode ser comparado com o manejo necessário para tentar manter uma área em seus estádios iniciais de sucessão ecológica. O principal interesse, na manutenção de agroecossistemas, tem sido maximizar a produção agrícola utilizando-se da manipulação genética de plantas, associada a uma alta mecanização do trabalho. Portanto, a maximização da produção tem sido conseguida através da diminuição da diversidade dos produtores primários criando sistemas altamente especializados. Esses sistemas atraem consumidores e parasitas igualmente especializados na alocação de recursos que estão concentrados em altas densidades e de forma homogênea. Este estado altamente especializado, só é mantido pela tecnologia que direciona esses sistemas cujo controle de qualidade depende muito diretamente da energia de combustíveis fósseis e seus derivados como fertilizantes e produtos fitossanitários (Haynes et al., 1980).

Os componentes bióticos de um ecossistema (como visto na definição), podem ser divididos em três grandes grupos: - Os produtores - Os consumidores - Os decompositores Assim

os produtores são as plantas (fotossintéticas). Os consumidores (animais) podem ser divididos em vários níveis. Primários (que utilizam os produtores diretamente, ex.: herbívoros e onívoros) Secundários (alimentam-se de consumidores primários, ex.: carnívoros) Terciários (alimentam-se de consumidores secundários, ex.: carnívoros mais evoluídos).

Os passos a seguir que descrevem os princípios da avaliação de risco, foram compilados de um trabalho sobre Avaliação de Risco de Agrotóxicos, organizado por A.ALVES, E. TIKOTAKA, F.A.D. ZAMBRONE, H.MAZOTINI, J.S.BRITO, L.L.FOLONI, M.B.VALADÃO, R. BRAATZ e S.SCHWARTSMAN os quais são resultados de um grupo de trabalho.

Por estar de forma sumarizada e organizada, cabe perfeitamente dentro do escopo do presente trabalho, para atender o processo de avaliação de risco.

### **3. PRINCÍPIOS DA AVALIAÇÃO DE RISCO**

A toxicidade é inerente ao produto, enquanto o risco é a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos, como resultado da toxicidade e da exposição.

Do ponto de vista técnico, a parte primordial do processo de decisão sobre como e quando usar agrotóxicos é o da Avaliação de Risco, que consiste no processo de determinar a magnitude, os graus e as probabilidades da ocorrência de efeitos adversos que podem resultar do uso de um agrotóxico.

A avaliação de risco é efetuada obedecendo as etapas seguintes:

- Definição do problema e sua contextualização
- Análise dos riscos associados com o problema, dentro do contexto
- Exame das opções para abordagem dos riscos
- Tomada de decisões com as opções para implementação
- Ações para implementação das decisões

- Acompanhamento e avaliação dos resultados das ações

Este conjunto de ações pode ser representado graficamente como se segue na figura 12.

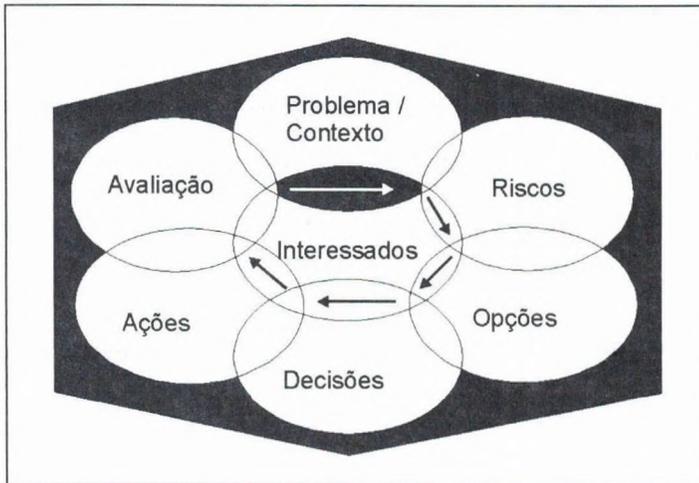


Fig. 12 . As sei etapas do gerenciamento de risco

Na definição do problema deve-se considerar:

- Identificação e caracterização do problema:
  - Perigo
  - Exposição
- Contextualização:
  - Multifontes
  - Multiambientes
  - Multiquímicos
  - Multiriscos
- Identificação das metas do Gerenciamento do Risco
- Identificação dos Gerenciadores do Risco
- Processo de envolvimento dos interessados

A origem científica da avaliação de risco surge no campo da proteção à saúde humana e ao meio ambiente, passando por grande evolução desde sua primeira implantação. Este processo de avaliação de risco surge do interesse em conhecer a exposição a vários agentes suspeitos de causarem reações adversas para a saúde e ao meio ambiente, por seus efeitos agudos como pelo desenvolvimento de câncer, defeitos congênitos, perturbações neurológicas e de outros problemas patológicos crônicos, assim como pelos efeitos residuais no solo, na água, no ar, nas plantas e fauna.

#### **4 - COMPONENTES DA AVALIAÇÃO DE RISCO**

##### **4.1. Identificação do perigo**

A identificação do perigo, que constitui o primeiro passo na avaliação do risco, visa a obtenção de dados sobre os efeitos adversos de uma substância.

Estas informações são obtidas pela execução de provas, testes e estudos, incluindo:

- Epidemiologia
- Toxicologia em animais de laboratório
- Bioensaios
- Estudos clínicos no homem
- Provas in vitro.

São também importantes os estudos de toxicocinética, determinando as biotransformações que uma determinada substância sofre no organismo humano e as pesquisas

sobre toxicodinâmica para avaliar os efeitos causados em diferentes tecidos, órgãos e sistemas do organismo humano.

Os estudos sobre a identificação do perigo incluem, ainda, as pesquisas necessárias para saber se determinados efeitos adversos, observados em animais de laboratório ou em determinados grupos de animais, têm a possibilidade de ocorrer no homem.

A identificação do perigo, quanto a toxicidade humana e animal considera, as seguintes características de um produto:

- Identidade e pureza
- Propriedades físicas e químicas
- Toxicocinética e biotransformação
- Toxicidade animal e humana, estudada através de ensaios *in vitro* e *in vivo*, quanto a:
  - efeitos agudos
  - efeitos crônicos
  - genotoxicidade
  - reprodução e teratologia
  - neurotoxicidade
  - metabólitos
  - outros

- Estabelecimento de dose sem efeito adverso observável:

NOEL/NOAEL

são:

Os pontos críticos a serem considerados como risco na agricultura

- Eficácia
- Fitotoxicidade

- Seletividade
- Efeitos sobre organismos não-alvo
- Resistência
- Tecnologias de aplicação e formulação
- Períodos de carência
- Resíduos
- Outros aspectos de interesse agrônomo

No tocante ao meio ambiente os testes para a identificação do perigo envolvem:

- Ecotoxicidade - envolvendo estudos com pássaros, peixes, crustáceos, algas, plantas aquáticas, minhocas, microorganismos do solo, artrópodos benéficos e abelhas.

- Propriedades físicas e químicas

- Degradação e transporte - fotólise, hidrólise, degradação no solo e água, mobilidade no solo e volatilidade

- Bioacumulação

- Toxicidade para animais superiores

- Outros estudos relevantes para o meio ambiente.

#### **4.2. A Avaliação da Dose Resposta**

Tem por objetivo obter os dados técnicos para que se possa caracterizar o perigo representado pela substância em relação ao seu uso na agricultura, bem como a quantidade ou dose de exposição à substância e os efeitos adversos que ocorrem a cada nível.

Paradigmas do Risco à Saúde Humana - considera as fontes de emissão, a exposição, a dose e as respostas do organismo, todos dependentes de mecanismos determinantes da

liberação, transformação, disponibilidade, dano e reparo do organismo. Esquematizando pode-se obter o seguinte quadro:

FONTES	EXPOSIÇÃO	DOSE PARA OS ÓRGÃOS ALVOS	RESPOSTAS À SAÚDE HUMANA
Ambiente de trabalho	Ar	Pele	Câncer
Emissões industriais	Gases	Pulmões	Efeitos genéticos
Uso de Produtos	Vapores	Trato gastrointestinal	Doenças funcionais,
	Água	Fígado	etc
	Alimento	Rins, etc	
AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO		CARACTERIZAÇÃO DO RISCO - Identificação do Risco - Relação dose-resposta	
<i>AVALIAÇÃO DO RISCO</i>			

Os principais pontos a serem considerados são:

- Indicações de uso: cultura, alvo a ser controlado, dose
- Tipo de uso: forma de aplicação, época e frequência da aplicação
- Extrapolação dos resultados obtidos em animais para o homem
- Ajustes para diferenças de reações entre animais e homens
- Determinação da dose abaixo da qual não se observam efeitos adversos.

### **4.3. Estimativa de Exposição**

Visa estimar as reações adversas ou tóxicas de uma substância e as condições de exposição à mesma, tanto para caracterizar a natureza dos efeitos adversos que possam ocorrer durante a fabricação, uso, consumo ou descarte, como para determinar a probabilidade de ocorrência desses efeitos no homem e no meio ambiente.

A análise deve estar baseada no perigo representado pelo produto e a exposição ao mesmo. A análise cuidadosa do peso de cada evidência científica, que suporta as conclusões sobre o risco potencial a saúde humana e ao meio ambiente, poderá permitir um gerenciamento adequado.

Estes estudos incluem, também, a estimativa da natureza e do tamanho da população exposta à substância e a determinação da magnitude ou intensidade da exposição e sua duração.

Pontos importantes a serem considerados:

- Característica do produto
- Extensão da cultura
- Tipo de cultura
- Tipo de equipamento usado
- Modalidade de aplicação
- Ciclo da cultura
- Modalidade da prática agrícola
- Contato e absorção
- Exposições.

Para conhecimento dos níveis de exposição sofrido é importante a integração dos dados disponíveis, através de múltiplos recursos. Assim sendo, verifica-se que:

1. No passado: os estudos tinham por base estudos epidemiológicos e controles de estudos clínicos. Os estudos eram conduzidos para o propósito de vigilância epidemiológica, validando os procedimentos de controle.

2. Atualmente: a utilização de dados de estudos moleculares, celulares e em animais de laboratório para apoio. A utilização destes dados permitem a extrapolação: entre espécies; de sistemas ou órgãos, para o mamífero como um todo; de alta para baixas exposições.

A ciência procura antecipar-se aos acontecimentos, não esperando a ocorrência de efeitos adversos para concluir sobre os riscos que podem decorrer em casos de exposição. Se outrora a observação dos efeitos adversos era qualitativa, o que se procura estabelecer hoje é a quantificação da resposta do organismo à doses definidas de um agente tóxico.

#### **4.4. Caracterização do Risco**

Com base nos estudos anteriores, procura-se determinar os pontos e situações críticos e as alterações possíveis nas condições de emprego ou consumo.

Esta fase inclui a integração dos dados e análises efetuadas nas três etapas anteriores, com a finalidade de determinar a possibilidade de grupos populacionais apresentarem quaisquer das formas de toxicidade e ecotoxicidade associadas à exposição a uma substância.

A questão básica a ser respondida nesta etapa é, qual a incidência esperada de um efeito adverso e qual a sua gravidade ?

Para isto, devem ser cuidadosamente analisados os dados obtidos nas etapas anteriores, os critérios científicos quanto às variações entre diferentes espécies e os fatores de incerteza ou de segurança utilizados.

A caracterização do risco representa ponte de ligação importante entre os dados científicos obtidos nos diferentes estudos e as decisões governamentais, quanto à regulamentação e, também, as de ordem política sobre o gerenciamento e comunicação do risco.

A caracterização do risco tem por base:

- A natureza e a probabilidade do risco para a saúde e ao meio ambiente
- Risco individual ou coletivo, na fauna e flora
- Probabilidades diferentes para diferentes indivíduos
- Severidade dos efeitos adversos ou impactos previamente identificados
- Reversibilidade dos efeitos
- Evidências científicas e o seu peso para suportar as conclusões
- Incerteza sobre a magnitude e natureza do risco
- Alcance das informações sobre a natureza e a probabilidade de risco
- Confiança do analista sobre as predições feitas
- Outras fontes que podem causar o mesmo tipo de efeito
- Contribuição da fonte específica para o risco total para o mesmo efeito, na comunidade e no meio ambiente afetados
- Distribuição do risco em relação a outros riscos na comunidade e no meio ambiente
- Possibilidade de outros impactos na saúde humana ou ambiental.

A figura 14 procura agrupar estes conjunto de informações e alcance dos riscos:

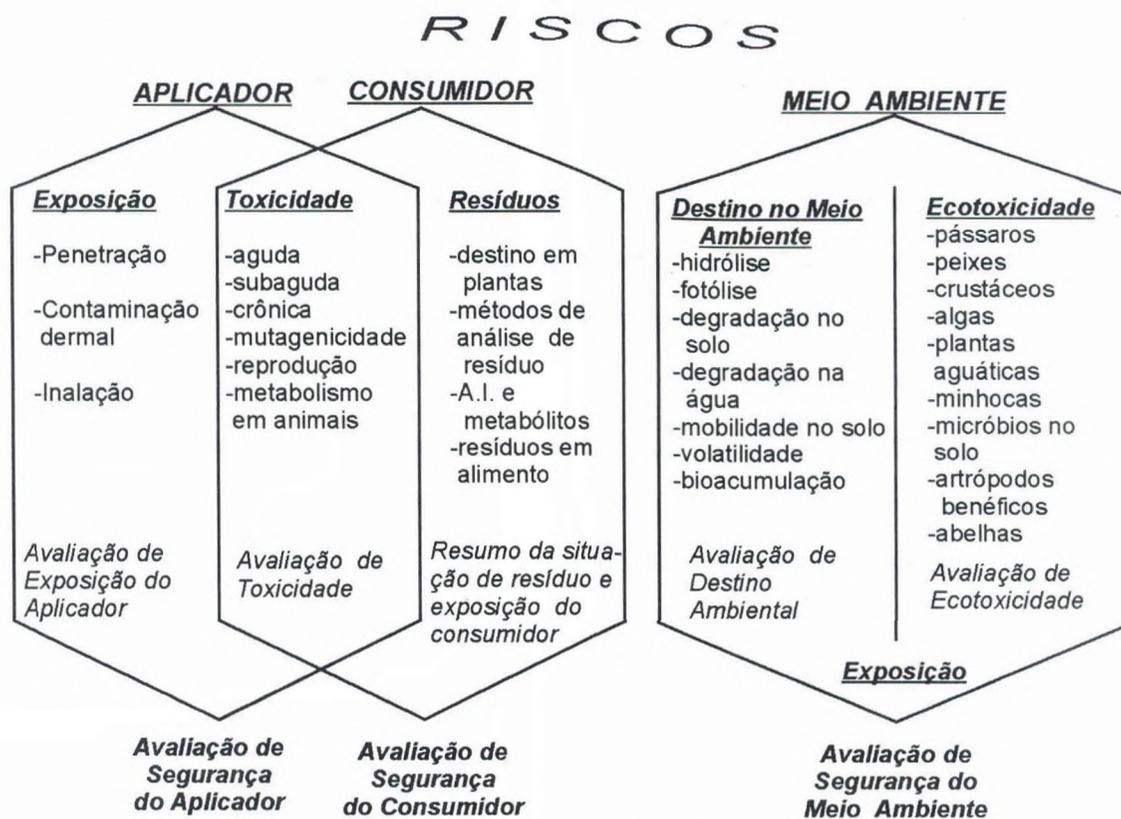


Figura 14 – Avaliação dos riscos e segurança para diferentes grupos

A avaliação dos resultados é efetuada pela:

- Relação dos estudos de exposição com os estudos de efeitos na saúde e/ou meio ambiente
- Determinação das diferenças regionais na prevalência e incidência de doenças ou outros efeitos danosos relacionados com o risco
- Informação sobre taxas de incidência de doenças ou outros danos, especificamente relacionados com causas ambientais

- Identificação de causas ambientais mais importantes na etiologia de doenças.

#### **4.5. Gerenciamento do Risco**

Concluindo o processo científico de avaliação do risco, devem ser estudadas as medidas relacionadas ao gerenciamento do risco. Procura-se, deste modo, minimizar o risco tanto quanto possível considerando as condições de produção, de uso e do consumo das diferentes substâncias químicas no país.

O gerenciamento do risco é uma decisão técnica e política e depende dos interesses relacionados com a produção, comercialização, consumo ou emprego de uma determinada substância no país.

O risco pode ser diminuído através da adoção de medidas que limitam a exposição, como:

- Modificação de formulações
- Modificação no modo de aplicação
- Modificação no intervalo de aplicação
- Comunicação das recomendações e do potencial de perigo
- Treinamento, educação e capacitação dos aplicadores
- Criação de zonas tampão para proteção da vida selvagem.

O gerenciamento do risco pode ser dividido em etapas, com que fazem interface os interessados (stakeholders):

- Problema / contexto
- Avaliação
- Ações
- Decisões

- Riscos
- Opções

A figura 15 mostra como pode ser utilizado o gerenciamento de risco para atenuar um perigo potencial um risco aceitável.

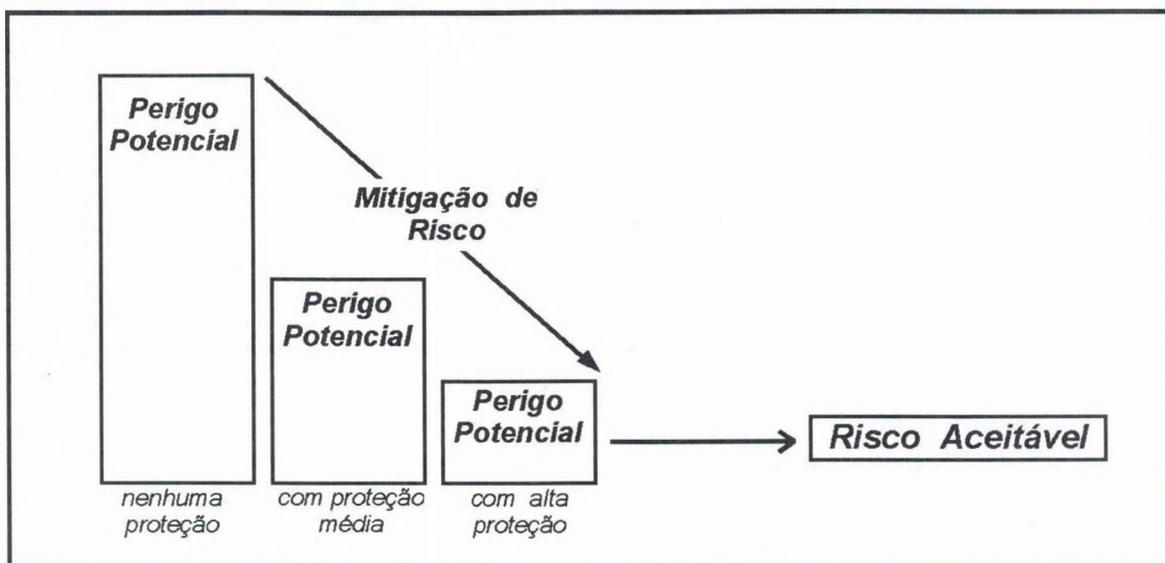


Figura 15 – Gerenciamento de risco – possibilidade de reduzir o perigo potencial

Para a escolha de opções deve-se supor os pontos seguintes

- Criatividade, imaginação e abertura
- Identificação das opções:
  - regulatórias
  - não-regulatórias
- Análise das opções:

- benefícios esperados e eficácia
- custos e praticabilidade
- limitações tecnológicas, legais e políticas
- distribuição dos custos e benefícios
- conseqüências adversas potenciais

A figura 16 mostra a interrelação entre pesquisa, análise do risco e gerenciamento de risco, as fases de seu desenvolvimento e a quem cabe as decisões.

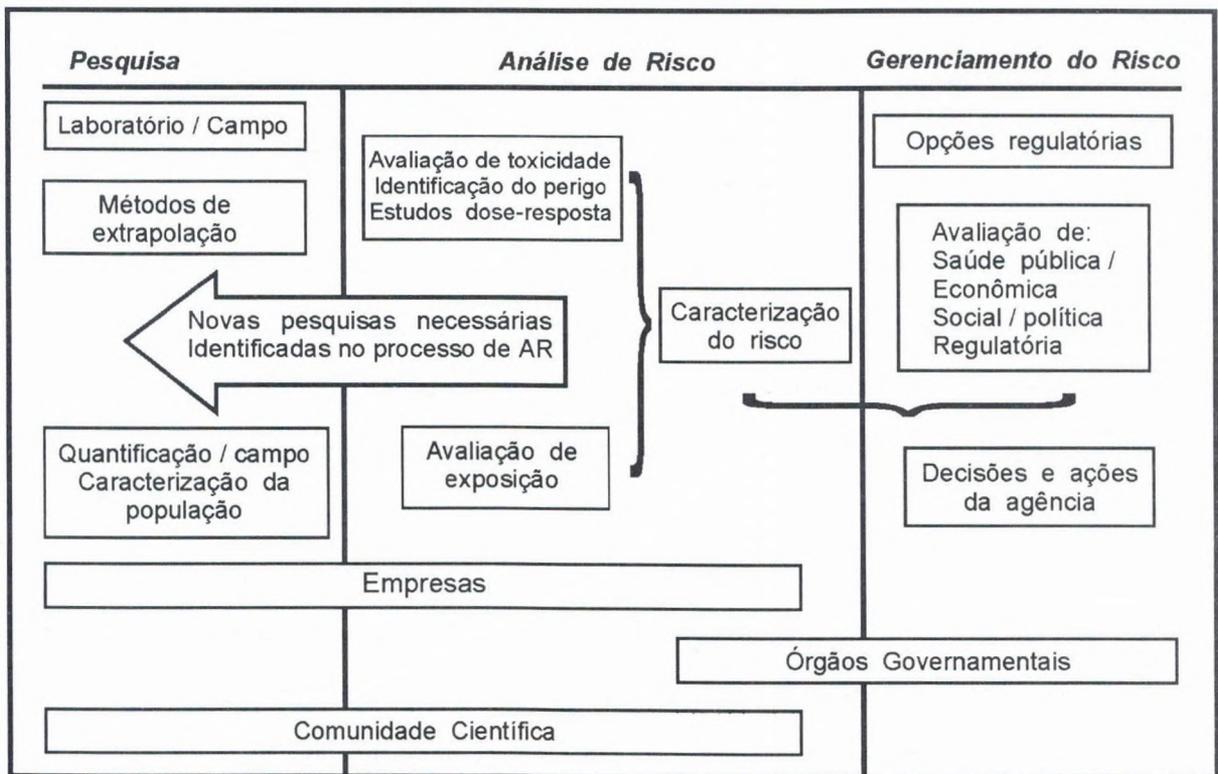


Figura 16 – Interrelação dentro de uma análise de risco e a quem compete sua responsabilidade

(fonte ILSI – 1999)

#### 4.6. Conclusões

As abordagens sobre a avaliação de risco devem estar apoiadas em bases sólidas e científicas com gerenciamento correto.

A avaliação de risco requer a participação harmônica de um grupo multidisciplinar e interinstitucional, visando ampliar e melhorar os conhecimentos sobre a "ciência do risco", cooperando no diálogo para conseguir uma abordagem balanceada sobre a regulamentação do risco.

Cabe salientar que entre as etapas e ações desenvolvidas desde a identificação do perigo, análise do risco e gerenciamento do risco, as atividades desenvolvidas envolvem o governo, a comunidade científica e o setor privado. O setor privado estará envolvido desde a pesquisa até a análise do risco, a comunidade científica acompanha desde o início da pesquisa até o gerenciamento, cabendo ao governo a tomada de decisão e a fiscalização.

Diante do contexto apresentado, um produto deverá ter seu registro autorizado somente quando os benefícios de seu uso for muito maior que os ventuais riscos a saúde e ao meio ambiente.

Se um risco for avaliado como sendo inaceitável, a reação regulamentadora é a de estabelecer algum tipo de moderação. A moderação dos risco dos produtos fitossanitários tem um único objetivo: reduzir a exposição. As ferramentas utilizadas na moderação são tantas quanto o número de produtos fitossanitários mas, de uma maneira geral, há dois tipos de ferramentas: técnicas e regulamentadoras.

As tecnologias utilizadas para reduzir a exposição estão em constante mutação e desenvolvimento. As ferramentas técnicas de redução incluem uma ampla gama de procedimentos, dos quais muitos são específicos da situação. O tratamento posterior dos efluentes é geralmente usado nas instalações industriais. Quanto ao uso de produtos fitossanitários, há

muitas opções disponíveis, indo da modificação do bico de pulverização até práticas culturais e de manejo integrado de pragas. Estas opções são numerosas e muitas vezes específicas a localização e trabalho.

## **5. AVALIAÇÃO DO RISCO BENEFÍCIO**

Os Produtos fitossanitários, devido principalmente a prevenção de perdas de produção, tem reduzido substancialmente o custo do alimento. Estes produtos também tem ajudado a melhorar a qualidade dos alimentos.

De forma geral podemos sumarizar os riscos e benefícios em:

### Benefícios

- Controle de pragas, doenças e plantas invasoras
- Impacto na produção e na qualidade
- Relação custo/benefício

### Riscos à Saúde

- Aplicador
- Consumidor

### Riscos ao Meio Ambiente

- Fauna/Flora
- Solo/Água/Ar

Com base neste sumário, vamos fazer uma análise do risco/benefício:

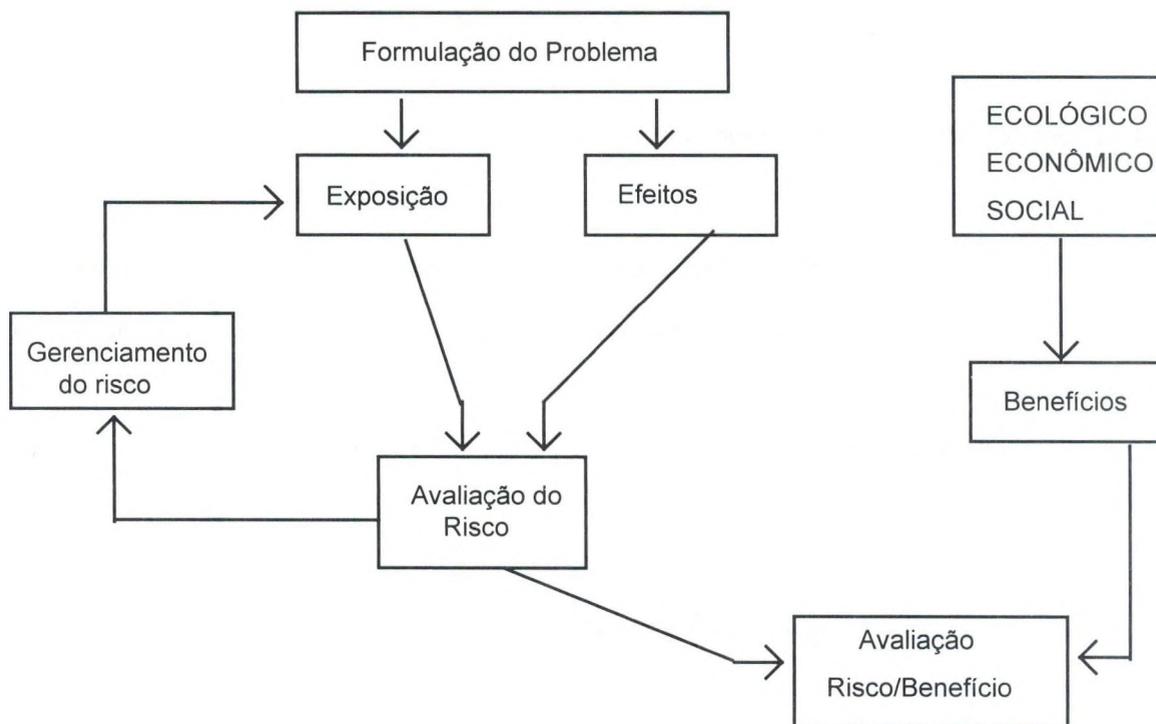


Figura: 17 - A avaliação do risco e as análises de risco/benefício como parte de desenvolvimento dos produtos fitossanitários e do processo de registro. Fonte: FAO.

## 6. PLANTIO DIRETO E SEU IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

No decorrer deste trabalho procurou-se mostrar as relações econômicas, sociais, toxicológicas e ambientais as quais no seu todo permitem a avaliação do risco ecotoxicológico. Dentre os diferentes métodos demonstrados, análises são efetuadas (ou a sua estimativa) principalmente do ponto de vista ecológico. Consideram sobretudo a exposição dos produtos químicos e seus efeitos nos objetivos não alvos. Num sistema racional, pesam os benefícios e com

isso procuram priorizar os riscos. (avaliação do risco/benefício). Dentro destes, colocam como benefícios a maximização do uso da terra, a redução da erosão e preservação do solo, citando explicitamente o sistema de Plantio Direto.

O paradigma para o desenvolvimento sustentado dos agroecossistemas preconiza aumentar a produção agrícola considerando a capacidade de assimilação da natureza e a recuperação dos recursos naturais. De acordo com estes princípios, o sistema plantio direto (SPD) na palha é a prática mais indicada para a conservação do solo e para a recuperação da fauna dos agroecossistemas. Neste contexto, os inimigos naturais encontram condições favoráveis para a sobrevivência e o manejo de pragas pode ser praticado em sua plenitude. (GRASSEN, 1995)

O sistema tradicional de preparo convencional de solo (PC), através de aração e de gradagens, incluindo a queima de palha, determinam a redução da fauna a níveis mínimos, favorecendo a ocorrência de pragas de ciclo biológico curto disseminadas pelo vôo. O SPD, com abundância de palha na superfície do solo, beneficia o retorno da fauna diversificada. Muitas espécies nativas, voltam a estabelecer-se em lavouras sob SPD, algumas causando danos as plantas, outras decompondo resíduos vegetais ou predando insetos. (GRASSEN, 1995)

Em recente trabalho, realizado no Paraguai (RÖMBKE, 1997) e patrocinado pela GTZ, foram avaliados dois locais distintos: FRIESLAND (região central - solo arenoso) e OBLIGADO (região sudeste - solo argiloso) sob três condições de uso: plantio convencional, plantio direto e floresta nativa (ecossistema). A análise da macrofauna, mesofauna, recolheu e classificou aproximadamente 2.000 animais. A conclusão dos outros foi de que a biodiversidade dos grupos de fauna do solo diminuiu na ordem de florestas (122 grupos) plantio direto (65 grupos) e convencional (58 grupos). Há ainda uma diferença quanto a abundância dos grupos, em função do tipo de cultura. (RÖMBKE, 1997)

O Quadro 2 mostra estes resultados

Grupos de organismos	Plantio	Plantio Direto	Florestas
	Convencional AD	A D	A D
<b>FRIESLAND</b>			
Oligochaeta	++ O	+++	+++ □
Mesoarthropoda*	+ □	+ □	++ □
Araneida	+ □	++ O	O
Chilopoda	--	+ O	+++ □
Diplopoda	--	+ O	+++ □
Blattodea	--	+ O	+ O
Coleoptera	+ O	+++ □	+ O
Diptera	O	++ □	++ □
Hemiptera	++ O	+++ □	+ □
Hymenoptera	=	++ O	+++ □
Isoptera	+ O	--	+++ □
<b>OBLIGADO</b>			
Oligochaeta	O	+++ O	++   □
Mesoarthropoda*	O	++ O	+++ O
Araneida	+ O	+   O	+++
Chilopoda	+ O	+++ O	++   □
Diplopoda	+ O	+++ □	
Blattodea	--	--	
Coleoptera	++ O	+++ □	
Diptera	+ O	--	+ O
Hemiptera	+++ O	+ O	+ O

Hymenoptera	+ O	+ O	+ + + □
Isoptera	+ O	+ + + O	O

QUADRO 2 : Abundância relativa e diversidade de grupos de organismos de solo, coletados em dois campos (plantio convencional e plantio direto) e em floresta, em dois locais (FRIESLAND e OBLIGADO) no Paraguai. (Grupos de < 10 indivíduos por local foram omitidos).

(A) Abundância : + baixo, ++ médio, +| alto, - sem sinais

(B) Diversidade : O baixo, □ médio, □ alta.

GRASSEM(1995) cita ainda que em função da diversidade da fauna no SPD, as estratégias de controle e de manejo de pragas são diferentes das adotadas nas lavouras sob PC. O SPD na palha permite o retorno da fauna nativa diversificada sendo necessário evoluir nas decisões de manejo para tirar maior proveito dos fatores de controle natural das espécies praga.

Considerando que o plantio direto leva uma carga maior de herbicidas, pois estes inicialmente fazem a operação de manejo - eliminação das plantas para a formação da cobertura mostra - substituindo o preparo do solo, no sistema convencional. Tal volume de produtos químicos, aparentemente deveriam prejudicar o solo, mas quando se compara os riscos com os benefícios, por qualquer critério ou sistema, observa-se que o plantio direto, por diminuir ou eliminar a erosão (este sim o maior fator poluente agrícola do meio ambiente) propicia ao longo do tempo melhores colheitas - produtividade, maximização do uso da terra, promovem a volta da vida biológica aos solos. Todos estes resultados indicam que este sistema leva ao caminho de sustentabilidade da agricultura.

## **7 . CONCLUSÕES**

Do exposto, pode-se concluir que:

- a) Todos os produtos fitossanitários devem ser considerados como tóxicos, mesmo aqueles de baixa toxicidade. Isto porque o grau de toxicidade é estabelecido a luz dos conhecimentos atuais. Assim, devem ser sempre tomadas adequadas precauções durante o manuseio e aplicação de todos os produtos fitossanitários (dar ênfase as precauções de uso contidas no rótulo e bula dos produtos).
  
- b) Pelo fato de os produtos químicos serem úteis e muito contribuírem para a saúde, padrão de vida e progressos econômicos, é crucial que os aspectos negativos dos mesmos, como a toxicidade, ecotoxicidade, contaminação do meio ambiente, sejam rigidamente controlados para que estes efeitos adversos não ocorram.
  
- c) Os produtos químicos devem ser usados sempre de modo adequado, e não podem ser produzidos, utilizados ou descartados de maneira incorreta, descuidada ou indiscriminada, pois poderão apresentar riscos a saúde humana o ao meio ambiente.
  
- d) Os problemas ; indiretos ocasionados no campo, via de regra são em função da deriva e volatilização os quais podem ser neutralizados ou minimizados, utilizando-se técnicas e métodos de aplicação, limpeza do equipamento, aplicação de acordo com a condição climática adequada e/ou o uso de formulação adequada.

- e) Ainda hoje a agricultura convencional, utilizando os defensivos agrícolas e outros insumos modernos e a maior fonte de alimentos para o homem.
  
- f) Atualmente devido os modelos econômicos e agrícolas utilizados, o uso de insumos modernos em larga escala, são imprescindíveis. Cabe uma conscientização dos técnicos e usuários, sobre seu uso correto e cuidados, para se não minimizar os erros, que possam provocar desastres pessoais, toxicológicos e ambientais.
  
- g) A relação custo/benefício, somada a série de vantagens do sistema de plantio direto, embora (manejo), que no sistema convencional, permite uma relação vantajosa de vantagens: controla a erosão, melhora as características do solo, a produtividade, a maximização do uso da terra (rotação de culturas) além de promover uma maior biodiversidade de espécies no solo.
  
- h) Com certeza, é o sistema de cultivo de larga escala, que traz menor impacto, ou seja menor risco ecotoxicológico, promovendo a sustentabilidade do sistema.

## **8 BIBLIOGRAFIA**

- ALVES, A.; KOTAKA, E.T.; ZAMBRONE, F.A.D.; MAZOTINI, H.; BRITTO, J.C., FOLONI, L.L., VALADÃO, M.B.; BRAATZ, R.; SCHVART'SMAN, S. Avaliação de Risco de Agrotóxicos, Diretrizes e Conceitos Básicos. ILSI. Brasil, International Life Science Institute do Brasil, 1999. 43 p.
- ASSANTE, Duah; K. Risk Assesment in Environmental Management. Ed. John Wiley e Sons. USA. 1998. 515 p.
- BARNTHOUSE, L. W., G. W. Suter, S. M. Bartell, J. J. Beauchamp, R. H. Gardner, E. Linder, E.; R. V. O'Neill e A. E. Rosen. 1986. Usserts Manual for Ecological Risk Assessment. Publication No. 2679, ORNL-6251. Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- COWAN, C.E., D. J. Versteeg, R. J. Larson e P. Kloepper-Sams. 1995. Integrated approach for environmental assessment of new and existing substances. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 21 :3-31.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N; KOPKE, V. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo/DT. Ges.für Techn. Zusammenarbeit (GT7) GmbH, Eschborn. Sonderpublikation der GTZ. ng 245. 1990. 171 p.
- EPA. 1992. Framework for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-92/001. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- FAO. 1989. Revised Guidelines on environmental criteria for the registration of pesticides. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, December, 1989 pp 51.

- FELTON, J. C., P. A. Oomen e J. H. Stephenson. 1986. Toxicity and hazard of pesticides to honeybees: Harmonization of test methods. *Bee World*, 67:114-124.
- FOLONI, L.L. Siembra directa y su impacto sobre el medio ambiente. In curso sobre siembra directa. Min. Agricultura e Ganaderia, Sub. Est. Agr. Dir. Inv. Agrícola Procisur. Centro Regional de Investigación Agrícola (CRIA). Itapua. Paraguay. Coord. L.Q. Viedma. 1997. P. 147 e 174.
- GANZELMEIER, H.; RAUTMANN, D.; SPANGENBERG, R; STRELOKE, M.; WENZELBURGER, H.J.; WALTER, H.F.; Studies on the spray drift of plant protection products. Heft. 305. Blakwell Wissenschafts-verlag. GmbH Berlin?Wien. Berlin, 1995. 112 p.
- GASSEN, D.N. Novos conhecimentos sobre manejo de pragas em lavouras sob sistemas de Plantio direto. In: Diálogo XLIV. Avances em Siembra directa. idem.
- GUSTAFSON, D. I. 1988. Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8:339-357.
- HARWELL, M. A., W. Cooper e R. Flaak. 1992. Prioritizing ecological and human welfare risks from environmental stresses. *Environmental Management*, 16:451 -464.
- MULLINS, J. A., R. F. Carsel, J. E. Scarbroygh, and A. M. Ivery. 1993. PRZM-2 A Model for Predicting Pesticide Fate in the Crop Root and Unsaturated Soil Zones: Program and User Manual for Release 2.0. EPA/600/R-93/046, Environmental Research Laboratory. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- NABHOLZ, J. V. 1994. Environmental hazard and risk assessment under the United States Toxic Substances Control Act. *Science of the Total Environment*, 109/110:649-665.
- NRC. 1993. Issues in Risk Assessment. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.

- PERAZZA, M.C.; BIRRAQUE, M.J.; LINK, V.R.; QUEIROZ, M.H.L. Estudo Analítico de Metodologias de avaliação de impacto ambiental. Ministério da Agricultura EMBRAPA/CNPDA. In: Curso de Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental S/D. 12p.
- RAND, G.M.; 1989. An Environmental Risk Assessment of Pesticide. In: The Risk Assessment of Environmental hazards. Ed. D.J. Pautenbach. John Wiley & Sons. N. York.
- REIS, E.M. Manejo de doenças em plantio direto. In: Dialogo XLIV - Avances en Siembra Directa. Ed. Juan P. Puignav, Hector Casuarano. Cord. José Schwartzman. Cord. Montevideo. IICA. Procisur; 204 p.
- ROMBKE, J., FORSTER, B.W., DERPSCH, R, HOSCHLE-ZELEDON, I, FOLONI, L. L.; Soil Quality Assessment in remote areas: an example from two sites in Paraguay, 1997. no prelo.
- SANTOS, P.F. O meio ambiente e os defensivos agrícolas: Avaliação de impacto. In: Anais do I Seminário sobre o uso adequado de defensivos Agrícolas no Distrito Federal EMATER - S.A.P.G.D.F. - ANDEF 1984 65 p.
- SETAC 1995. Ecotoxicological risk assessment of the chlorinated organic chemicals. Carey, J., P. Cook, J. Giesy, P. Hodson, D. Muir, W. Owens, R. Parrish e K. Solomon. (Eds). SETAC Foundation for Education, Pensacola, FL. Em edição.
- SETAC. 1994. Report of the Aquatic Risk Assessment and Mitigation Dialogue Group. Eds: Graney, R. L., A. Maciorowski, K. R. Solomon, H. Nelson, D. Laskowski e J L. Baker. SETAC Foundation for Education, Pensacola, FL. 1994.
- SETAC. 1995. Procedures for assessing the environmental fate and ecotoxicology of pesticides. Ed. M. R. Lynch. SETAC Brussels, March 1995.

- SNEDEL, B. C., J. A. Boraczek, R. K. Peddicord, P. A. Clifford e T. M. Dillon. 1994. Trophic transfer and biomagnification potential of contaminants in aquatic ecosystems. *Rev. Env. Contam. Toxic.* 136:21-89.
- SOLOMON, K. R., D. B. Baker, P. Richards, K. R. Dixon, S. J. Klaine, T. W. Ea Point, R. J. Kendall, J. M. Giddings, J. P. Giesy, L. W. Hall, Jr., C. P. Weisskopf, e M. Williams. 1966. Ecological risk assessment of atrazine in North American surface waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15:31-76.
- SOLOMON, K.R. Advanced Toxicological Ha7ar and risk Assessment for pesticides in the Environment. Notes. University of Guelph. 1996. 65 p.
- SULECKI, J.C. Global Agriculture At A Glance. (Ed.), Farm Chemicals International, Nov. 1999, vol 13, num. 4
- U. S. D. A. SCS. 1992. Grounwater loading effects of agricultural r"anagement systems (GLEAMS) model, Version 2.10. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Section, Washington, DC
- URBAN, D. J. e N. J. Cook. 1986. Standard Evaluation Procedure for Ecological Risk Assessment. EPA/540/09-86/167, Hazard Evaluation Division, Office of Pesticide Programs, U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.