



CAPÍTULO 6

CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DOS AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO SOBRE OS PRINCIPAIS GRUPOS

Heloisa Eusebia Lima
Bhrenda Alves oliveira
Adilson Correia Goulart
Simone Machado Goulart

RESUMO


Os agrotóxicos podem ser divididos em várias classes químicas, sendo as mais representativas os organoclorados, organofosforados, carbamatos e os piretróides. Desde os primórdios da prática das monoculturas várias substâncias foram aplicadas nas lavouras contra a ação de seres nocivos a este meio. Entretanto, a aplicação de compostos orgânicos sintéticos teve início no século XIX com o avanço da ciência. Os agrotóxicos organoclorados foram os pioneiros, porém devido a sua persistência no ambiente tiveram o seu uso e produção limitados. Desta forma, novas classes surgiram como os organofosforados, carbamatos e piretróides. A classe dos organofosforados é a mais aplicada nas lavouras do Brasil e do mundo. Cada classe de agrotóxico apresenta propriedades físico-químicas diferentes, sendo assim, é importante saber diferenciar estas classes, pois elas interferem na taxa residual do agrotóxico no meio ambiente, na sua bioacumulação em organismos vivos e sua persistência. Este capítulo de revisão aborda as propriedades físico-químicas, a finalidade e indicação de uso, o potencial de contaminação ambiental, a periculosidade ambiental e a toxicidade dos principais grupos químicos de agrotóxicos: organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides.

PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxicos e Suas Classes. Química dos Agrotóxicos. Propriedades Químicas.

1. INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são compostos químicos aplicados em ambientes rurais e urbanos para o controle de seres com capacidade de interferir no equilíbrio do meio onde estão inseridos (BRASIL, 2002). A aplicação de substâncias químicas para o controle de insetos é uma atividade milenar, isso porque, desde os primeiros campos de monoculturas existem relatos do manuseio de compostos de enxofre, *nicotina* e *piretro* (NETO *et al.*, 2007). A modernização do uso dos agrotóxicos na agricultura ocorreu após o final da segunda guerra mundial. Vários compostos produzidos para serem utilizados como armas bélicas foram aproveitados para uso no combate de pragas nas lavouras ao final do conflito mundial (SPARKS, 2013).

Um marco histórico na utilização dos agrotóxicos ocorre na década de 40 com a aplicação do composto diclorodifeniltricloroetano (DDT). Este composto foi sintetizado por Othmar Zeidler, porém sua propriedade como inseticida foi descoberta por Paul Mueller que rendeu ao químico o prêmio Nobel de medicina pela eficiente ação do DDT no controle de vetores transmissores de várias doenças (FLORES *et al.*, 2004). Entretanto a utilização demasiada do DDT resultou em um outro importante divisor de águas na história dos



agrotóxicos, isso porque, em 1962 a bióloga e ambientalista publica o livro primavera silenciosa onde denunciava a contaminação generalizada do ambiente pelas moléculas de DDT (BONZI, 2013).

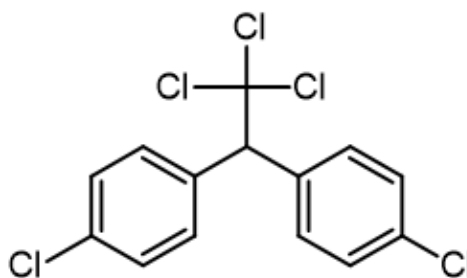
A partir dos estudos que resultaram na publicação da obra primavera silenciosa, vários protocolos que envolviam a produção e manufatura de produtos químicos foram estabelecidos. Além disso, com a comprovação da contaminação e acumulação do DDT, em vários organismos, o uso do agrotóxico foi banido em todo o mundo e a produção e aplicação de compostos organoclorados foram limitadas (BONZI, 2013; AMATO *et al.*, 2002). Devido a ressalvas na utilização de compostos organoclorados a indústria química foi obrigada a investir em pesquisas voltadas para a síntese de moléculas menos persistentes ao ambiente, surgindo os agrotóxicos dos grupos químicos organofosforados, carbamatos e piretróides (SANTOS *et al.*, 2007).

No Brasil são autorizados pela Agência Nacional de Vigilância sanitária - ANVISA centenas de princípios ativos e conseqüentemente as classes químicas destes compostos são muito diversificadas (BRASIL, 2023). Entretanto, nesta revisão foram selecionadas apenas as classes químicas dos organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides. O grupo químico dos organoclorados foi selecionado por ser uma classe precursora no histórico da utilização de agrotóxicos no Brasil e no mundo (AMATO *et al.*, 2002; TEIXEIRA, 2005; BONZI, 2013). As três últimas classes foram escolhidas por serem as mais utilizadas e comercializadas em todo o território nacional (IBAMA, 2023).

2. AGROTÓXICOS ORGANOCLORADOS

Os agrotóxicos organoclorados são moléculas orgânicas que possuem em sua cadeia carbônica principal pelo menos 1 átomo de cloro. A classe dos organoclorados é a pioneira dos agrotóxicos, após a descoberta do DDT e seus principais usos foram na Segunda Guerra Mundial como arma química e inseticidas em lavouras na tentativa de corrigir as necessidades do solo, eliminar as pragas que prejudicavam a produtividade. Foi amplamente aplicado para controle dos vetores transmissores de doenças como malária e tifo que são doenças transmitidas por insetos contaminados (AMATO *et al.*, 2002). Na Figura 1 é apresentada a estrutura química do DDT.

Figura 1: Estrutura química do DDT.



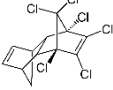
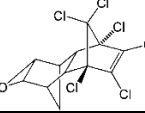
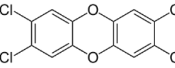
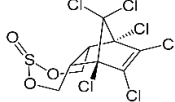
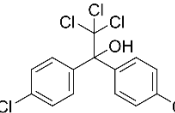
Fonte: Elaborado pelos autores em ChemSketch (2023).

Devido às suas características químicas os organoclorados são agrotóxicos muito eficientes, no entanto, são altamente persistentes no meio ambiente. Em decorrência disto ocasionam a acumulação ao longo da cadeia alimentar levando a um fenômeno ecológico chamado de biomagnificação, que é o aumento das concentrações de uma determinada substância de acordo com o aumento do nível trófico que é aquele que um ser vivo ocupa na cadeia alimentar (BERTI *et al.*, 2009). Além do transtorno ambiental, os organoclorados podem ocasionar vários danos à saúde humana como, por exemplo, o câncer e interferir no sistema endócrino (GALT, 2008).

3. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ORGANOCLORADAS

As moléculas dos organoclorados apresentam afinidade com substâncias apolares, ou seja, são lipofílicos, o que os tornou um risco ao meio ambiente. Por possuírem alta estabilidade, há o aumento no tempo de degradação na natureza demorando anos para ser degradado, são bioacumuláveis nos tecidos dos seres vivos. Em decorrência de suas propriedades físico-químicas a utilização de organoclorados têm sido reduzida desde os anos 70 em diversos países. No Brasil esta preocupação teve início na década de 80 quando a aplicação do agrotóxico DDT foi proibida. Grande parte dos agrotóxicos organoclorados seguem com seu uso e produção proibidos no Brasil e em outros países (ALVES *et al.*, 2010; CARLOS *et al.*, 2013). No Quadro 1 são apresentados alguns exemplos de agrotóxicos pertencentes ao grupo químico dos organoclorados bem como algumas características importantes destes compostos.

Quadro 1: Agrotóxicos pertencentes ao grupo químico dos organoclorados e algumas de suas propriedades.

Nome e estrutura química	Finalidade e indicação de uso	Potencial de contaminação ambiental	Periculosidade ambiental	Toxicidade
Aldrin 	Inseticida	Alto potencial de contaminação	Muito perigoso ao meio ambiente	Alta toxicidade
Dieldrin 	Inseticida	Alto potencial de contaminação	Muito perigoso ao meio ambiente	Alta toxicidade
Dioxina 	Herbicida	Alto potencial de contaminação	Muito perigoso ao meio ambiente	Alta toxicidade
Endosulfan 	Pesticida	Alto potencial de contaminação	Muito perigoso ao meio ambiente	Alta toxicidade
Dicofol 	Acaricidas	Alto potencial de contaminação	Muito perigoso ao meio ambiente	Alta toxicidade

Fonte: (PPDB, 2023; BRASIL, 2023).

4. AGROTÓXICOS ORGANOFOSFORADOS

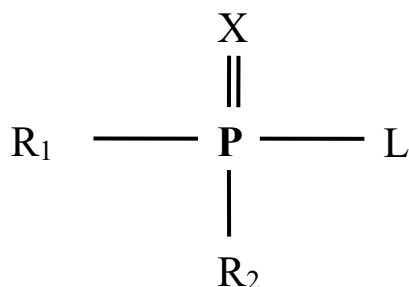
Os agrotóxicos classificados como organofosforados são moléculas que apresentam uma ligação Carbono-Fósforo (HALL *et al.*, 2004). Os primeiros compostos organofosforados foram preparados por alquimistas na Idade Média, mas seu estudo aprofundado teve início no século XIX, por Lassaigne em 1820, com a alcoolize do ácido fosfórico (SANTOS *et al.*, 2007). Na década de 1940 para substituir os organoclorados essa classe de agrotóxicos foi inserida devido as suas características de serem bioacumuláveis, apresentando tempo de degradação lento, e também pelos insetos terem desenvolvido uma grande resistência ao grupo dos organoclorados. Este inseticida foi desenvolvido através da tecnologia química utilizando os “gases de nervos” usados também na Segunda Guerra Mundial (NASCIMENTO; MELNYK, 2016). No Brasil esse grupo é responsável por grandes números de intoxicações e mortes.

Devido a sua alta eficiência no controle de diversas pragas e fácil degradabilidade, os agrotóxicos organofosforados são os mais aplicados nas lavouras do Brasil (IBAMA, 2023). Segundo dados apresentados nos relatórios de comercialização do IBAMA o agrotóxico mais consumido no país atualmente é o glifosato, um potente herbicida que apresenta elevada eficiência no controle de ervas daninhas. (IBAMA, 2023).

5. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ORGANOFOSFORADOS

Os agrotóxicos organofosforados podem apresentar uma única molécula diferentes grupos químicos em sua estrutura. Os compostos organofosforados são originários principalmente de ácidos que podem ser fosfóricos, fosfônicos, fosfínicos e até mesmo fosforamídicos e podem ser classificados como tióis ou ésteres (HALL *et al.*, 2004). Na Figura 2 será apresentada a estrutura química genérica dos agrotóxicos organofosforados que dá origem a todos os agrotóxicos desta classe química.

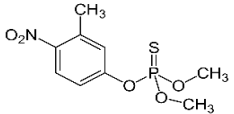
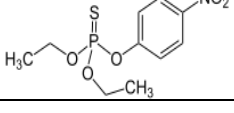
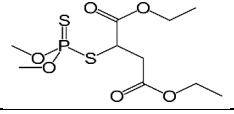
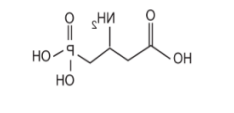
Figura 2: Estrutura química genérica dos agrotóxicos organofosforados.



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada de Santos *et al.* (2007).

Como pode ser observado na Figura 2 os compostos organofosforados podem apresentar diferentes grupos químicos alguns deles são: **R1** e **R2** - Grupos arilas ou alquilas ligados diretamente ao fósforo; **L** - Grupos alquila, halogênios, arila ou heterocíclicos; **X** - são átomos de O, S ou Se (SANTOS *et al.*, 2007). Em decorrência das suas propriedades químicas os organofosforados são lipossolúveis, decompõem-se dentro de poucos dias, no máximo uma semana e por isso é raramente encontrado na cadeia alimentar. Com exceção do inseticida diclorvós, muitos organofosforados possuem baixa volatilidade (HALL *et al.*, 2004). A dispersão dos organofosforados ocorre por pulverização podendo ser provocada por ventos espalhando por áreas de 1 km a 2 km ocasionando sério risco de contaminação mundial (NASCIMENTO; MELNYK, 2016). O Quadro 2 apresenta alguns exemplos de agrotóxicos organofosforados juntamente com algumas características importantes destes compostos.

Quadro 2: Agrotóxicos do grupo químico dos organofosforados e algumas de suas características.

Nome e estrutura química	Finalidade e indicação de uso	Potencial de contaminação ambiental	Periculosidade ambiental	Toxicidade
Fenitroion 	Inseticida e formicida	Baixo potencial	Produto muito perigoso	Moderada a alta
Paration 	Inseticida e acaricida	Baixo potencial	Produto perigoso	Alta a moderada
Malation 	Inseticida e acaricida	Moderado potencial	Produto muito perigoso	Moderada a alta
Glifosato 	Herbicida	Baixo potencial	Produto perigoso	Baixa

Fonte: (PPDB, 2023; BRASIL, 2023).

6. AGROTÓXICOS CARBAMATOS

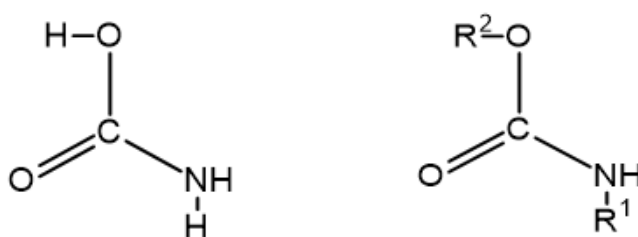
O uso das propriedades químicas dos carbamatos teve início por motivos bem distantes da agricultura. Isso porque as moléculas de agrotóxicos oriundas do ácido carbâmico foram sintetizadas a partir de uma substância encontrada em uma espécie de planta conhecida como *Physostigma venenosum*. A história contada na literatura é que os extratos desta planta eram utilizados em julgamentos de pessoas consideradas feiticeiras. Anos mais tarde em meados do século XIX pesquisadores isolaram os compostos metilcarbamatos a partir dos extratos de *Physostigma venenosum* (BRANCO, 2003; BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

A implementação dos carbamatos na agricultura teve seu início por volta da década de 50. Os agrotóxicos pertencentes ao grupo químico dos carbamatos são eficientes para o controle de diferentes tipos de pragas como, por exemplo, fungos, insetos, nematóides, ervas daninhas, entre outros. Os agrotóxicos, oriundos do grupo químico dos carbamatos, mais utilizados na agricultura são aldicarbe, carbofurano e carbaril. Os dois primeiros compostos foram proibidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA devido as suas ações carcinogênicas e alta toxicidade aguda (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012; IBAMA, 2023; BRASIL, 2023).

7. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS CARBAMATOS

Os carbamatos são compostos que apresentam alta instabilidade em sistemas com pH neutro e alcalinos. O seu tempo de meia vida é considerado baixo desta forma estes compostos não são persistentes no ambiente, porém os produtos de degradação normalmente são mais tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente do que as suas moléculas de origem (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012; NACIMENTO; MELNYK, 2016). Na Figura 3 é apresentada a estrutura química do ácido carbâmico bem como a estrutura química genérica que dá origem aos agrotóxicos carbamatos.

Figura 3: Estrutura química do ácido carbâmico e estrutura química genérica dos carbamatos.



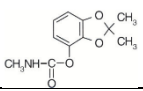
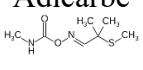
Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada de Goulart (2010).

Como pode ser observado na Figura 3 os agrotóxicos do tipo carbamato são ésteres ou sais provenientes do ácido carbâmico. Os grupos substituintes R1 pode ser um H ou um grupo metil (-CH) já o R2 pode ser um álcool (OH), um grupo oxima (C=NOH) ou um anel fenólico (HALL *et al.*, 2004; NACIMENTO; MELNYK, 2016). Devido a sua alta solubilidade em água e baixa afinidade pelos ligantes do solo, estes compostos tendem a ter um grande potencial contaminante das águas subterrâneas. Eles são menos móveis em solos argilo-arenosos e solos argilo-siltosos por conta da maior superfície de adsorção nestes solos, essa característica depende também da matéria orgânica constituinte (NACIMENTO; MELNYK, 2016).

Os agrotóxicos do grupo químico dos carbamatos são, em sua grande maioria, muito tóxicos aos seres humanos e mamíferos em geral, isso porque, esta classe de agrotóxicos atua no organismo humano inibindo um grupo de enzimas denominadas colinesterases, essas enzimas são responsáveis pela degradação da acetilcolina, que é um neurotransmissor encarregado pela transmissão dos impulsos no sistema nervoso (central e periférico). Uma vez inibida, as enzimas colinesterases não conseguem degradar a acetilcolina, ocasionando um distúrbio chamado de crise colinérgica, principal responsável pelos sintomas observados nos eventos de intoxicação (PERES *et al.*, 2003). No Quadro 3 serão apresentados alguns dos

principais agrotóxicos da classe química dos carbamatos bem como algumas de suas propriedades.

Quadro 3: Agrotóxicos da classe química dos carbamatos e algumas de suas propriedades.

Nome e estrutura química	Finalidade e indicação de uso	Potencial de contaminação ambiental	Periculosidade de ambiental	Toxicidade
<p>Carbaril</p> 	Inseticida e regulador de crescimento	Moderado potencial	Produto muito perigoso	Pouco tóxico
<p>Carbofuran</p> 	Inseticida	Moderado potencial	Produto muito perigoso	Extremamente tóxico
<p>Carbossulfano</p> 	Inseticida, acaricida e nematocida	Moderado potencial	Produto muito perigoso	Altamente tóxico
<p>Adicarbe</p> 	Inseticida	Baixo potencial	Produto muito perigoso	Extremamente tóxico

Fonte: (PPDB, 2023; BRASIL, 2023).

8. AGROTÓXICOS PIRETRÓIDES

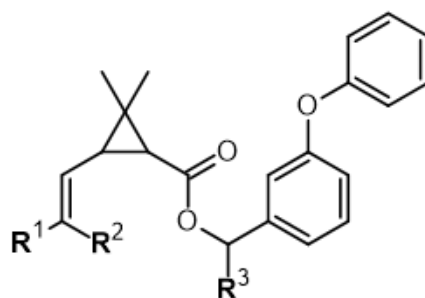
Os agrotóxicos pertencentes ao grupo químico dos piretróides foram introduzidos na agricultura por volta do final da década de 70. Assim como as outras classes de agrotóxicos citadas anteriormente, os piretróides apresentam alta eficiência no controle de pragas em especial os insetos, no entanto, apresentam como diferencial a baixa toxicidade a mamíferos. Outra característica positiva dos piretróides é que causam impactos ambientais menores em relação às outras classes de agrotóxicos, como também menor toxicidade e baixa persistência ambiental. No entanto, estudos apontam que os piretróides são altamente tóxicos para a fauna aquática, sobretudo, para os peixes e os crustáceos (SANTOS *et al.*, 2008; MONTANHA *et al.*, 2012).

Os agrotóxicos piretróides foram inseridos primeiramente em ambientes domésticos, por conta da sua baixa disponibilidade e fotoinstabilidade. Posteriormente, foram desenvolvidos piretróides com melhorias em relação a fotoestabilidade com a inclusão de átomos de azoto, enxofre e de halogênio, sendo análogos aos produtos naturais inseridos na agricultura como inseticida. Obtiveram um grande sucesso comercial devido ao largo espectro de atividades contra artrópodes, de uma baixa dosagem sugerida, e também o baixo risco para aplicadores e impactos ambientais (SANTOS *et al.*, 2008).

9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PIRETRÓIDES

A classe química dos piretróides tem sua origem, ou seja, foram sintetizados do composto piretrina. Esta molécula é um éster do ácido crisantêmico que por sua vez pode ser encontrado nas flores das plantas do tipo *chrysanthemum cinerariaefolium* (SANTOS *et al.*, 2008; MONTANHA *et al.*, 2012). Na Figura 4 é apresentada a estrutura molecular genérica dos agrotóxicos piretróides.

Figura 4: Estrutura química genérica dos agrotóxicos piretróides.

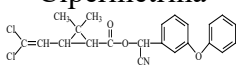
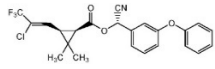


Fonte: Autoria própria, adaptada de Vieira *et al.* (2007).

Os agrotóxicos do grupo químico dos piretróides são em sua grande maioria lipofílicos, ou seja, apresentam muita afinidade com gorduras e são moderadamente persistentes no ambiente. Entretanto, a taxa de contaminação ambiental e níveis de biomagnificação ao longo da cadeia alimentar são considerados baixos quando se comparados com as classes químicas organofosforados e carbamatos. Essa baixa taxa residual está relacionada às características químicas dos piretróides que favorecem a degradação e dissipação destes compostos no ambiente. Além disso, outro fator que favorece a baixa contaminação do ambiente por piretróides é a baixa dosagem necessária para o controle dos insetos (SANTOS *et al.*, 2008; MONTANHA *et al.*, 2012). No Quadro 4 serão apresentados alguns exemplos de piretróides e algumas de suas propriedades.

Quadro 4: Agrotóxicos pertencentes a classe química dos piretróides e algumas suas características.

Nome e estrutura química	Finalidade e indicação de uso	Potencial de contaminação ambiental	Periculosidade ambiental	Toxicidade
<p>Deltametrina</p>	Inseticida e formicida	Baixo potencial	Produto altamente perigoso	Baixa
<p>Permetrina</p>	Inseticida e formicida	Baixo potencial	Produto muito perigoso	Baixo

<p>Cipermetrina</p> 	Inseticida e formicida	Baixo potencial	Produto muito perigoso	Pouco tóxico
<p>λ -cialotrina</p> 	Inseticida	Baixo potencial	Produto muito perigoso	Moderadamente tóxico

Fonte: (PPDB, 2023; BRASIL, 2023).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Substâncias químicas foram introduzidas na agricultura há milhares de anos com o propósito de minimizar a ação nociva de pragas e aumentar a produção das lavouras. Os agrotóxicos podem ser classificados de diferentes formas, no entanto, a classificação química é uma das principais. Existem diversas classes químicas de agrotóxicos, entretanto as classes químicas dos organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides historicamente são as mais importantes por terem sido os primeiros compostos sintéticos utilizados na agricultura. Os organoclorados apesar da sua alta persistência no ambiente e bioacumulação em organismos vivos foram de extrema importância no controle de vários vetores transmissores de doenças, salvando várias vidas. É importante saber diferenciar as classes químicas dos agrotóxicos, pois as suas propriedades, taxa residual, persistência e várias outras propriedades variam de acordo com as características de cada grupo químico.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. I. R. *et al.* Avaliação da Contaminação por Pesticidas Organoclorados em Recursos Hídricos do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n.1, p. 67-74, 2010. Disponível em: < <http://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/14235>>. Acessado em Jan. 2023.
- AMATO, C. D.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p.995-1002, 2002. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/qn/a/BzwjyybkzCgvjX6tpykf9gf/?lang=pt>>. Acessado em: Jan. 2023.
- BERTI, A. P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L. C. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios-Revista de saúde e biologia**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: < <http://periodicos.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/152/237>>. Acessado em: Dez. 2022.

BONZI, R. S. Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 28, p. 207-215, 2013. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/31007>>. Acessado em: Dez. 2022.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A química dos agrotóxicos. **Química nova na escola**, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012. Disponível em: < http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf>. Acessado em: Nov. 2022.

BRANCO, S. M. **Natureza e agroquímicos**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Monografias de agrotóxicos**. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas-por-letra>. Acessado em: Jan. 2023.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. **Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Casa Civil da Presidência da República**, disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm>. Acessado em: Abr. 2023.

CARLOS, E. A. *et al.* Simultaneous determination of the organochlorine and pyrethroid pesticides in drinking water by single drop microextraction and gas chromatography. **Chemical Society**, v. 24, n. 8, p. 1217-1227, 2013. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/g4ht9wWWdf7kDCQBPH5QXff/abstract/?lang=en>>. Acessado em: Abr. 2023.

FLORES, A. V. *et al.* Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente e Sociedade**, v. 7, p. 111-124, 2004. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/asoc/a/6rpgHvHH9JcDHkxWrpNFF5N/?lang=pt>>. Acessado em: Abr. 2023.

FONTENELE, E. G. P. *et al.* Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 54, n. 1, Feb., 2010. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/abem/a/VzcPtYpRRShNr4xzwCgwdYm/abstract/?lang=pt>>. Acessado em: Fev. 2023.

GALT, R. E. Beyond the circle of poison: Significant shifts in the global pesticide complex, 1976–2008. **Global Environmental Change**, v.18, n.4, p. 786-799, 2008. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008000605>>. Acessado em: Fev. 2023.

GOULART, S. M. **Avaliação da técnica de extração com partição em baixa temperatura na análise de carbamatos em alimentos e bebidas**. 2010. 158f. Tese (Doutorado em agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. 2010.

HALL, N. *et al.* **Neoquímica: A química moderna e suas aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

IBAMA/MMA. **Relatório de Comercialização de Agrotóxicos**. 2021. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/pagina-3>>. Acessado em: Jan. 2023.

MONTANHA, F. P.; PIMPÃO, C. T. TITULAR-PUCPR, Médica Veterinária. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes-Revisão. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, v. 9, n. 18, p. 1-58, 2012. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/esxzix4eu8euo8s_2013-6-28-18-9-28.pdf>. Acessado em: Jan. 2023.

NASCIMENTO, L.; MELNYK, A. A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde. **Revista Mangaio Acadêmico**, v. 1, n. 1, p. 54-61, 2016. Disponível em: <<http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/mangaio/article/view/1879>>. Acessado em: Jan. 2023.

NETO, L. M.; VAZ, M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 438 p.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. É veneno ou é remédio? In: PERES, P.; MOREIRA, J. C. (Org.). **Agrotóxicos, saúde e ambiente**. 1ed. Rio de Janeiro: Editora da Fiocruz, 2003, v. 1, p. 21-41. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/cap_01_veneno_ou_remedio.pdf>. Acessado em: Jan. 2023.

PPDB - PESTICIDE PROPERTIES DATA BASE. **Agricultural substances databases: background and support information**. 2023. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>>. Acessado em: Jan. 2023.

SANTOS, M.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides—uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/49599762_Piretroides_-_uma_visao_geral>. Acessado em: Jan. 2023.

SANTOS, V. M. R. *et al.* Compostos organofosforados pentavalentes: histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorais. **Química Nova**, v. 30, p. 159-170, 2007. Disponível em: <https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1773>. Acessado em: Jan. 2023.

SPARKS, T. C. Insecticide discovery: an evaluation and analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 107, n. 1, p. 8–17, May 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357513000965>>. Acessado em: Jan. 2023.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **R. Elet. Ass. Ge. Bras.** –, v. 2, n. 2, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufms.br/index.php/revagb/article/view/1339/854>>. Acessado em: Fev. 2023.

VIEIRA, H. P.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R. Otimização e validação da técnica de extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura (ELL-PBT) para piretróides em água e análise por CG. **Química Nova**, v. 30, p. 535-540, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/YCy6kCDZHpTMkktNvhkvqqQ/?format=html>>. Acessado em: Abr. 2023.