

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

ANNA LAURA LIONELLO FLORIDO

Agrotóxicos: uma revisão sobre a história, sua classificação, usos e impactos ambientais com enfoque na agroecologia e na inovação aberta como alternativas sustentáveis

SÃO CARLOS

2021

ANNA LAURA LIONELLO FLORIDO

Agrotóxicos: uma revisão sobre a história, sua classificação, usos e impactos ambientais com enfoque na agroecologia e na inovação aberta como alternativas sustentáveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado em Química da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Química.

Orientador: Prof. Dra. Roberta Cerasi Urban

São Carlos

2021



## FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

## DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQ/CCET

Rod. Washington Luís km 235 - SP-310, s/n - Bairro Monjolinho, São Carlos/SP, CEP 13565-905

Telefone: (16) 33518206 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 4/2021/DQ/CCET

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ANNA LAURA LIONELLO FLORIDO

AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO SOBRE A HISTÓRIA, SUA CLASSIFICAÇÃO, USOS E IMPACTOS AMBIENTAIS COM ENFOQUE NA AGROECOLOGIA E NA INOVAÇÃO ABERTA COMO ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos

São Carlos, 31 de maio de 2021

## ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Profa. Dra. Roberta Cerasi Urban <i>Roberta Cerasi Urban</i>
Membro da Banca 1	Dr. Guilherme Martins Grosseli <i>G. Martins Grosseli</i>
Membro da Banca 2	M.Sc. Rodrigo Soares Ambrósio de Araujo <i>Rodrigo Soares Ambrósio de Araujo</i>



Documento assinado eletronicamente por **Caio Marcio Paranhos da Silva, Professor(a)**, em 01/06/2021, às 10:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **0411867** e o código CRC **238E727A**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.010693/2021-10

SEI nº 0411867

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019

## DEDICATÓRIA

*DEDICO ESSE TRABALHO AOS MEUS PAIS, AMIGOS E A  
MINHA ORIENTADORA.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Teresinha e Sergio, que são minha base para tudo. Sempre me apoiaram e acreditaram em mim e nunca mediram esforços para realizarem meus sonhos.

Aos meus amigos, que sabem dos meus defeitos e permanecem ao meu lado até os dias de hoje.

Aos meus amigos de Itápolis, que me ensinaram que amizade verdadeira não é sobre constância, é sobre estar ali quando precisar e transformar a saudade em ações.

Aos meus amigos de São Carlos que estiveram no meu dia-a-dia, me apoiando e me ajudando a passar por uma fase muito complicada da vida. Fui para São Carlos para fazer uma graduação e acabei encontrando pessoas que levarei para vida toda.

Às minhas queridas avós e avôs que eu faço questão de visitar até hoje, pois sempre cuidaram de mim como se eu fosse única.

Aos meus familiares que torceram por mim na minha jornada e se preocuparam comigo.

À Atom Jr e a Semana da Química por me trazerem alegrias nos momentos difíceis da graduação e por me preparem melhor para o mercado.

Ao meu time de Beisebol e Softbol, que me proporcionaram os melhores momentos e me ensinaram que somos mais que um time, somos uma família.

Ao Marcelo Assis por acreditar no meu trabalho e me trazer para perto da pesquisa e também à professora Roberta Urban por me acolher e me guiar e ser um exemplo de professora.

E por fim, à UFSCar, que me proporcionou os melhores anos da minha vida. Nunca vou esquecer o que vivi e todo aprendizado que carrego comigo nos dias de hoje.

## RESUMO

Os agrotóxicos são mencionados com grande frequência em diversos veículos de informação e em vários artigos científicos, apresentando seus pontos positivos e negativos. Este trabalho teve como objetivo revisar alguns tópicos sobre agrotóxicos, como definições, classificações, aplicações e toxicidades. Além disso, foram analisadas as consequências do uso indiscriminado dos agrotóxicos, e de novas tecnologias. Discutiu-se, também, um novo modelo de economia que usufrui da inovação aberta, no qual a cooperação entre grandes empresas, startups e universidades pode contribuir diretamente para soluções mais sustentáveis e melhor aproveitamento dos recursos. Conclui-se com esta revisão que o uso dos agrotóxicos foi/é essencial para a produção agrícola, mas que existem novas tecnologias, como a agroecologia, que permitem uma produção sustentável.

**Palavras-Chaves:** Agrotóxicos; Agroecologia; Inovação Aberta.

## ABSTRACT

Pesticides are mentioned with great frequency in the media, and scientific articles, presenting positive and negative points about them. This work aimed to review general information about pesticides, presenting some definitions, classifications, applications and toxicities. Moreover, the consequences of the indiscriminate use of pesticides and the new technologies were analyzed. A new economy model that takes advantage of open innovation is also discussed, in which cooperation between large companies, startups and universities can directly contribute to more sustainable solutions and better use of resources. It is concluded with this review that the use of pesticides were/are essential for agricultural production, but that there are new technologies, as agroecology, that enable sustainable production.

**Keywords:** Pesticides; Agroecology; Open Innovation.

## LISTA DE SIGLAS

a.C.: Antes de Cristo

DDD: Diclorodifeniltricloroetano

DDE: Diclorodifenildicloroetileno

DDT: Diclorodifeniltricloroetano

DL: Dosagem letal

DTC: Ditiocarbamatos

EUA: Estados Unidos da América

GABA: Ácido Gama Aminibutírico

ONU: Organização das Nações Unidas

PNATER: Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas de alguns organoclorados .....	19
Figura 2 - Estruturas de ácido fosfórico (A), tiofosfórico (B) e agrotóxico organosfosforado (C) .....	21
Figura 3 - Estruturas do Temefós, Clorpirifós e Diclovórs.....	22
Figura 4 - Fórmula geral dos carbamatos, onde o R está indicando a presença de um grupo orgânico .....	23
Figura 5 - Estruturas do Aldicarb, Carbaril e Carbofuran .....	24
Figura 6 - Exemplos de estruturas de piretróides .....	25
Figura 7 - Estruturas das triazinas .....	26
Figura 8 - Estrutura da Atrazina .....	26
Figura 9 - Estrutura da cloroacetamida .....	27
Figura 10 - Estrutura do Fipronil .....	28
Figura 11 – Relatório de Comercialização de Agrotóxicos .....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os 5 ingredientes ativos mais vendidos em 2017.....	21
Tabela 2 – Classificação dos agrotóxicos por toxicidade.....	32

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3. AGRICULTURA</b> .....	<b>13</b>
4. AGROTÓXICOS .....	14
4.1. DEFINIÇÃO, HISTÓRICO E CLASSIFICAÇÃO .....	14
<b>5. CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS</b> .....	<b>17</b>
<b>5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS DEVIDO À ORIGEM</b> .....	<b>17</b>
5.1.1 INORGÂNICOS .....	17
5.1.2 ORGÂNICOS .....	17
<b>5.2. CLASSIFICAÇÃO DEVIDO AO GRUPO QUÍMICO</b> .....	<b>18</b>
5.2.1 ORGANOCLORADOS .....	18
5.2.2. ORGANOFOSFORADOS .....	20
5.2.3. ORGANOSSULFORADOS .....	22
5.2.4. CARBAMATOS .....	22
5.2.5. PIRETRÓIDES .....	24
5.2.6. TRIAZINAS .....	25
5.2.7. NEONICOTINÓIDES .....	27
5.2.8. CLOROACETAMIDAS .....	27
5.2.9. FENILPIRAZÓIS .....	28
<b>5.3. CLASSIFICAÇÃO DEVIDO À FINALIDADE DOS PESTICIDAS</b> .....	<b>29</b>
5.3.1. HERBICIDAS .....	29
5.3.2. INSETICIDAS .....	30
5.3.3. FUNGICIDAS .....	30
5.3.4. OUTROS .....	30
<b>6. IMPACTO SOCIAL E AMBIENTAL</b> .....	<b>31</b>
6.1. TOXICIDADE .....	31
6.2. USO ABUSIVO E CONSEQUÊNCIAS .....	33
6.3. SUSTENTABILIDADE .....	33

6.3.1 AGROECOLOGIA COMO ALTERNATIVA .....	35
<b>7. INOVAÇÃO ABERTA.....</b>	<b>36</b>
7.1. TECNOLOGIAS QUE AUXILIAM NA AGRICULTURA .....	38
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

A demanda por alimentos tem crescido devido ao aumento populacional. Para solucionar tal demanda foi necessário elevar a produtividade e melhorar o aproveitamento de terras e portanto, iniciou-se a utilização dos agrotóxicos. (SOARES, 2010) O Brasil embora não seja o maior produtor mundial de alimentos, em 2008 foi o país que mais utilizou agrotóxicos. (RIGOTTO et al, 2012) Esta intensificação do uso, iniciada na década de 40, foi consequência dos créditos agrícolas que só podiam ser liberados se os insumos químicos fossem incluídos. (SOARES, 2010)

Esse cenário acarreta mudanças ambientais e interferências na sociedade, sendo os produtores rurais que manipulavam diretamente esses produtos os mais afetados. (RIGOTTO et al, 2012) O uso excessivo desses insumos químicos, também suscita o aumento do efeito estufa e mudanças genéticas na fauna, na flora e até mesmo nos seres humanos. (SADELEER, 2008)

Embora por muito tempo o aumento da produtividade dos alimentos fosse a única preocupação, a agricultura moderna visa a não interferência no meio ambiente e na vida dos seres humanos, apesar de trazer melhorias tanto de processos quanto dos produtos,. (BOECKMANN; CAPORAL, 2013)

Uma das alternativas foi a agroecologia, um manejo diferente da agricultura, reduzindo o uso de quaisquer agrotóxicos utilizando o conceito de ecologia, ou seja, empregando os inimigos naturais daquelas pragas. (PRETTY et al, 1999) Outra alternativa é a inovação aberta, onde os grandes produtores utilizam tecnologias emergentes e mais eficientes para tratar dos seus alimentos e aumentar a produtividade sem elevar o consumo de agrotóxico. (CHESBROUGH, 2012b)

## **2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

O objetivo deste trabalho é revisar conceitos relacionados à agrotóxicos, apresentando suas toxicidades, usos, e interferências no meio ambiente e na sociedade. Além de trazer um novo conceito sobre inovação e como este pode auxiliar a agricultura e a aplicação de agrotóxicos.

### 3. AGRICULTURA

No período neolítico, há quase 10 mil anos, os primeiros sistemas de cultivos surgiram, juntamente com os sistemas de criação de animais. (LIMA, 2017) Eram praticados em locais próximos aos rios, ou seja, terras que recebiam constantemente água, como vales do Nilo, do Hindu ou do Império Inca, ou nas regiões mais úmidas da Tailândia e da Indonésia. (LIMA, 2017)

Com o passar dos anos, as ferramentas foram se adaptando, às áreas de cultivos se expandindo, os processos foram aperfeiçoados e a colheita aumentou, ou seja, a agricultura rumou ao crescimento e desenvolvimento. (LIMA, 2017) Em algumas regiões da Europa ficou evidente o domínio destes processos acarretando na intensificação do desenvolvimento. (MANAHAN, 2010) Durante a revolução agrícola antiga ferramentas simples para manejo, como pá e enxada, começaram a ser usadas no cultivo de cereais pluviais. Séculos depois, a revolução agrícola da Idade Média Central trouxe a tração pesada, uso da carreta. Nos séculos XIV ao XIX ocorreu a revolução agrícola dos tempos modernos, sendo implementado o cultivo através da cerealicultura com forrageiras. (CARAMELO; MALAVASI, 2013)

A agricultura também foi influenciada quando os europeus expandiram seus territórios e encontraram diversos produtos em outras regiões do mundo. Isto porque, povoaram Américas, África do Sul, Austrália e Nova Zelândia, regiões tropicais da Terra, e que forneciam diferentes cultivos, como cana de açúcar, cacau, café, palmeiras e banana, os quais exigiam sistemas mais especializados. (PERES; MOREIRA, 2003)

Embora tenham ocorrido outras revoluções, um grande marco para a história da agricultura foi a segunda revolução agrícola dos tempos modernos, na qual foram introduzidos sistemas motorizados, equipados com mecanismos mais complexos que se complementavam. . (LIMA, 2017) Foi nesta época que a sociedade entendeu que a terra precisava ser fertilizada e tratada constantemente para elevar a produção. (LIMA, 2017)

Já no século XX, mais precisamente após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu a revolução verde, uma das maiores evoluções da agricultura. (BAIRD, 2012)

A despeito de todas estas evoluções, apenas para o básico da alimentação, tanto humana quanto animal, será necessário dobrar a quantidade de produtos vegetais cultivados nos dias de hoje. Nos países em desenvolvimento, a produção deverá triplicar. No continente africano, deverá quase quintuplicar, chegando a aumentar dez vezes em alguns países desse continente, enquanto em algumas regiões nas quais esta revolução verde já aconteceu é difícil ter expectativas para o aumento da produção. (BAIRD, 2012; LIMA, 2017) Isto porque, segundo as estimativas das Nações Unidas publicadas em 2011, o planeta contará com aproximadamente 9 bilhões de seres humanos (média entre 8 e 11 bilhões) no ano de 2050. (LIMA, 2017)

Obviamente que todas estas revoluções marcaram a história da humanidade, e que acarretam consequências, dentre elas o supracitado aumento da produtividade com a utilização de agrotóxicos, alimentos prejudicados na qualidade e segurança sanitária, e impactos ambientais, como a degradação do solo. (CAMELO; MALAVASI, 2013)

## 4. AGROTÓXICOS

### 4.1. DEFINIÇÃO, HISTÓRICO E CLASSIFICAÇÃO

Agrotóxicos, pesticidas, defensivos agrícolas são denominações de substâncias que, através das propriedades químicas, danificam de modo irremediável os organismos vivos podendo levá-los até à morte. (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012) Segundo a legislação brasileira nº 7.082, de 11 de julho de 1989, agrotóxicos são:

Art. 2º - a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento; (BRASIL, 1989, Art. 2)

Dado a legislação do utilizaremos este termo neste trabalho. (JARDIM; ANDRADE; DE QUERIROZ, 2009)

As consideradas pragas nas lavouras agrícolas não são um problema novo e nem do século passado. (GONZÁLEZ, 1996) Elas estão presentes na sociedade desde a Idade Média, perturbando e preocupando a todos envolvidos. (PERES; MOREIRA, 2003) Há registros bíblicos sobre a interferência de pragas na vida das pessoas, as quais eram vistas como sinal divino, um castigo dos deuses para punir o comportamento do homem, que acreditava que o mundo tinha sido feito para ele e dependendo de seu comportamento haveria punição. (LIMA, 2017)

Sempre houveram tentativas para eliminar as pragas que surgiam, sendo que para isto foram utilizados rituais religiosos, pedido a deuses específicos (como no caso dos gregos e romanos), sacrifícios, entre outros. (LIMA, 2017) Os séculos foram passando e a sociedade constatou a necessidade de avaliar outras técnicas para estas eliminações. (LIMA, 2017) Notoriamente naquela época não se sabia de fato qual era a composição química dos agrotóxicos, porém através de observações do dia-a-dia conseguia-se selecionar e utilizar componentes que visivelmente ajudavam na dispersão das pragas. (CAMELO; MALAVASI, 2013)

Cerca de dois mil anos antes de Cristo, os sumérios utilizavam compostos químicos sulfurados para o controle de ácaros e insetos. Já no século XVII a nicotina se mostrou presente como um agrotóxico para a vegetação e também houve a presença do arsênio neste século. (PERES; MOREIRA, 2003) Um tempo depois, foram aplicadas aos vegetais as piretrinas naturais que são derivadas da *Chrysanthemum cinerariaefolium*. (PERES; MOREIRA, 2003)

No final do século XIX, alguns compostos sintéticos foram utilizados como agrotóxicos, por exemplo, cal com sulfato de cobre como fungicida nas plantações de uva. (MANAHAN, 2010) No ano de 1886 mostrou-se muito eficaz o ácido cianídrico, que por muito tempo foi utilizado como inseticida e raticida na fumigação de navios, dentro das casas para eliminação de insetos e também para espantar toupeiras que invadiam algumas plantações. (GONZÁLEZ, 1996) Em torno de 1900, os arseniatos, tanto de cobre quanto de cálcio, começaram a ser utilizados como agrotóxicos. (PERES; MOREIRA, 2003)

No começo do século XX a maior parte de todos os agrotóxicos utilizados eram constituídos por sais inorgânicos. (MANAHAN, 2010) Além dos inorgânicos, alguns

compostos extraídos de plantas, como a piretrina e a nicotina, já citados, também eram empregados. (MANAHAN, 2010)

A Segunda Guerra Mundial impulsionou a aplicação dos agrotóxicos com o intuito de combater insetos nas áreas mais tropicais que os soldados frequentavam. (GONZÁLEZ, 1996) Compostos organoclorados, organofosforados, carbamatos e fenóxi herbicidas começaram a ser utilizados. (ETO, 1976) (GONZÁLEZ, 1996) (COUTO, 1995) Estes últimos, os fenóxi herbicidas, possuíam controle seletivo das ervas daninhas, até então os herbicidas utilizados eram não seletivos para combater a praga. (COUTO, 1995).É possível encontrar diversos tipos de agrotóxicos no mercado e para inúmeros fins, mas a busca por novos agrotóxicos se dá até os dias de hoje, visto que com a utilização, as pragas podem sofrer mutações se tornando resistentes a muitos deles. Outro aspecto que influencia diretamente nas pesquisas por novos compostos é a aparição de novos organismos. (LIMA, 2017)

Além da resistência e o aparecimento de novas pragas, há um novo olhar para este tema com o intuito de minimizar os efeitos indesejáveis dos agrotóxicos devido à comprovação da interferência destes na saúde e no meio ambiente. (SHARMILA et al, 1989). Desde a década de 70 a agroecologia e a agricultura orgânica vêm trazendo novas perspectivas para a agricultura convencional. O cuidado com o solo, as plantações, a biodiversidade, entre outros, é a estratégia para tornar/manter a agricultura mais sustentável. (SHARMILA et al, 1989).

Com o grande interesse nos agrotóxicos, a agricultura em ascensão, e a intensa pesquisa para a descoberta de novas substâncias, até o ano de 2012 foi determinado que existiam mais de 600 tipos de agrotóxicos inseridos na agricultura a nível mundial. (MENDES et al., 2019)

O Brasil se tornou um destaque a nível mundial como produtor de alimentos devido à grande extensão de terras e à ascensão da agricultura durante os anos, estas atividades agrícolas foram intensificadas e contribuíram diretamente para a economia do país, e para o grande aumento no uso de agrotóxicos. Como há grande variedade de agrotóxicos no mercado, com diferentes composições e finalidades, estes podem ser classificados devido à origem, grupo químico ou à finalidade. Os agrotóxicos em relação a sua origem, são classificados em duas categorias: os inorgânicos e os

orgânicos; quanto ao grupo químico em organoclorados, organofosforados, organossulfurados, carbamatos, etc.; e a finalidade: herbicidas, inseticidas, dentre outros.

## **5. CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS**

### **5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS DEVIDO À ORIGEM**

#### **5.1.1 INORGÂNICOS**

Os agrotóxicos inorgânicos foram os primeiros a serem utilizados. Há registros de que na Grécia em 1000 a.C, para fumigar as casas, foi utilizada a queima de enxofre através de velas. Outro composto inorgânico utilizado nos primórdios foi o NaF para o controle de formigas na rotina doméstica. (CREMLYN, 1978)

Os agrotóxicos inorgânicos possuem, na maioria das vezes, alta toxicidade para os mamíferos, incluindo os seres humanos. (FERNANDES, 1978). Ademais, elevadas doses são necessárias para suas eficiências, as quais podem ser letais para alguns seres vivos (não somente os indesejáveis). Alguns dos constituintes desta classe de agrotóxicos são: cádmio, mercúrio, ferro, bário, arsênio e chumbo. (FERNANDES, 1978).

Alguns ainda são utilizados até os tempos atuais, por exemplo, o enxofre que é utilizado desde sua primeira descoberta no controle de ácaros. Outro exemplo é o próprio boro, que é usado para eliminar insetos dentro das casas, através do ácido bórico, nas iscas para baratas. (ETO, 1976).

#### **5.1.2 ORGÂNICOS**

Os agrotóxicos orgânicos foram descobertos e começaram a ser utilizados certo tempo depois, quando a toxicidade dos inorgânicos começou a ser considerada. (COUTO, 1995) Dentre os agrotóxicos orgânicos existem os sintéticos, que são constituídos por compostos nitrogenados, fosforados, clorados, etc., e representam a maior categoria de agrotóxicos. Além dos agrotóxicos orgânicos de origem vegetal, ou seja, que não precisam ser sintetizados e são advindos da natureza, constituídos por piretrinas, nicotina, entre outros. (COUTO, 1995)

## 5.2. CLASSIFICAÇÃO DEVIDO AO GRUPO QUÍMICO

### 5.2.1 ORGANOCLORADOS

Os agrotóxicos organoclorados foram os primeiros orgânicos sintéticos a serem descobertos e desenvolvidos para a agricultura, o que ocorreu durante a década de 40, sendo que na Segunda Guerra Mundial foram muito utilizados pelos soldados para combater o mosquito da malária e piolhos. (MORIARTY, 1975) Devido à variedade estrutural, estes constituem considerável porcentagem dos agrotóxicos já utilizados.

Estes agrotóxicos são hidrocarbonetos clorados, contendo quantidade variável de átomos de hidrogênio (H), carbono (C) e cloro (Cl) e ligações covalentes entre carbono e cloro. (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012) Estas ligações carbono-cloro são difíceis de quebrar, além disso, a presença do átomo de cloro reduz a reatividade destes compostos orgânicos.

A alta estabilidade físico-química é importante em algumas aplicações, mas também interfere diretamente na degradação do produto. Uma vez no meio ambiente, por causa da lenta degradação, os organoclorados são acumulados. (NUNES; RIBEIRO, 1999) Outras características comuns entre os organoclorados são a alta solubilidade em solventes orgânicos e baixa solubilidade em água, e a baixa pressão de vapor, sendo não voláteis à temperatura ambiente (ETO, 1976). Por possuírem elevadas solubilidade e estabilidade nos tecidos gordurosos dos seres vivos, os organoclorados bioacumulam nos organismos, ou seja, permanecem no organismo. Ademais, os organoclorados podem ser biomagnificados, acumulados progressivamente de um nível trófico a outro. Mesmo não sendo voláteis, os organoclorados podem constituir partículas suspensas no ar, e serem inalados ou ingeridos. (ETO, 1976)

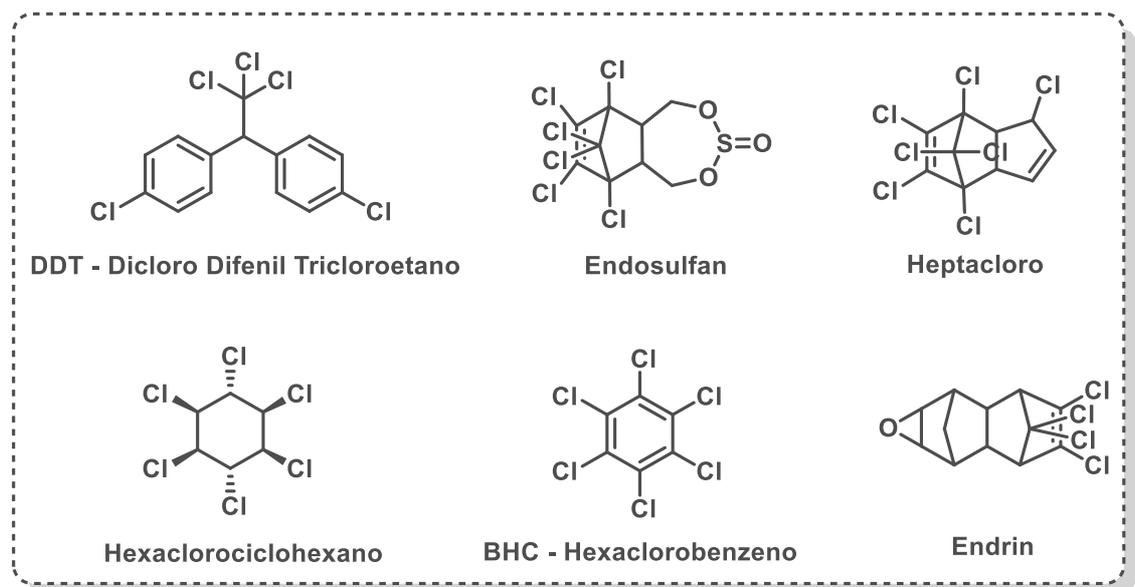
Os agrotóxicos organoclorados podem ser facilmente absorvidos pela pele, e pelos sistemas digestivos e respiratórios dos seres vivos. Esses compostos são neurotóxicos, interferindo na cinética entre sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) na membrana nervosa dos insetos, causando um desequilíbrio eletrolítico. (MORIARTY, 1975)

Os organoclorados podem ser subdivididos em cinco categorias de maior significância, uma delas são os derivados clorados do difenil etano, por exemplo, diclorodifeniltricloroetano (DDT), 2,2-bis-p-clorofenil-1,1-dicloroetileno (DDE) e 2,2-

bis-p-clorofenil-1,1-dicloroetano (DDD). (NAKAGAWA et al, 1996) Outras são os hexacloro-octahidronaftalenos, como aldrin e dieldrin; os canfenos clorados, heptacloro, toxafeno, etc., os ciclodienos e os hexaclorociclohexano. (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012)

O DDT, sintetizado por Paul Muller em 1940, foi o mais famoso dentre os organoclorados, sendo sua maior produção durante a Segunda Guerra Mundial, para acabar com os piolhos dos soldados. (GONZÁLEZ, 1996) . Seu grande sucesso se deu devido à elevada eficácia e baixo custo. (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012) O DDT também foi amplamente utilizado no combate à malária, o qual tem ação contra os mosquitos adultos. (NAKAGAWA et al, 1996)

Figura 1 – Estruturas de alguns organoclorados



Fonte: Autoria própria

Em 1962 ocorreu a primeira manifestação pública contra o DDT, por meio do livro de Rachel Carson intitulado “Silent Spring” (Primavera Silenciosa). Neste, foi descrito que a causa da diminuição na população de algumas espécies de aves era a utilização do DDT, como a do símbolo dos Estados Unidos da América, a águia-calva, pois este interferia na reprodução destas espécies, mais especificamente na espessura das cascas dos ovos. (CARSON, 1962) Também foi descrito como o organoclorado em questão era inserido na cadeia alimentar e nos tecidos gordurosos e se mantinham por muito tempo, acarretando mudanças genéticas, em animais e nos

seres humanos, causando uma susceptibilidade para doenças como câncer. (CARSON, 1962)

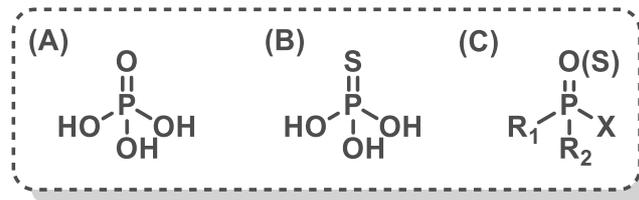
Contudo, somente em 1970 a Suécia, o primeiro país, banuiu o uso do DDT após estudos ecológicos (CARSON, 1962) No Brasil a primeira medida restritiva surgiu em 1971, com a portaria n.º 356/71, que banuiu a fabricação e uso do DDT contra os ectoparasitos em animais domésticos. Logo após banuiu-se o uso para controle de pragas nas pastagens, e só no ano de 1985 que foi proibido totalmente para a agropecuária. (MENDES et al., 2019) As proibições do DDT continuaram e em 1995 a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendou o uso deste pesticida exclusivamente para o controle de vetores da malária e outras doenças relacionadas, e somente se, seguissem algumas condições impostas. (MENDES et al., 2019)

### 5.2.2. ORGANOFOSFORADOS

Os organofosforados surgiram com o intuito de substituírem os organoclorados, já que o seu tempo de meia vida era menor, porém posteriormente notou-se que sua toxicidade era maior que a dos organoclorados (LUPI, 2019). Gerhard Schrader foi um dos envolvidos na descoberta dos organofosforados, que mais tarde foram comercializados para o setor agrícola. (ETO, 1976) Sua composição leva Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Enxofre, Nitrogênio e Fósforo. (ADDOR, 1994) São compostos com uma alta taxa de biodegradação, sendo rapidamente hidrolisados. Também houve a descoberta dos carbamatos, que são derivados do éster de ácido carbâmico, sendo o primeiro sintetizado em 1953 - o composto carbaril N-metil alfa-naftilcarbamato - se mostrando muito menos tóxico para os mamíferos em comparação aos organofosforados. (LARINI, 1999)

Os agrotóxicos organofosforados, como o próprio nome já diz, são compostos que contém o elemento fósforo e são advindos do ácido fosfórico, tiofosfórico e ditiofosfórico. São apresentados na forma de triésteres com o fósforo ligado a um átomo de oxigênio ou de enxofre, com dois substituintes, geralmente alquilo, grupos alcoxilas ou resíduos de aminoácidos, e ligado também a um grupo que possui facilidade em ser trocado ou removido. (VALENTE, 2012) A figura 2 ilustra as estruturas dos ácidos fosfórico (A) e tiofosfórico (B) e agrotóxico organofosforado (C).

Figura 2 - Estruturas de ácido fosfórico (A), tiofosfórico (B) e agrotóxico organofosforado (C)



Fonte: Autoria própria

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (1997), os organofosforados atuam como inibidores reversíveis da enzima colinesterase, podendo atacar o sistema nervoso, glóbulos vermelhos, plasma e como consequência outros órgãos. Além da colinesterase, outras enzimas, também do grupo esterases, são danificadas por certos organofosfatos, pode-se mencionar a neurotoxicoesterase como a principal. (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 1997). O glifosato, que possui fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$ , foi inicialmente comercializado como agrotóxico em 1971 e desde então é um dos mais utilizados. Este não tem tanto impacto no sistema nervoso quanto os outros, mas apresenta baixa resistência nas plantas, no qual é aplicado dado que é utilizado como herbicida. (ARAÚJO et al., 2007; MENDES et al., 2019)

Tabela 1 - Os 5 ingredientes ativos mais vendidos em 2017

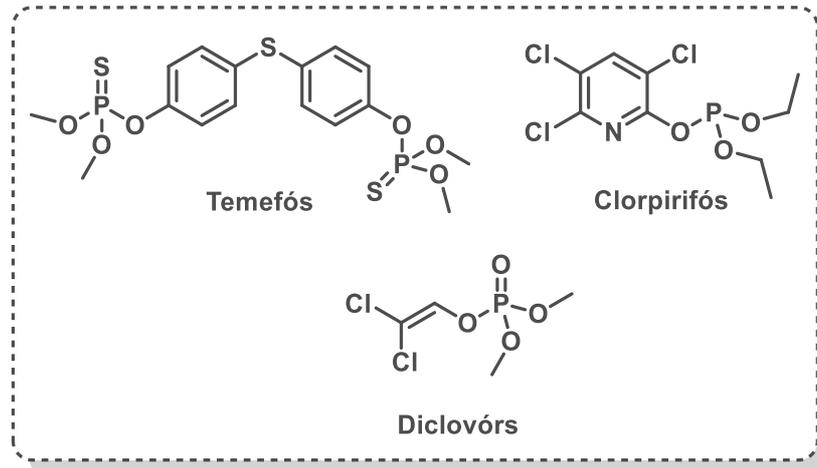
Ingrediente Ativo	Vendas (ton. IA)	Ranking
Glifosato e seus sais	173.150,75	1º
2,4-D	57.389,35	2º
Mancozebe	30.815,09	3º
Acefato	27.057,66	4º
Óleo mineral	26.777,62	5º

Fonte: Autoria própria, adaptado de IBAMA (2018)

Outros agrotóxicos organofosforados comuns, utilizados no combate de pragas, são: o diclovors (DDVP) ou 2,2-diclorovinila dimetilafosfato ( $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}_2\text{O}_4\text{P}$  – Figura 3) utilizado para eliminar moscas, mosquitos e baratas, e que provoca paralisação e morte imediatas; e o temefós ( $\text{C}_{16}\text{H}_{20}\text{O}_6\text{P}_2\text{S}_3$  – Figura 3) que combate larvas de mosquitos. Entretanto, já está sendo estudada, por exemplo, a resistência do *Aedes aegypti* quanto a este último agrotóxico. (LIMA et al., 2006) Outro agrotóxico

organofosforado muito utilizado é Clorpirifós ou também conhecido como o,o-dietil-o(3,5,6-tricloro-2-piridila) – Figura 3. Este possui baixa solubilidade em água e sua absorção pode acontecer através da pele, vias respiratórias e mucosas. (LUPI, 2019)

Figura 3 - Estruturas do Temefós, Clorpirifós e Diclovórs



Fonte: Autoria própria

### 5.2.3. ORGANOSSULFORADOS

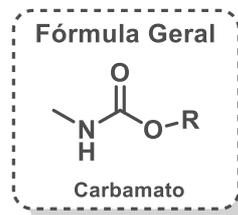
A classe dos organossulfurados é composta por moléculas que possuem em seu centro um átomo de enxofre. Esse tipo de agrotóxico elimina principalmente ácaros e podem atuar em qualquer fase do crescimento deles. (VALENTE, 2012) Os organossulfurados também podem ser utilizados como fungicidas para agricultura. Pode-se citar, como exemplo, os ditiocarbamatos (DTCs) que são empregados como substâncias ativas em seis fungicidas, majoritariamente utilizados nas lavouras de frutas e vegetais. (SCHMIDT et al., 2013) Estes organossulfurados podem também ser empregados fora da agricultura como na produção da borracha em forma de aditivo. (SCHMIDT et al., 2013)

### 5.2.4. CARBAMATOS

Os carbamatos são advindos da planta *Physostigma venenosum*, muito conhecida como feijão-de-Calabar, antigamente utilizada em julgamentos. (BRANCO, 2003) Para tal, o líquido extraído da planta era ingerido pelo réu, e se este vivesse era inocente, se morresse culpado. (BRANCO, 2003) Ainda segundo Branco (2003), a primeira vez que este composto foi isolado foi no século XIX.

Os carbamatos tiveram seus primeiros usos em 1951 e desde então são largamente empregados. Os carbamatos são ésteres do ácido carbâmico ( $H_2COOH$ ), compõem o grupo dos agrotóxicos sintéticos, (SANCHES et al., 2003) e sua fórmula geral está apresentada na figura 4. O hidrogênio ligado ao nitrogênio é substituído por um grupo alquil, sendo comum um metil. (BAIRD, 1995)

Figura 4 - Fórmula geral dos carbamatos, onde o R está indicando a presença de um grupo orgânico



Fonte: Aatoria própria

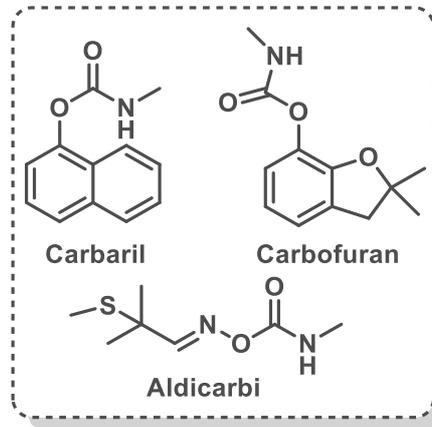
Os carbamatos são considerados altamente eficazes na eliminação de pragas das lavouras, principalmente insetos. (MÍDIO, SILVA; 1995). Assim como os organofosforados, os carbamatos atuam na inibição das colinesterases, enzimas que degradam a acetilcolina. (PERES; MOREIRA, 2003) A acetilcolina é um transmissor neural que transmite os impulsos no sistema nervoso tanto central quanto periférico, quando isso acontece, ocorre uma crise colinérgica, um distúrbio visto em casos de intoxicação por esses produtos. (PERES; MOREIRA, 2003)

Devido às reações de hidrólise que sofrem, os carbamatos possuem um curto tempo de vida no meio ambiente e se decompõem facilmente em produtos mais simples e não tóxicos. (BAIRD, 1995) As moléculas desse grupo, quimicamente instáveis, possuem baixa ação residual. (MÍDIO, SILVA; 1995).

Existem mais de 40 carbamatos conhecidos, sendo os mais utilizados o aldicarb, o carbaril e o carbofuran. (BAIRD, 1995 – Figura 5) O carbaril, o carbamato mais utilizado como inseticida, apesar de ser usado para a agricultura, seu uso é comum em ambientes domésticos para o controle de pragas que possam estar nos jardins. (BAIRD, 1995) A toxicidade para seres humanos é considerada mediana, pois sua toxicidade dérmica é baixa e por inalação é menor ainda, sendo que a maior infecção ocorre via oral. Já para as abelhas, é considerado muito tóxico, exigindo uma

maior atenção ao ser aplicado. O Aldicarb possui toxicidade elevada, sendo liberado apenas para profissionais aplicá-lo. (BAIRD, 1995)

Figura 5 - Estruturas do Aldicarb, Carbaril e Carbofuran



Fonte: Autoria própria

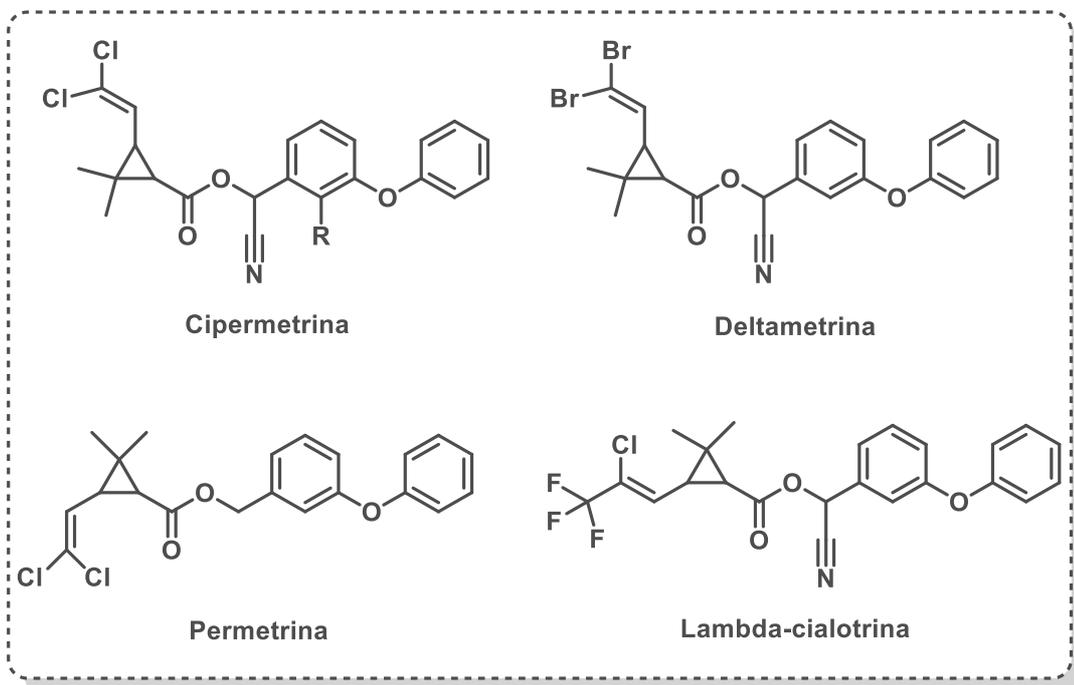
### 5.2.5. PIRETRÓIDES

Das flores da espécie *Chrysanthemum cinerariaefolium*, da família *Compositae*, deriva-se a piretrina (I ou II), ésteres com um núcleo de ciclopropano. (VALENTINE, 1990) Um exemplo clássico de agrotóxico desta classe, que teve sua propagação realizada no século XIX, é o pó da Pérsia, obtido pelo ressecamento das flores supracitadas advindas da Iugoslávia e Cáucaso. (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012)

Utilizadas como agrotóxicos, as piretrinas atingem uma vasta gama de insetos, além disso, quando usadas adequadamente possuem toxicidade baixa para os mamíferos, o que amplia seu uso. (CHEN; WANG, 1996) Entretanto, devido à alta instabilidade quando expostas ao sol e ao ar, a eficácia desta classe de compostos é menor quando comparada a outros agrotóxicos. (CHEN; WANG, 1996) Pela foto instabilidade, são mais utilizadas nos interiores dos ambientes domésticos. Esta instabilidade também, impulsionou o desenvolvimento de compostos mais estáveis, os piretróides (Figura 6). (PAVANI, 2016) Os piretróides, derivados das piretrinas contendo átomos de enxofre, nitrogênio e/ou halogênios ingressaram no mercado em 1970 (HEUDORF; ANGERER, 2001). Estes compostos são notáveis, pois possuem maior estabilidade, e a toxicidade ainda é baixa para mamíferos. (HEUDORF; ANGERER, 2001)

De acordo com Pavani (2016), ambos os compostos, piretrinas e piretróides, possuem baixa absorção dérmica e grande efetivação quando ingeridos. O autor também ressalta que quando em contato com os insetos, esses compostos são absorvidos através das cutículas e espiráculos. Possuem alta lipossolubilidade e quando na presença de uma proteína transportadora específica podem ser levados ao cérebro com facilidade, paralisando temporariamente os insetos, principalmente os voadores (PAVANI, 2016). Portanto, são considerados neurotóxicos. (PAVANI, 2016)

Figura 6 - Exemplos de estruturas de piretróides

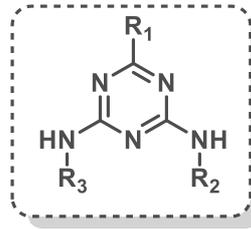


Fonte: Autoria própria

### 5.2.6. TRIAZINAS

As triazinas são compostos que possuem um anel de seis membros, semelhante ao benzeno, mas com carbonos substituídos por nitrogênio(s), ou seja, um heterocíclo (PACAKOVA; STULIK; JISKRA, 1996). O substituinte na posição 2 do anel, como mostrado na figura 7, é o determinante principal para o nome dado aos compostos, e  $R_2 = Cl^-$  o mais comumente encontrado. (PACAKOVA; STULIK; JISKRA, 1996)

Figura 7 - Estruturas das triazinas

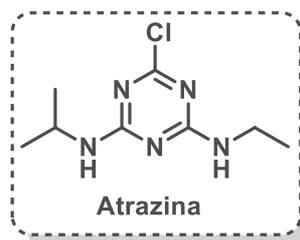


Fonte: Autoria própria

As triazinas estão classificadas como herbicidas e são amplamente utilizadas, principalmente nas lavouras de milho, sorgo e cana-de-açúcar. (PATUSSI; BÜNDCHEN, 2013) Estas possuem alta nocividade tanto para os seres humanos quanto para o meio ambiente, sendo que podem ser carcinogênicos aos seres humanos. (PATUSSI; BÜNDCHEN, 2013) No meio ambiente persistem por muito tempo devido às suas baixas reatividade e solubilidade e também pelo uso intenso ao longo dos anos (MELI et al, 1992)

A atrazina (2-cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-s-triazina), apresentada na figura 8, é a mais utilizada dentro da classe das triazinas (AMARANTE JR et al, 2002). Sua estabilidade se dá pela configuração eletrônica do heterocíclo, e quando em contato com o meio ambiente, sofre hidrólise originando a 2-hidroxiatrazina. (AMARANTE JR et al, 2002)

Figura 8 - Estrutura da Atrazina



Fonte: Autoria própria

Devido ao uso intenso e muitas vezes incorreto das triazinas em conjunto com o desconhecimento da toxicidade e dos riscos ocorreu a contaminação de águas, do solo e inclusive de plantas que absorveram os compostos, e se tornaram perigosos a saúde. (PATUSSI; BÜNDCHEN, 2013)(SANTISTEBAN, 1999) A atrazina se tornou o agrotóxico mais encontrado em ambientes aquáticos nos Estados Unidos da América,

sendo determinadas concentrações entre 0,02 e 0,54  $\mu\text{g. L}^{-1}$  tanto em águas subterrâneas quanto em superficiais. (SANTISTEBAN, 1999)

### 5.2.7. NEONICOTINÓIDES

Os neonicotinóides são derivados da nicotina, originada da planta *Nicotiana tabacum* ou popularmente conhecida como tabaco. Estes compostos atuam no sistema nervoso e são toxicamente potentes, assim, foram utilizados como inseticidas. (KOLLMEYER et al, 1999)

O primeiro neonicotinóide sintetizado, pela Shell, foi a Nitiazina, um derivado heterocíclico do nitrometileno, que serviu como substância base para todos os outros. (OBANA et al, 2003) O Imidaclopride foi o primeiro a ser comercializado no mundo, sendo o Japão e a Europa os primeiros a utilizarem em 1990. (OBANA et al, 2003)

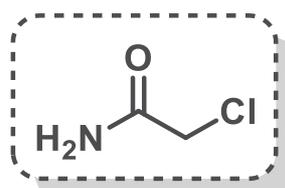
Estes compostos até hoje são utilizados como inseticidas, em mais de 120 países, sendo os mais utilizados para prevenção e controle de pragas tanto na agricultura como no setor veterinário. (TOMIZAWA, M; CASIDA, E, 2000) (JESCHKE, P; NAUEN, R, 2008) Os neonicotinóides são eficazes contra insetos das ordens *Coleoptera* e *Heniptera*, sendo os mais comuns no controle de moscas-brancas, joaninhas, gafanhotos e escaravelhos.

O Imidaclopride é o mais utilizado para o combate de alguns insetos em lavouras de arroz, algodão, vegetais e até mesmo pomares, pois é o mais eficiente no mercado. (WARE, 2000) Outros neonicotinóides também eficazes, são o Nitempiram, o Dinotefurano, a Acetamipride, entre outros. (WARE, 2000)

### 5.2.8. CLOROACETAMIDAS

Cloroacetamidas são uma classe de compostos orgânicos clorados evidenciada na figura 9.

Figura 9 - Estrutura da cloroacetamida



Fonte: Autoria própria

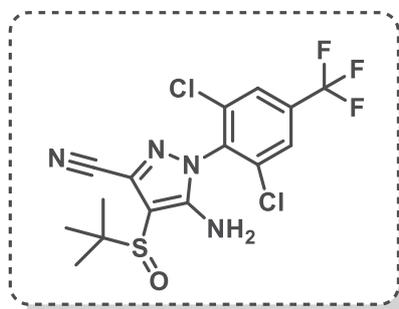
As cloroacetamidas possuem um odor característico e são utilizadas como herbicidas residuais em algumas lavouras, como de feijão, café e milho. (FERRI; VIDAL, 2003) Os mais comuns são o alaclor, metolaclor e acetoclor que atuam em plantas daninhas gramíneas. (FERRI; VIDAL, 2003) Quando aplicadas nas plantas invasoras, essas até germinam, mas não crescem e/ou são deformadas. (ROMAN et al, 2005)

O processo bioquímico das cloroacetamidas nas ervas daninhas ainda é desconhecido. (ROMAN et al, 2005) Estudos mostram que a absorção desses compostos ocorre através das raízes em dicotiledôneas e do epicótilo em gramíneas, inibindo a produção de lipídeos, ácidos graxos, proteínas, ceras foliares, entre outros. (KARAN et al, 2003) Segundo Ellis (1980), as cloroacetamidas apresentam baixa seletividade em algumas lavouras, por esse motivo protetores podem ser utilizados para que o agrotóxico atinja apenas as plantas invasoras. O  $\alpha$ -(cianometoximino)-benzacetoneitrila é um protetor aplicado no sorgo, permitindo a continuidade da aplicação do metolachlor como herbicida nesta cultura. (ELLIS, 1980)

### 5.2.9. FENILPIRAZÓIS

Os compostos denominados fenilpirazóis são aminas que possuem anel heterocíclico, sendo o Fipronil (5-amino-1--(2,6-dicloro- $\alpha,\alpha,\alpha$ -trifluoro-p-tolil)-4-trifluorometilsulfinilpirazole-3-carbonitrila), mostrado na figura 10, o mais comumente empregado dessa classe. (RAUH, J.; LUMMIS, S.; SATTELLE, D., 1990)

**Figura 10 - Estrutura do Fipronil**



Fonte: Autoria própria

De acordo com Rauh e colaboradores (1990), os fenilpirazóis agem bloqueando um neurotransmissor específico presente no inseto, chamado GABA. Este é o

receptor do ácido gama aminobutírico, que serve para controlar estímulos excessivos dos nervos presentes no organismo. (RAUH, J.; LUMMIS, S.; SATTELLE, D., 1990)

O agrotóxico quando utilizado se liga nos canais de cloreto do glutamato (GluCl), que é unicamente encontrado em invertebrados, causando a inibição do fluxo de Cl<sup>-</sup> para o interior da célula,. (POSTAL, J.; JEANNIN, P.; CONSALVI, P. 1995) Na ausência de íons Cl<sup>-</sup> dentro da célula há uma hiperexcitação de todo o sistema nervoso, causando a morte do inseto. (POSTAL, J.; JEANNIN, P.; CONSALVI, P. 1995) Usado para combater ácaros de bovinos, a maior desvantagem do fipronil é que podem ser desenvolvidas resistências quando este é aplicado excessivamente (CASTRO-JANER et al, 2010b). Essa resistência já foi relatada algumas vezes e um exemplo foi utilizando ensaios *in vitro* no Brasil (CASTRO-JANER et al, 2010b)

### **5.3. CLASSIFICAÇÃO DEVIDO À FINALIDADE DOS PESTICIDAS**

#### **5.3.1. HERBICIDAS**

A classe de agrotóxicos, classificação devido à finalidade, mais utilizada mundialmente é a de herbicidas. Estes atuam no controle de plantas daninhas. (BUARQUE, 2017) Plantas daninhas é o termo utilizado para referenciar qualquer planta indesejada na lavoura, as quais invadem as plantações diminuindo a qualidade e o rendimento da safra, pois competem por água e luminosidade e podem ser hospedeiras naturais de mais pragas e doenças. (ROMAN et al., 2005)

De acordo com BUARQUE (2017), os herbicidas podem ser separados em duas categorias dependendo do modo como atuam. A primeira interfere na fotossíntese das plantas daninhas por meio da presença de monuron (C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>ClN<sub>2</sub>O) e simazina (C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>ClN<sub>5</sub>), levando à morte devido à falta de energia. (ROMAN et al., 2005) A segunda categoria é composta pelo 2,4-ácido diclorofenoxiacético (2,4-D) e pelo 2,4,5-ácido triclorofenoxiacético (2,4,5-T) que atingem diretamente plantas herbáceas de folhas largas e plantas lenhosas, respectivamente. (PACAKOVA; STULIK; JISKRA, 1996)

Os herbicidas são efetivos no controle dessas plantas, e tem baixo custo. (ROMAN et al., 2005) Mesmo em larga escala, não apresentam riscos para os seres

humanos, porém há o risco de contaminação do meio ambiente e as plantas daninhas podem se tornar resistentes devido às altas utilizações destes produtos. (ROMAN et al., 2005)

### 5.3.2. INSETICIDAS

Os inseticidas são destinados ao combate de insetos e podem atuar também em larvas e ovos. Estes são amplamente utilizados na agricultura já que os insetos são uma das principais causas da perda da produção de alimentos para a população. (SPARKS, 2013) Os inseticidas são utilizados também na pecuária, indústria e dentro das casas. A utilização doméstica dos inseticidas é bem comum, já que uma parcela da população possui um frasco contra baratas, pernilongos, entre outros. Alguns dos inseticidas utilizados têm como princípios ativos a bentazona, o bispiribaque-sódico, a clomazona, e o cialofope-butílico. (SPARKS, 2013)

### 5.3.3. FUNGICIDAS

Outra categoria são os fungicidas, que como o próprio nome já diz, são produtos destinados a inibir ou eliminar fungos das lavouras, dado que estes geralmente atacam as plantas. São muito comuns na agricultura devido à eficácia, porém, os fungicidas sintéticos são tóxicos e perigosos, trazendo muitos riscos tanto para os humanos quanto para o meio ambiente. (COUTINHO et al., 2005)

Dentre os mais vendidos estão aqueles que inibem a respiração mitocondrial dos fungos, constituídos por uma mistura de princípios ativos pertencentes às estrobilurinas. Ademais, também podem ser usados fungicidas que rompem a parede celular dos fungos, pela inibição do complexo P450. (PAVANI, 2016)

### 5.3.4. OUTROS

As três categorias de pesticidas supracitadas são as que possuem maiores utilizações no mercado, porém existem outros menos comuns que são elencados por finalidade, como os acaricidas que atuam no controle de ácaros, formicidas contra as formigas, bactericidas utilizados contra bactérias, raticidas na eliminação de ratos, avecidas atuando diretamente nas aves, carrapaticida muito utilizado no manuseio animal contra os carrapatos, larvicidas especificamente em larvas, nematicidas atuam no controle de vermes, columbicidas no controle de pombos, cupinicidas para o

controle dos cupins, moluscidas mais especificamente contra o caramujo da esquistossomose, algicidas contra as algas, entre outros. (SANCHES, 2003)

## **6. IMPACTO SOCIAL E AMBIENTAL**

### **6.1. TOXICIDADE**

Com o passar dos anos, novos agrotóxicos foram descobertos e cada vez mais utilizados. Apesar de ajudarem a combater as pragas nas lavouras, dentro das casas, e no setor veterinário, possuem alguns efeitos danosos para o meio ambiente e para os seres vivos. (PAULY RIBAS; SANTOS MATSUMURA, 2009)

Quando aplicados diretamente no meio ambiente, os agrotóxicos podem atingir e deteriorar muitos dos recursos que a sociedade é dependente, por exemplo, causando a degradação do solo, contaminando os lenções freáticos e outros sistemas hídricos, diminuindo a biodiversidade e até desencadeando mudanças irreversíveis. (GLIESSMAN; ROSEMEYER, 2010)

A preocupação com os agrotóxicos não está relacionada apenas as aplicações e as interferências instantâneas, pois muitos se mantêm inalterados no ambiente. Além dos agrotóxicos persistentes, deve-se lembrar que alguns dos compostos utilizados sofrem degradação quando expostos a luz, em contato com outros agentes químicos ou até mesmo com microrganismos, e os compostos formados podem ser ainda mais danosos aos ambientes que seus precursores. (SANCHES et al, 2003) (GRÜTZMACHER et al, 2008)

Mesmo com a modernização da agricultura, muitos dos produtores rurais ainda utilizam métodos convencionais e acabam mais expostos a estes insumos químicos, (PERES; MOREIRA, 2007) portanto, é necessário analisar e indicar o grau de toxicidade destes compostos. (PAULY RIBAS; SANTOS MATSUMURA, 2009)

Em termos toxicológicos, utilizando a dose letal (DL), os agrotóxicos podem ser divididos em quatro classes, que são apresentadas na tabela 2. DL<sub>50</sub> é a dose necessária para matar cinquenta por cento de uma população teste. (PAULY RIBAS; SANTOS MATSUMURA, 2009)

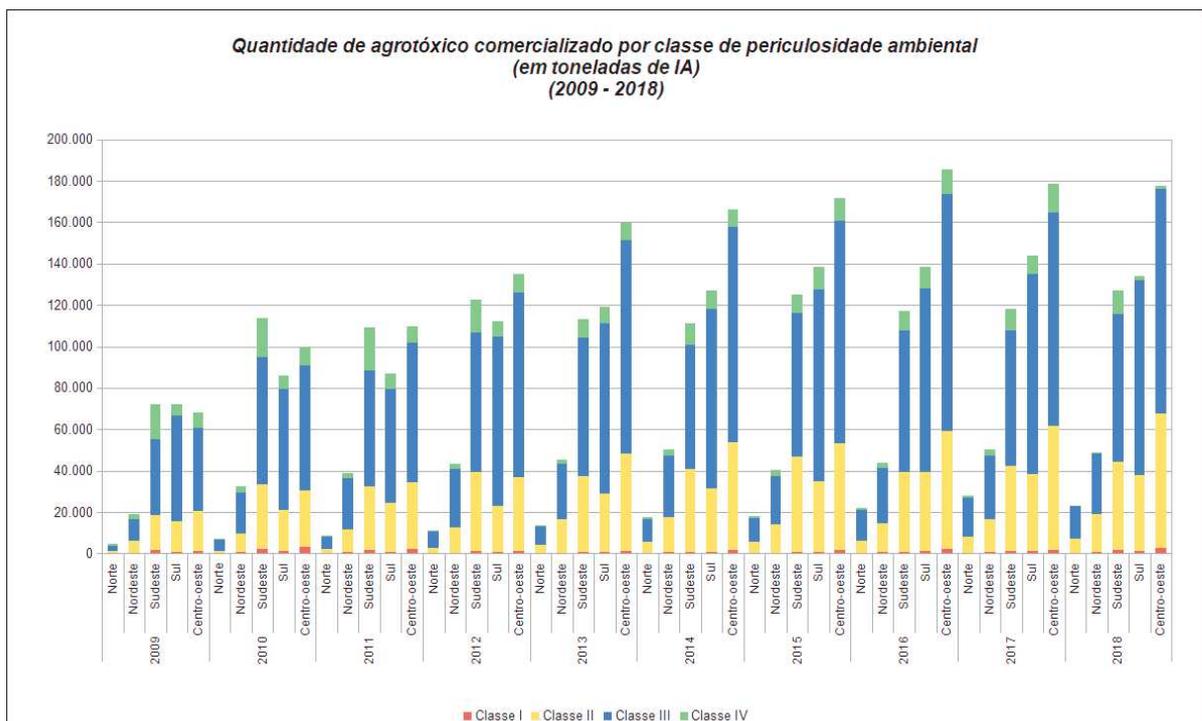
Tabela 2 – Classificação dos agrotóxicos por toxicidade

Classe toxicológica	Toxicidade	DL <sub>50</sub> (mg/Kg)	Cor da faixa
I	Extremamente tóxico	≥ 5	Vermelho
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50	Amarela
III	Mediamente tóxico	Entre 50 e 500	Azul
IV	Pouco tóxico	Entre 500 e 5000	Verde

Fonte: (PERES; MOREIRA, 2003, adaptado)

A figura 11 mostra a quantidade de agrotóxico comercializado por classe de toxicidade por ano, entre 2009 e 2018. Nota-se que a classe III (azul), mediamente tóxica, e a segunda mais utilizada é a altamente tóxica (amarela). (IBAMA)

Figura 11 – Relatório de Comercialização de Agrotóxicos



Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)

O efeito dos agrotóxicos também está diretamente relacionado ao tempo de exposição a esses compostos e à concentração. Para medir esse impacto são utilizados bioindicadores em duas instâncias, quando se analisa a macro, ou seja, populações específicas, comunidades e ecossistema e quando se analisa o micro, ou seja, o indivíduo, tratando de mudanças comportamentais, alterações na reprodução,

na bioquímica (metabolismo, membrana celular e enzimas) ou na fisiológica. (YOUNES; GALAL-GORCHEV, 2000)

Outro fator importante a ser analisado nos agrotóxicos é o grau de genotoxicidade, pois além de afetar diretamente o ser humano, estes podem acarretar efeitos hereditários. (DALLEGRAVE, 2006) Carcinogenicidade e mutagenicidade também devem ser analisadas.

## 6.2. USO ABUSIVO E CONSEQUÊNCIAS

Os agrotóxicos podem combater insetos, parasitas, ervas daninhas e outros organismos que são indesejáveis. (DÉOUX, s.d.) Para atender a grande demanda de alimentos e aumentar a produtividade, a humanidade utiliza até os dias de hoje os agrotóxicos. Estes foram introduzidos nas plantações na década de 40 e seus usos foram intensificados na década de 60, época na qual o crédito agrícola só era liberado com a compra destes insumos químicos, ou seja, época com muitos incentivos para seus usos. (SOARES, 2010)

Apesar do Brasil não ser o maior produtor agrícola do mundo, em 2008 ele se tornou o maior consumidor de agrotóxicos. O uso excessivo desses produtos interfere diretamente na vida dos produtores rurais, consumidores finais, no solo, na água, na fauna, na flora, ou seja em todo o meio ambiente. (RIGOTTO et al, 2012)

São claras as evidências de que o uso foi e é excessivo, como o aumento de populações geneticamente modificadas, o aumento e irreversibilidade do efeito estufa, os incidentes que decorreram de compostos que desregularam o sistema endócrino e o acúmulo de insumos químicos na extensão dos mares. (SADELEER, 2008) O exemplo, talvez mais conhecido por todos, é o do uso excessivo do DDT, tanto para o combate da malária em países tropicais, quanto na agricultura após 1955, que acarretou, nos 30 anos seguintes, em consumos médios de 0,28 mg por dia de DDT através da alimentação por cada cidadão dos Estados Unidos da América. (ROBERTS, 1999)

## 6.3. SUSTENTABILIDADE

A chamada “agricultura moderna”, que é definida quando se tem mais maquinários, grande volume de pulverizações de agrotóxicos e uma certa

modernidade no campo, vai em desencontro com a sustentabilidade pois sabe-se que o resultado de uma postura como essa levará a danos no meio ambiente e para saúde dos seres humanos. (PIGNATI et al, 2007)

Apesar da agricultura moderna ter melhorado processos e a qualidade de vida e consumo da população, destino dos produtos, agora a atenção está se voltando para uma produção que não interfira nem na vida do homem nem na natureza. (BOECKMANN; CAPORAL, 2013) Em 1992, na Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, um dos objetivos a ser alcançado era uma agricultura mais sustentável, o aumento e a preservação da biodiversidade dos ecossistemas, a diminuição do uso de agrotóxicos, a preservação do meio ambiente e o controle da poluição. (Ministério do Meio Ambiente, 2002)

Novamente em 2010, com o objetivo de promover um sistema agrícola mais sustentável e promovendo a agroecologia, que será comentada na próxima seção deste trabalho, foi implementada a Lei nº 12.188 de Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária – PNATER. Lei na qual é necessária a remodelagem e a qualificação para que os princípios sejam incluídos no sistema produtivo. Mais precisamente no artigo 4º a Lei detalha a necessidade de mudar o curso que foi adotado nos últimos anos na agricultura, sendo seus objetivos:

Art. 4º - I - promover o desenvolvimento rural sustentável; II - apoiar iniciativas econômicas que promovam as potencialidades e vocações regionais e locais; III - aumentar a produção, a qualidade e a produtividade das atividades e serviços agropecuários e não agropecuários, inclusive agroextrativistas, florestais e artesanais; IV - promover a melhoria da qualidade de vida de seus beneficiários; V - assessorar as diversas fases das atividades econômicas, a gestão de negócios, sua organização, a produção, inserção no mercado e abastecimento, observando as peculiaridades das diferentes cadeias produtivas; VI - desenvolver ações voltadas ao uso, manejo, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais, dos agroecossistemas e da biodiversidade; VII - construir sistemas de produção sustentáveis a partir do conhecimento científico, empírico e tradicional; VIII - aumentar a renda do público beneficiário e agregar valor à sua produção; IX - apoiar o associativismo e o cooperativismo, bem como a formação de agentes de assistência técnica e extensão rural; X - promover o desenvolvimento e a apropriação de inovações

tecnológicas e organizativas adequadas ao público beneficiário e a integração deste ao mercado produtivo nacional; entre outras citadas. (BRASIL, 1989, Art. 4)

Portanto, a sustentabilidade está diretamente relacionada com o quanto o meio ambiente pode suportar das interações humanas, e o quanto pode-se diminuir ou até mesmo eliminar estes efeitos, para que o meio ambiente siga se desenvolvendo (GHERSEL, 2007) Outra relação apresentada é de que a sustentabilidade é usufruir bem no presente, sem prejudicar o usufruto futuro, tanto próprio quanto dos outros. (FREITAS, 2011)

### 6.3.1 AGROECOLOGIA COMO ALTERNATIVA

A agroecologia é um termo recente, mas sua aplicação não é tão atual assim. Desde quando a agricultura surgiu a agroecologia estava ao seu lado, mas não possuía esse nome. Agriculturas que eram praticadas por indígenas ou por camponeses mostravam similaridade com os ecossistemas naturais e funcionavam perfeitamente para a população. (HECHT, 1997)

O entendimento da ecologia é essencial para que esse modo de produção e cultivo funcione. (GLIESSMAN, 2001) Em 1928 houve a primeira citação de ecologia e agronomia no artigo publicado por Klages: "Crop Ecology and Ecological Crop Geography in the Agronomic Curriculum". Neste o autor propôs uma atenção maior entre as plantas cultivadas e o meio no qual elas estavam sendo cultivadas, através de condições fisiológicas. (FRANCIS et al, 2003)

Deve-se destacar alguns componentes da agroecologia, o primeiro deles e o mais obvio, saber os conceitos da ecologia. Além deste, é necessário manter a técnica agrônômica e os outros pilares, não menos importantes: a socioeconômica, a cultura e também a sociopolítica. A agroecologia é uma habilidade a ser praticada interdisciplinarmente e complexa. (GUZMÁN; OTTMANN, 2004)

Um aspecto importante da agroecologia é a redução no uso de agrotóxicos na produção de alimentos. Uma das alternativas para isto seria o controle de pragas através do conhecimento prévio dos inimigos naturais dessas pragas, misturar em um talhão diferentes tipos de plantas ou pastos, utilizar agrotóxicos localmente

necessários, selecionar aqueles com baixa toxicidade e que possuam baixo prejuízo ao meio ambiente. (PRETTY et al, 1999)

No Brasil, entretanto, ainda é baixa a aderência a este estilo de agricultura, sendo a maior parte da produção tradicional e com grande utilização de insumos químicos. Uma das razões para essa percepção é o aumento dos alimentos transgênicos, que dependem de modificações genéticas e do uso dos agrotóxicos, artificializando a natureza. (LONDRES, 2011)

## **7. INOVAÇÃO ABERTA**

A Segunda Guerra Mundial acarretou muitas mudanças no mercado, aumentou-se os gastos para o desenvolvimento de novas tecnologias e o ciclo de produtos no mercado acelerou, diminuindo seu tempo de vida médio. (SALUNKE et al. 2011) O consumidor também se tornou mais especialista nas compras e usos de serviços devido à disseminação de informações. Os concorrentes dos segmentos também foram aumentando e se capacitando para fornecer melhorias, pelo alto número de fornecedores de qualidade e pelo aparecimento de parcerias, ainda com sinais fracos, de cooperação. (CHESBROUGH, 2012b)

Não é de hoje que as empresas competem entre si, a competitividade sempre foi impulsionadora para que novos produtos e serviços aparecessem no mercado. Com o passar dos anos, tiveram que intensificar ainda mais as estratégias diferenciadas para ofertarem para os clientes. (PORTER, 1989) Essa competitividade está diretamente relacionada ao gerenciamento dos recursos internos e externos das empresas e que podem ser atribuídos a três fatores. (PORTER, 1989) O primeiro deles é a competitividade relacionada ao custo do produto ou serviço, oferecendo algo de alta qualidade com um custo baixo no mercado. O segundo é a quão distinta é a oferta, colocar algo inusitado no mercado pode gerar uma alta competitividade entre as empresas do mesmo segmento. Por fim, a sustentabilidade, estratégias que são modificadas e levam a um bom resultado a longo prazo. (Porter, 1989)

Para atingir esses objetivos, é preciso inovação. (Porter, 1989) As organizações, tanto as grandes quanto as médias e micros empresas, precisam adquirir esse fator para que possam se manter no mercado, inovar através de ações mais ágeis, aprender rapidamente com as respostas do mercado e se adaptar da

melhor maneira. (TETHER, 2003). Apesar das grandes empresas terem uma competitividade maior que as outras, devido a uma vantagem natural e ao aporte financeiro mais alto, as micros e pequenas empresas representam 20% do PIB brasileiro e quase 40% da massa salarial do país. (SEBRAI, 2011)

Pode-se entender como pequenas empresas aquelas que possuem um faturamento bruto anual em torno de R\$ 3,6 milhões e as microempresas até R\$ 360 mil. (SEBRAI, 2011) Esse tipo de empresa também possuem o intuito de expandir e se tornarem mais competitivas no mercado, e acabam recorrendo a relacionamentos externos e cooperação. (Chesbrough, 2012a) Um dos exemplos mais comuns é o co-desenvolvimento com as universidades e centros de pesquisas, os transformando em parceiros de negócios, o que auxilia no crescimento de ambos, e também na redução de custo para obtenção do produto. (Chesbrough, 2012a) Esse fenômeno é conhecido como inovação aberta, o poder de cooperação e a junção de organizações para produzirem e ofertarem algo novo. Utilizarem do monitoramento de mercado como uma estratégia para perceberem as boas oportunidades e absorverem conhecimento externo quando necessário. (Chesbrough, 2012a)

Apesar da adesão a esse movimento não ser elevada, pode-se observar uma significativa mudança sobre as inovações ofertadas no mercado. Em 1971 as grandes organizações possuíam em torno de 70% dessas inovações do mercado, enquanto as micros e pequenas empresas possuíam 5%. Já em 2003 esse valor mudou, sendo 41% para as grandes empresas e 23% para as micros e pequenas, mostrando que essas alavancaram no setor econômico. (Chesbrough, 2012b)

Portanto, a inovação aberta vem para trazer um mercado mais disruptivo, competitivo e sustentável. Acoplando conhecimentos internos e externos e aplicando como inovação dentro de negócios, trabalhando com parceiros para sua complementariedade. (Wang, 2012) Assim, as organizações cooperam em conjunto, acoplam com universidades, centros de pesquisas, tecnologias já prontas, compartilham as próprias tecnologias com o intuito de abastecer o mercado com novas ideias, cuidam da propriedade intelectual já que compartilham informações, ou seja, possuem pesquisas e desenvolvimentos voltados a heterogeneidade dos participantes, e vão ganhando a frente do mercado. (Lichtenthaler & Ernst, 2007).

## 7.1. TECNOLOGIAS QUE AUXILIAM NA AGRICULTURA

Indo de encontro com a inovação aberta, muitas tecnologias foram desenvolvidas e podem ser aplicadas por grandes empresas voltadas para o agronegócio, e para grandes, médios e pequenos produtores. (SCHALTEGGER; WAGNER, 2011) As startups assumem um papel importante para fomentar este empreendedorismo sustentável. (SCHALTEGGER; WAGNER, 2011)

Através de um movimento mais marcante a partir de 1996, as startups, que por sua vez possuem um modelo de negócio incerto e com o objetivo de escalabilidade do produto ou serviço, estão ganhando força na economia nacional. (SEBRAI, 2017)

O intuito dos integrantes de uma startup, os empreendedores, é inovar no meio que estão atuando, analisar dentro do mercado oportunidades que ainda não estão sendo usufruídas e atender desafios que possam estar em minoria. (PESSOA, 2005) Outro ponto importante de uma startup é a flexibilidade para se adaptar as mudanças do mercado, entender que o produto ofertado pode sofrer mudanças. Esta talvez seja a característica que possui maior potencial para combater as grandes concorrentes. (TOLEDO, 2012)

No setor do agronegócio, são comumente chamadas de “agtechs”, startups voltadas para o ramo do agronegócio. As “agtechs” tem como objetivo, em sua maioria, trazer melhorias, diminuição de riscos e podem ser utilizadas como uma ferramenta sustentável para o setor agrônômico, podendo remodelar a estrutura agrícola global. (DUTIA, 2014) Elas podem atender em diferentes subsetores do agronegócio que vão desde a utilização de drone para pulverização ou imageamento, inserção de big data, Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (AI) até sistemas para gerir uma fazenda ou uma lavoura, contando com predição de produtividade e identificação de qual, quanto e em que área é necessária a aplicação de agrotóxicos. (ABStartups, 2017)

Um exemplo que pode ser citado é a startup Gênica, que traz dentro do manejo integrado de pragas, soluções biotecnológicas para o controle de certos invasores, atuando através de microrganismos benéficos, podendo ser utilizado na agricultura ou na pecuária. (GÊNICA) Possuem, por exemplo, um inseticida microbiológico com um fungo isolado, no caso o *Metarhizium anisopliae*, que tem como objetivo infectar

insetos como *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-da-raiz), *Zulia enteriana* (cigarrinha-das-pastagens) e *Deois flavopicta* (cigarrinha-das-pastagens e cigarrinha-dos-capinzais). (GÊNICA) Outro inseticida contém o fungo *Beauveria bassiana*, que tem como objetivo infectar outros invasores, como *Bemisia tabaci* (mosca-branca), *Dalbulus maidis* (cigarrinha do milho), *Cosmopolites sordidus* (moleque-da-bananeira) e *Tetranychus urticae* (ácaro-rajado). (GÊNICA) Ambos os produtos podem ser aplicados a qualquer cultura. (GÊNICA)

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De fato, o uso dos agrotóxicos foi/é essencial para que os invasores fossem/sejam controlados e até mesmo exterminados das culturas e contribuiu/contribuem diretamente para o aumento da produtividade das lavouras. Entretanto, é possível avaliar que existem outras soluções a serem utilizadas.

A interferência direta na vida dos produtores rurais, a contribuição no aparecimento de doenças e agravamento dessas, a poluição gerada tantos nos lençóis freáticos quanto no próprio solo, a irreversibilidade do efeito estufa, entre outras indicações dos malefícios são maiores que dos benefícios.

Não há contradições de que a agricultura, e sua produtividade, é indispensável para a sociedade, dela são extraídos produtos que migram para vários setores, atingindo a população de diferentes maneiras e mantendo principalmente os alimentos, porém a aplicação excessiva de agrotóxicos não é mais uma solução viável para o planeta, e a preservação deste é um fator crucial para a vida. Outras alternativas devem ser estudadas e aplicadas como a agroecologia e sua produção sustentável ou até mesmo a utilização de tecnologias que possuam maior inteligência no campo e que tragam alternativas sustentáveis para os processos conhecidos.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSTARTUPS - Associação Brasileira de Startups. Estatísticas. <https://abStartups.com.br/pesquisas/#Startupsbase> Acesso em: 05 de maio. 2021.
- ADDOR, R.W. **Insecticides**. Agrochemicals from natural products. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 1-62
- AMARANTE JR., O. P. de; SANTOS, T.C.R. dos; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Métodos de extração e determinação do herbicida glifosato: breve revisão. **Química Nova**, v.25, n. 3, p. 420-428, 2002.
- BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. 5ª ed. New York: W. H. Freeman, 2012.
- BARRA, C. M. et al. Especificação de arsênio - Uma revisão. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 58–70, 2000.
- BASTOS, L. H. P. et al. Ensaio de proficiência para análise de ditiocarbamatos em polpa de banana. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 32–35, 2007.
- BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 1, p. 10–15, 2012.
- BRANCO, S.M. Natureza e agroquímicos. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003.
- BRASIL. **Lei 7802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem e rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, além da propaganda comercial, utilização, importação e exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 de jul. de 1989. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7802.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm) Acesso em: 25 de abr. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 12.188, de 11 de janeiro de 2010**. Da política nacional de assistência técnica e extensão rural para a agricultura familiar e reforma agrária. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12188.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12188.htm). Acesso em 28 mar 2021
- BROWN, H. M.; KEARNEY, P. C. Plant Biochemistry, Environmental Properties, and Global Impact of the Sulfonylurea Herbicides. In: **Synthesis and Chemistry of Agrochemicals II**. Washington, DC: American Chemical Society, 1991. p. 32–49.
- BUARQUE, F. S. **APLICAÇÃO DE SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS BASEADOS EM TETRAHIDROFURANO NO PARTICIONAMENTO E CONCENTRAÇÃO DOS HERBICIDAS DIURONE ATRAZINA**. Aracaju - SE: Universidade Tiradentes (UNIT), 2017.
- CARAMELO, E. B.; MALAVASI, U. C. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 125, p. 22–34, 2013.
- CARSON, R.; **Silent Spring**, Houghton Mifflin: Boston, 1962.

CASTRO-JANER, E.; MARTINS, L.; MENDES, M.; NAMINDOME, A.; KLAFKE, G.; SCHUMAKER, T.; Diagnoses of fipronil resistance in Brazilian cattle ticks *Rhipicephalus (Boophi-lus) microplus* using in vitro larval bioassays. **Vet. Parasitol.**173:300-306, 2010b

CHEN, Z.; WANG. Y. Chromatographic methods for the determination of pyrethrin and pyrethroid pesticide residues in crops, foods and environmental samples. **J. Chromatogr. A.**, v.754, p.367-395, 1996.

CHESBROUGH, H. (2012a). **Inovação aberta: como criar e lucrar com a tecnologia.** (L. C. C. Q. Faria, Trad.). Porto Alegre: Bookman. (Obra original publicada em 2003).

CHESBROUGH, H. (2012b). **Modelos de negócios abertos: como prosperar no novo cenário da inovação.** (R. Rubenich, Trad.). Porto Alegre: Bookman. (Obra original publicada em 2006).

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. **Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002

COUTINHO, C. F. B. et al. Pesticidas: Mecanismo De Ação, Degradação E Toxidez. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 65–72, 2005.

COUTO, MBS . **Metodologia para análise de herbicidas clorofenoxiacéticos e clorofenóis em amostras de água.** Rio de Janeiro: 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro

CREMLYN, R. **Pesticides: preparation and mode of action** Chichester: John Wiley & Sons, 1978.

DALLEGRAVE, E. **Toxicologia Clínica: Aspectos Teórico-Práticos.** Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 44 – 61.

DÉOUX, Suzanne e Pierre. **Ecologia é a saúde.** Lisboa: Instituto Piaget, s.d. p. 279.

DUTIA, S. G. **Agtech: challenges and opportunities for sustainable growth.** 2014. p. 1-36. Disponível em: < [https://www.kauffman.org/-/media/kauffman\\_org/research-reports-and-covers/2014/04/agtech\\_challenges\\_opportunities\\_for\\_sustainable\\_growth.pdf](https://www.kauffman.org/-/media/kauffman_org/research-reports-and-covers/2014/04/agtech_challenges_opportunities_for_sustainable_growth.pdf)>. Acesso: 17 mar. 2021

ELLIS, J. F. et al. Effectiveness of a new safener for protecting sorghum (*Sorghum bicolor*) from metolachlor injury. **Weed Sci.**, v. 28, n. 1, p. 1-5, 1980.

ETO, M. Organophosphorus pesticides organic and biological chemistry. Cleveland, Ohio: CRC, 1976

FERNANDES, MS **Absorção e metabolismo de nitrogênio em plantas.** Itaguai: Universidade Rural do Rio de Janeiro, 1978

FERRI, M. V. W.; VIDAL, R. A. Controle de plantas daninhas com herbicidas cloroacetamidas em sistemas convencional e de semeadura direta. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 131–136, 2003.

FRANCIS, C. et al. Agroecology: The Ecology of Food Systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, 22 (3): 99-118. 2003

FREITAS, Juarez. Sustentabilidade: Direito ao futuro. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2011. p. 16

GARCIA, E.; BUSSACOS, M. A.; FISCHER, F. M. Impact of legislation on registration of acutely toxic pesticides in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 5, p. 832–839, 2005.

GÊNICA. **New site**. Soluções Gênica Disponível em: <<https://genica.com.br/newsite/solucoes-genica/>>. Acesso em: 15 de mai. de 2021.

GHERSEL, Elton; ROCHA, João Carlos de Carvalho; HENRIQUES FILHO, Tarcísio Humberto Parreiras; CAZETTA, Ubiratan. A Avaliação Ambiental Estratégica e a Política Nacional do Meio Ambiente. **Política Nacional do Meio Ambiente**. 25 anos da Lei n. 6.938/1981. Belo Horizonte: Del Rey, 2007. p. 127.

GLIESSMAN, S.; ROSEMEYER, M. The conversion to sustainable agriculture: princípios, processes, and practices. **Boca Raton**: CRC Press, 2010

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável** (2001) ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 653 p.

GONZÁLEZ, C. de la C. Metodología para determinación de residuos de plaguicidas en agua: aplicación al acuífero de La Vega de Granada. Granada (Espanha): 1996. - **Departamento de Ciencias de la Tierra y Química Ambiental de la Estación Experimental del Zaidín**, Universidad de Granada

GRÜTZMACHER, D. et al. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. **Campina Grande**, v. 12, n. 6, mai. 2008

HECHT, S. La evolución del pensamiento agroecológico. In Altieri, M. Agroecologia: bases científicas para una agricultura sustentable. Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo. **Asociación Cubana de Agricultura Orgánica**, ACAO, La Habana, Cuba. 1997

HEUDORF, U.; ANGERER, J. Metabolites of pyrethroid insecticides in urine specimens: current exposure in an urban population in Germany. **Environ. Health Perspect.**, v.109, n.3, p.213-217, 2001.

IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>> acessado em 24-04-2021> Acesso em: 24 de abril 2021

JARDIM, I. C. S. F.; DE ALMEIDA ANDRADE, J.; DE QUEIROZ, S. C. D. N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 996–1012, 2009.

JESCHKE, P; NAUEN, R.; Pest Management Science, 64, 2008, 1084.

KARAM, D. et al. Características do Herbicida S-Metolachlor nas Culturas de Milho e Sorgo. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, n. 1983, p. 15–17, 2003.

KOLLMAYER, W.; FLATTUM, R.; FOSTER, J.; POWELL, J.; SCHROEDER, M.; SOLOWAY, S.; **Discovery of the Nitromethylene Heterocycle Insecticides. Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor**, Tokyo: Springer-Verlag, 3, 1999, 71.

KRÜGER, R. A. **Análise da toxicidade e da genotoxicidade de agrotóxicos utilizados na agricultura utilizando bioensaios com Allium cepa**. Novo Hamburgo: Centro Universitário Feevale, 2009.

LARINI, L **Toxicologia dos praguicidas**. São Paulo: Manole, 1999

LIMA, E. P. et al. Aedes aegypti resistance to temefos in counties of Ceará State. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, n. 3, p. 259–263, 2006.

LIMA, J. S. G. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. *Ciência e Cultura*, v. 69, n. 2, p. 51–51, 2017.

LONDRES, Flávia. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro:AS-PTA – **Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa**, 2011. p. 70.

LUPI, C. P. **UTILIZAÇÃO DA MONTMORILONITA NA CONSTRUÇÃO DE SENSORES ELETROQUÍMICOS BASEADOS EM ACETILCOLINESTERASE PARA DETECÇÃO DE CLORPIRIFÓS**. Araraquara - SP: Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2019.

MANAHAN, E. S. **Environmental Chemistry**. 9a ed. Flórida, EUA.: Boca Raton, 2010.

MELI, G.; BAGNATI, R.; FANELLI, R.; BENFENATTI, E.; AIROLDI, L. Metabolic profile of atrazine and N-nitrosoatrazine in rat urine. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, v.48, n.5, p. 701-708, 1992

MENDES, C. R. A. et al. AGROTÓXICOS: principais classificações utilizadas na agricultura brasileira - uma revisão de literatura. **Revista Maestria**, v. 17, p. 95–107, 2019.

MORAES, R. F. DE. Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. **Ipea**, p. 76, 2019.

MORIARTY, F. **Exposure and residues**. In: MORIARTY, F. (Ed). Organochlorine insecticides: persistent organic pollutants. London: Academic, 1975.

NAKAGAWA, LE, LUCHINI, L.C, MUSUMECI, MR.; MATALLO, MB. Behaviour of atrazine in soils of tropical zone. Degradation, mobility and uptake of residues from soils in a crop rotation system (maize/beans). **Environ. Sci Health**, v. B 31, n. 2, p. 203-224, 1996.

NUNES, G. S.; RIBEIRO, M. L. Pesticidas: Uso, Legislação E Controle. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, p. 31–44, 1999.

OBANA, H.; OKIHASHI, M.; AKUTSO, K.; KITAGAWA, Y.; HORI, S.; Determination of Neonicotinoid Pesticide Residues in Vegetables and Fruits with Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography Mass Spectrometry, *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 51, 2003, 2501.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Manual De Vigilância Da Saúde De Populações Expostas a Agrotóxicos. **Organização Pan-Americana de Saúde/Organização Mundial de Saúde.**, p. 69, 1997.

PACAKOVA, V.; STULIK, K.; JISKRA, J. High-performance separations in the determination of triazine herbicides and their residues. **J. Chromatogr. A.** v 754, n. 1-2, p. 17-31, 1996.

PATUSSI, C.; BÜNDCHEN, M. In situ genotoxicity evaluation of triazines using Tradescantia clone 4430 Trad-SHM bioassay. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 18, n. 4, p. 1173–1178, 2013.

PAULY RIBAS, P.; SANTOS MATSUMURA, A. T. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149–158, 2009.

PAVANI, N. D. **PESTICIDAS: UMA REVISÃO DOS ASPECTOS QUE ENVOLVEM ESSES COMPOSTOS.** Bauru - SP: Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2016.

PEIXOTO, S. C. **Estudo da estabilidade a campo dos pesticidas carbofurano e quincloraque em água de lavoura de arroz irrigado empregando spe e hplc-dad.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2007.

PENA, M. F. et al. Método Para Determinação De Resíduos De Clorpirifós Em Alface Por Cromatografia a Líquido De Alta Eficiência. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 37–44, 2003.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente.** 1a ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Fiocruz, 2003.

PERES, T. B. **Efeito da aplicação de pesticidas na atividade microbiológica do solo e na dissipação do 14C-Paration Metílico.** p. 75, 2000.

PESSOA, E. (2005). **Tipos de empreendedorismo: semelhanças e diferenças.** Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/tipos-de-empreendedorismo-semelhanças-e-diferenças/10993/>>. Acesso em: 25 de março de 2021

PORTER, M. E. (1989). **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** (E. M. P. Braga, Trad.). Rio de Janeiro: Campus.

- POSTAL, J.; JEANNIN, P.; CONSALVI, P.; Field efficacy of mechanical pump spray formulation containing 0,25% fipronil in the treatment and control of flea infestation and associated dermatological signs in dogs and cats, **Vet. Dermatol.**, 3:153-158, 1995.
- PRETTY, Jules; GUIJT, Irene; SCOONES, Ian; THOMPSON, John. Regenerating Agroecology of low-external input and community-based development. **The earthscan reader in sustainable development**. UK, 1999. p. 132
- RAUH, J.; LUMMIS, S.; SATTELLE, D.; Pharmacological and biochemical properties of insect GABA receptors. **Trends Pharmacol. Sci.**, 11:325-329, 1990
- RIGOTTO, R M; PORTO, M F; FOLGADO, C; FARIA, N M; AUGUSTO L G; BEDOR, C, et al. Dossiê ABRASCO - Parte 3 - Agrotóxicos, conhecimento científico e popular: construindo a ecologia de saberes. Porto Alegre: RS; 2012
- ROBERTS, D.; **Pestic. Safety** 1999, 2, 4.
- ROMAN, E. S. et al. Como Funcionam Os Herbicidas. p. 1–152, 2005.
- SADELEER, Nicolas. Environmental principles. **From political slogans to Legal rules**. Oxford;New York: Oxford University Press, 2008.p. 3.
- SANCHES, S. M. et al. Pesticidas E Seus Respectivos Riscos Associados À Contaminação Da Água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 53–58, 2003.
- SANTISTEBAN, A. M. G. Caracterização do ácido húmico extrído de vermicomposto e estudo de adsorção/ dessorção deste e outras matrizes com o herbicida atrazina. São Carlos, 1999. p. 13. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade de São Paulo.
- SCHALTEGGER, Stefan; WAGNER, Marcus. Sustainable Entrepreneurship and Sustainability Innovation: Categories and Interactions. In: **Business Strategy and the Environment**, vol. 20, nº 2, 2011.
- SCHMIDT, B. et al. Method validation and analysis of nine dithiocarbamates in fruits and vegetables by LC-MS/MS. **Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment**, v. 30, n. 7, p. 1287–1298, 2013.
- SEBRAE. (2011). Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2010-2011. 4. ed./Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Org.); **Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos**– Brasília, DF; DIEESE.
- SEBRAE. O que é uma Startup?. **SEBRAE**, 2017. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/o-que-e-uma-startup,616913074c0a3410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> Acesso em: 20 de março de 2021.

SHARMILA, M.; RAMANAND, K.; SETHUNATHAN, N. Effect of yeast extract on the degradation of organophosphoms insecticides by soil enrichment and bacterial cultures. **Can. J. Microbiol**, v. 35, p. 1105-1110, 1989.

SOARES W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Nacional de Saúde pública Sergio Arouca: Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010

SODERLUND, D. M. et al. Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. **Toxicology**, v.171, n.1, p.3-59, 2002

SPADOTTO, C. A. et al. Monitoramento do risco ambiental do agrotóxicos: princípios e recomendações. **Embrapa Meio Ambiente**, v. 42, p. 29, 2004.

SPARKS, T. C. Insecticide discovery: An evaluation and analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 107, n. 1, p. 8–17, 2013.

TETHER, B. S. (2003). What is innovation? Approaches to Distinguishing New Products and Processes from Existing Products and Processes. **ESRC Centre for Research on Innovation and Competition (CRIC)**, University of Manchester and UMIST, working paper N° 12.

TOLEDO, Marcelo. Plano de Negócios para Startups. [s. L.]: Ebook, [2012]. Disponível em: Acesso em: 10 abr. 2021

TOMIZAWA, M.; CASIDA, E; Thiacloprid, Imidacloprid and Their Imine derivatives UpRegulate the  $\alpha 4\beta 2$  Nicotinic Acetylcholine Receptor in M10 Cells, **Toxicology and Applied Pharmacology**, 169, 2000, 114.

VALENTE, N. I. P. **Análise de pesticidas organofosforados em toxicologia forense**. [s.l.] Universidade de Aveiro, 2012.

VALENTINE, W. M. Toxicology of selected pesticides, drugs, and chemicals. Pyrethrin and pyrethroid insecticides. **Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.**, v.20, n.2, p.375-382, 1990

WARE, G.; **The Pesticide Book**, Fresno California, 2000, 418.

YOUNES, M.; GALAL-GORCHEV, H. Food Chemisty. **Toxicology**., Philadelphia, v.38, p. 587, Dec. 2000