

Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente

Augustinho Borsoi¹, Paulino Ricardo Ribeiro dos Santos¹, Loreno Egidio Taffarel¹, Affonso Celso Gonçalves Júnior¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós Graduação em Agronomia - Campus de Marechal Cândido Rondon - Centro de Ciências Agrárias. Rua Pernambuco, 1777 CEP: 85960-000 - Marechal Cândido Rondon – PR.

Resumo: O meio ambiente envolve todos os seres vivos e inanimados que ocorrem na Terra, ou alguma região dela, que afetam os ecossistemas e a vida dos humanos. Compreendido pelo conjunto de condições, leis, influências e infraestrutura de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. A relação entre meio ambiente e agrotóxicos é extremamente complexa, pois todo produto químico aplicado no ambiente resultará em algum impacto. O Brasil é um dos principais consumidores de agrotóxicos do mundo, devido principalmente a sua grande extensão de terras agricultáveis e aplicações muitas vezes sem critérios técnicos que provocam contaminação do meio ambiente e interferem na saúde da população. Dentre os agrotóxicos os grupos químicos organoclorados e organofosforados destacam-se pela alta toxidez de suas moléculas e capacidade de causar danos ao ambiente e, devido serem aplicados em larga escala, provocam diversos problemas tanto a animais quanto a pessoas. Existem vários métodos e ações para reduzir a problemática da contaminação com agrotóxicos, entre as quais se pode citar o controle biológico de pragas e doenças, investimento em pesquisa em moléculas menos tóxicas e capacitação técnica para a correta aplicação dos produtos.

Palavras-chave: agricultura, impacto ambiental, organoclorados, organofosforados.

Pesticides: history, current affairs and the environment

Abstract: The environment involves all living things and not live that occur on Earth or some region of it and that affecting ecosystems and human life. It can be understood by the set of conditions, laws, influences and infrastructure from physical, chemical and biological, which allows shelter and rule the life in all its forms. The relationship between environment and pesticides is complex, because every chemical used in the environment will result in some impact. The Brazil is one of the major consumers of pesticides in the world, mainly due to its large expanse of farmland and an application often without technical criteria and that cause contamination of the environment and too affects the health of the population. Among the pesticides, the organochlorine and organophosphorus chemical groups are distinguished by their high toxicity of molecules and ability to cause harm to the environment and how they are utilized on a wide scale also cause many problems to animals and people. There are several methods and actions to reduce the problem of contamination with pesticides, among which we can mention the biological control of pests and diseases, research investment in less toxic molecules and technical training for the correct application of the products.

Key words: agriculture, environmental impact, organochlorines, organophosphates.

Introdução

A preocupação com a presença de agrotóxicos nos alimentos é tão antiga quanto à introdução destes produtos químicos no controle de pragas e doenças que afetam a produção agrícola. A relação entre agricultura e saúde pública sempre foi muito grande, seja na função de supridora de alimentos, seja pelos riscos à saúde humana e ao meio ambiente causados pela utilização de agrotóxicos (Veiga, 2007).

Apesar disso, somente em anos mais recentes, o avanço do conhecimento científico e as novas tecnologias da área laboratorial, vêm permitindo a avaliação da qualidade dos alimentos que chegam à mesa da população. O desenvolvimento dos agrotóxicos foi impulsionado pelo anseio do homem em melhorar sua condição de vida, procurando aumentar a produção dos alimentos (Braibante e Zappe, 2012). Como resultado, os herbicidas que são amplamente utilizados em zonas rurais para fins agrícolas e não agrícolas, constituem importantes poluentes das águas naturais (Irace-Guigand et al., 2004).

O círculo do agrotóxico ocorre quando um determinado agrotóxico é proibido de ser utilizado pelos produtores dos países industrializados, entretanto, continua sendo produzido nas indústrias do país industrializado para ser exportado para países em desenvolvimento, onde são utilizados quase que inteiramente por produtores exportadores de grãos, e então o agrotóxico volta para o país industrializado como resíduo em alimentos (Galt, 2008).

Os resíduos de agrotóxicos em alimentos consumidos por pessoas podem ser causa de problemas endócrinos, uma vez que várias substâncias químicas de uso doméstico, industrial e agrícola possuem comprovada atividade hormonal, e por isso também são denominados interferentes ou disruptores endócrinos (Fontenele et al., 2010). Existem mais de três mil substâncias produzidas em larga escala no mundo e numerosas delas são interferentes endócrinos como inseticidas, detergentes, repelentes, desinfetantes, fragrâncias, solventes, retardantes de chamas, entre outros produtos, que estão presentes nos efluentes das indústrias e residências e que chegam até as estações de tratamento de água. Deve-se considerar que apenas 40 a 50 substâncias químicas são contempladas pelos padrões de potabilidade de água na maioria dos países, e por isso a presença desses contaminantes na água, no solo ou no ar representa um risco devido à contaminação na cadeia alimentar, que não são avaliados pelos órgãos de controle de qualidade (Fontenele et al., 2010).

Soma-se a isso o fato de que o Brasil, em 2008 utilizou mais de 700.000 toneladas de agrotóxicos e tornou-se o maior consumidor mundial de agrotóxicos, gerando divisas de 7,1

bilhões de dólares para a indústria química disponíveis 1079 produtos com 470 princípios ativos 45% herbicidas, 27% inseticidas e 28% fungicidas (Pedlowski et al., 2012). Atualmente, mais de 80% dos agricultores brasileiros utilizam agrotóxicos para combater pragas e doenças e com isso aumentar a produtividade, o que contribui para aumentar o risco de danos ambientais e problemas com a saúde humana, uma vez que principalmente os agricultores estão expostos a uma mistura de agrotóxicos (Pedlowski et al., 2012) e isso pode contribuir ainda mais para desencadear interferências endócrinas (Fontenele et al., 2010).

Por isso, o ciclo dos agrotóxicos usados no mundo, considerando todo seu processo de produção industrial até seu destino final que é o meio ambiente, tornou-se praticamente uma frase familiar entre os ambientalistas, ativistas políticos e pessoas preocupadas com qualidade e segurança alimentar do consumidor (Galt, 2008).

Considerando o exposto, este artigo apresenta informações referentes a utilização de agrotóxicos na agricultura e seus impactos no meio ambiente.

Agrotóxicos e meio ambiente

Para Figueiredo e Neto (2009), extrapolar o conceito biológico tradicional de meio ambiente é necessário para que compreender a complexa relação entre ser humano-natureza. Subjetivamente, ambiente é um sistema de relações entre o ser humano e o meio, entre sujeitos e objetos. Meio ambiente depende de um sistema de crenças, valores e culturas e da interação entre os sujeitos (indivíduos, grupos, sociedade) e os objetos (fauna, flora, solo, água, ar etc.).

Dessa forma, pode-se ter então um conceito de meio ambiente, incluindo as percepções ambientais da sociedade, como o lugar determinado ou percebido, onde os elementos naturais e sociais estão em relações dinâmicas e em interação. Essas relações implicam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e sociais de transformação do meio natural e construído (Figueiredo e Neto, 2009).

Houve grande transformação da paisagem do meio agrícola a partir da revolução verde, a qual provocou inovações com a utilização de tecnologias. As tecnologias resultaram na substituição da mão de obra humana e animal pela utilização de máquinas e equipamentos, na utilização de sementes selecionadas para maior produtividade e recentemente pela adoção das sementes transgênicas. Também resultou na intensiva utilização da adubação química e de agrotóxicos. Esse conjunto de inovações tem contribuído para modernas práticas agrícolas que garantem a produção de alimentos e cereais pelo aumento da produtividade agrícola

(Cunha et al., 2003). Entretanto, resultou no excesso de importância ao agrotóxico e pouca importância às técnicas de aplicação empregadas (Cunha, 2008) e ao impacto dos agrotóxicos na saúde direta dos agricultores, da população ao consumir os alimentos com resíduos de agrotóxicos devido à contaminação de cereais, frutas e hortaliças e da contaminação do meio ambiente, principalmente solo, água e ar (Galt, 2008; Fontenele et al., 2010; Pedlowski et al., 2012; Pinotti e Santos, 2013).

Assim, temos por exemplo, as perdas por volatilização, que representam o resultado global de todos os processos físico-químicos pelo qual um composto é transferido da solução do solo e/ou da superfície das plantas para a atmosfera. Uma vez na atmosfera, o agrotóxico poderá ser transportado a grandes distâncias, e ser novamente depositado à superfície por meio do vento (deposição seca) e/ou por deposição úmida (chuva, orvalho, neve e neblina) (Gavrilescu, 2005), podendo esse agrotóxico, na fase de vapor, contaminar o ambiente e atingir organismos não alvo. No meio ambiente, os agrotóxicos podem afetar e contaminar a biota, a qualidade da água e do ar, a produtividade e a qualidade final dos alimentos de origem animal e vegetal, podendo torná-los impróprios para o consumo (Schreiber et al., 2013).

As propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, bem como a quantidade e a frequência de uso, métodos de aplicação, características bióticas e abióticas do ambiente e as condições meteorológicas determinarão qual será o destino dos agrotóxicos no ambiente. Essas condições variam de acordo como produto e com os fatores relacionados à sua aplicação, por isso não podemos prever um modelo para o comportamento destes agrotóxicos nem sua interação com o ambiente. Entretanto, alguns processos são conhecidos e descritos para diferentes produtos, tais como retenção, transformação e transporte. Esses processos podem prever como o produto se comportará interagindo com as partículas do solo e com outros componentes, com sua velocidade de evaporação, solubilidade em água e bioacumulação (Ribas e Matsumura, 2009).

O aumento considerável no volume de agrotóxicos aplicados tem trazido uma série de transtornos e modificações para o ambiente, tanto pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõe, quanto pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos do ecossistema (biota, água, ar, solo, etc.) (Ferreira et al., 2006).

Ribeiro et al. (2007) relatam que, mesmo em concentrações baixas, são encontrados resíduos de agrotóxicos em amostras de água subterrânea em países como Grã-Bretanha, Alemanha, Estados Unidos, Grécia, Bulgária, Espanha, Portugal e Brasil. De maneira geral, a contaminação dos ambientes aquáticos no Brasil por resíduos de agrotóxicos pode ser

considerada como moderada, salvo exceções em áreas altamente poluídas e é comparativamente menor que a presente nos países do hemisfério norte.

No solo, a preocupação com a contaminação é referente à interferência desses princípios ativos em processos biológicos responsáveis pela oferta de nutrientes. São consideráveis as alterações sofridas na degradação da matéria orgânica, através da inativação e morte de microrganismos e invertebrados que se desenvolvem no solo. A ciclagem de nutrientes pode ser afetada quando, por exemplo, o princípio ativo persistente no solo interfere no desenvolvimento de bactérias fixadoras de nitrogênio, responsáveis pela disponibilização desse mineral às plantas (Carlos et al., 2013).

Os agrotóxicos podem também se infiltrar no solo, atingindo as águas subterrâneas e ser encontrados em poços utilizados para abastecimento de água para uso doméstico ou para dessedentação de animais. A importância relativa dessas duas formas de transporte depende, em grande parte, do tipo de solo e do relevo da região (Flores et al., 2004).

A presença de agrotóxicos em estações de tratamento de água urbanas é principalmente devido ao seu uso não agrícola. A lista de utilizações inclui a aplicação de manutenção de gramados (campos de golfe, instalações educacionais, parques e cemitérios), no controle de vegetação industrial (instalações industriais, concessionárias de energia elétrica, rodovias, ferrovias, gasodutos), em saúde pública (redução de mosquitos, áreas de controle de roedores e áreas aquáticas) e em culturas não-agrícolas, como a silvicultura comercial e horticultura e plantas em viveiros (Köck-Schulmeyer et al., 2013).

Breve histórico do uso de agrotóxicos no Brasil

Antes do ano de 1500 a visão de mundo dominante na Europa, bem como no restante o mundo era a agricultura baseada na origem orgânica. A estrutura científica dessa visão foi devido à autoridade da igreja e Aristóteles, quando as investigações de cientista medievais destinado a vários fenômenos naturais, sempre considerado do mais alto significado, como perguntas. Esta visão orgânica mudou radicalmente nos séculos XVI e XVII, uma vez que sofreu uma ruptura epistemológica que foi substituída pela noção do mundo da máquina com mudanças revolucionárias causadas pelas idéias científicas de Copérnico, Galileu, Newton e Einstein (Pinotti e Santos, 2013).

Por volta de 1798, o planeta atingiu um bilhão de pessoas. Neste momento, o crescimento da população mundial estava em progressão geométrica, enquanto o crescimento de alimentos aumentou aritmeticamente, causando há muito tempo uma dívida negativa em

alimentos, determinando a fome (Ribas e Matsumura, 2009). Nas últimas décadas a ação humana sobre o planeta tem sido extrema e de acelerado desenvolvimento.

A Revolução Verde, que ocorreu entre os anos de 1940 a 1970, com a mecanização rural, irrigação e uso de fertilizantes e agrotóxicos, bem como a seleção de sementes mais produtivas, cresceu três vezes a produção de grãos em países desenvolvidos. O impacto da humanidade sobre do planeta, que começou um crescimento acelerado de dez mil anos atrás, com a descoberta da agricultura e o aumento da produção de grãos foram reguladas pela alta taxa de mortalidade em epidemias e guerras (Pinotti e Santos, 2013).

Assim, após o final da II Guerra Mundial, a partir da década de 50, quando se iniciou a chamada Revolução Verde, foi possível observarem-se profundas mudanças no processo tradicional da produção agrícola, bem como nos impactos dessa atividade sobre o ambiente e a saúde humana. Novas tecnologias, muitas delas baseadas no uso extensivo de agentes químicos, foram disponibilizadas aos agricultores aumentando a produtividade através do controle de doenças e proteção contra insetos e outras pragas (Ribas e Matsumura, 2009).

O uso de agrotóxicos no Brasil, assim como o controle de sua presença no meio ambiente, é normatizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº430 de março de 2011 preconiza o nível máximo permitido para agrotóxicos organoclorados em recursos hídricos (BRASIL, 2011).

De acordo com Garcia et al. (2005), a legislação brasileira para o uso e controle de agrotóxicos começou mais formalizada na década de oitenta (Lei dos Agrotóxicos do Brasil, nº7802/89). As agências governamentais envolvidas nesse trabalho têm definida a necessidade de práticas agrícolas e ambientais para a manutenção da saúde pública. Brasil e outros países da América Latina têm participado na Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), por meio de Projeto de Pesquisa Coordenado (CRP), que investiga uma abordagem mais holística para a segurança alimentar e ambiental.

O tema principal desta comissão é adotar a mesma posição sobre as boas práticas agrícolas (BPA) e boas práticas laboratoriais (BPL), como a necessidade de registrar uma nova molécula ou de reavaliar uma molécula de agrotóxico, que já está sendo praticado em países desenvolvidos. Estudos de monitoramento se tornam estratégia para avaliar o controle de qualidade de alimentos (Ciscato et al., 2012).

Os agrotóxicos podem ser aplicados em florestas (nativas e plantadas), nos ambientes hídricos, urbanos e industriais e, em larga escala, na agricultura e pastagens para a pecuária. Podem ser classificadas como inseticidas (controle de insetos), fungicidas (controle de

fungos), herbicidas (controle de plantas invasoras), desfolhantes (controle de folhas indesejadas), fumegantes (controle de bactérias do solo), rodenticidas ou raticidas (controle de roedores/ ratos), nematicidas (controle de nematóides) e acaricidas (controle de ácaros) (Ribas e Matsumura, 2009).

Dessa forma um agrotóxico pode ser classificado quanto à periculosidade ambiental, em classes que variam de I a IV: produtos altamente perigosos ao meio ambiente (Classe I), produtos muito perigosos ao meio ambiente (Classe II), produtos perigosos ao meio ambiente (Classe III) e produtos pouco perigosos ao meio ambiente (Classe IV) (Ribeiro et al., 2007).

O excesso de aplicação de agrotóxicos tem originado consequências negativas, como o desaparecimento de algumas espécies de insetos úteis e, conseqüentemente, aparição de novas pragas. Além disso, muitas espécies de insetos tornaram-se resistentes a certos inseticidas, o que levou à busca de novos produtos de maior seletividade. Dos compostos usados em grande escala, encontram-se, inicialmente, os organoclorados, depois os organofosforados, carbamatos, piretróides e toda uma série de derivados de triazinas, dentre outros (Flores et al., 2004).

Organoclorados

Agrotóxicos organoclorados são conhecidos como por persistirem no meio ambiente, por serem amplamente distribuídos geograficamente no mundo, por se acumularem em tecidos gordurosos de organismos vivos e por causarem danos para seres humanos e ao meio ambiente (Galt, 2008).

Segundo Valero et al. (2009) muitos destes contaminantes ambientais halogenados apresentam atividade estrogênica e que, devido à sua natureza lipofílica, o tecido mamário humano, acumula essas substâncias, existe a possibilidade de que os níveis de organoclorados encontrado em seres humanos pode exercer um efeito proliferativo sobre as células normais da mama.

A ação danosa dos agrotóxicos para o ambiente e a saúde pública tem sido comprovada, levando à restrição e até mesmo proibição em diversos países. Mesmo proibido, estes agrotóxicos foram encontrados em várias matrizes, provando sua persistência no meio ambiente (Carlos et al., 2013).

Organoclorados são substâncias orgânicas que possuem uma meia vida longa em solos, sedimentos, ar e biota. Por serem compostos lipofílicos tornam-se bioacumulativos na cadeia alimentar e possuem grande estabilidade físico-química, não sendo voláteis à temperatura ambiente. Assim, devido a estas características, desde o início dos anos 1970 o uso de agrotóxicos organoclorados tem sido progressivamente restringido a aplicações

específicas em diversos países (Alves et al., 2010) e no Brasil sua utilização está proibida desde 1985 (Carlos et al., 2013).

Os níveis de organoclorados na água dos oceanos têm causado sérios problemas ecológicos como, por exemplo, o fracasso da reprodução da truta-do-mar, na Laguna Madre, no Texas, e da águia-marinha, no Báltico. Além disso, podem-se encontrar golfinhos contaminados com DDT, desde o litoral paulista até regiões da Antártida (Flores et al., 2004). Mishra et al. (2012) em estudo com nível de organoclorado no solo da Índia verificou que os níveis mais elevados do contaminante foram encontrados em solos de arrozais prática ilegal no país.

Os organoclorados são reconhecidos como suspeitos ou causadores de câncer e como interferentes do sistema endócrino (IE) (Galt, 2008). Como IE podem trazer danos irreversíveis quando a exposição ocorre durante a gestação ou nos primeiros anos de vida (Fontenele et al., 2010). São considerados poluentes orgânicos persistentes (POPs) e entre esses se pode destacar o aldrin, clordane, DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), endrin, heptaclor, hexaclorobenzeno, mirex e toxafeno (Galt, 2008), além de dieldrin, heptaclor, heptaclor epóxido, hexaclorciclohexano (Kang e Chang, 2011).

Recentemente, o número de poluentes orgânicos persistentes foi ampliado, sendo eles, clordecone, lindano, pentaclorobenzeno e endosulfan, também pertencem ao grupo de organoclorados altamente persistente no meio ambiente (Chung e Chen, 2011).

No Brasil o ingrediente ativo do lindano foi proibido considerando sua alta toxicidade, a provável carcinogenicidade para humanos, os efeitos do produto preservante de madeira sobre o sistema nervoso central, as interferências da capacidade oxidativa hepática, sua persistência no ambiente e a tendência mundial para banir ou impor severas restrições ao uso deste ingrediente ativo (BRASIL, 2006).

Organofosforados

Organofosforados (ORFs) e carbamatos (CMs) são produtos usados em atividades agropecuárias como inseticidas para lavouras e antiparasitários para animais (Barros et al. 2006) e em sistemas hidráulicos industriais, lubrificantes de alta temperatura, em plastificantes e retardantes de fogo (Gupta, 2006).

Quando aplicados de forma inadequada na lavoura, essas substâncias podem contaminar cursos de água, além de gerarem resíduos em produtos agrícolas. Animais que ingerem água ou alimentos contendo essas substâncias podem depositá-las na gordura e músculos, podendo ser encontradas também no leite (Nero et al., 2007).

Existem muitos organofosforados, com milhares de nomes comerciais, como dimetoato, paration e ometoato, a maioria dos quais têm sido utilizados para o controle de insetos em ambientes residenciais e agricultura (Zhou, 2011). A toxicidade aguda dos organofosforados é devido à inibição da enzima acetilcolinesterase, cuja função é hidrolisar a acetilcolina, e por isso resulta na acumulação de acetilcolina que é liberada nas fendas sinápticas do sistema nervoso autônomo, sistema nervoso central e nas junções neuromusculares (Rocha Júnior et al., 2004). O resultado é a progressão dos sinais de toxicidade, incluindo aumento de secreções, convulsões, dificuldade respiratória, coma e morte (Zhou, 2011).

No entanto, a ampla utilização de organofosforados deu origem a grande preocupação pública sobre a sua toxicidade crônica. Em geral, a exposição prolongada pode ser dividido em exposição ocupacional e exposição não-ocupacional. O primeiro envolve frequentemente população agrícola e trabalhadores empregados em indústrias relacionadas com agrotóxicos. E o último é mais para a população em geral, potencialmente expostos a organofosforados através de um número de diferentes rotas, incluindo dieta, estilo de vida ou medicinal (Zhou, 2011).

Pesquisas indicaram que, além da síndrome colinérgica aguda que leva a morte imediata, existem várias síndromes neurológicas como resultado da exposição crônica aos organofosforados: síndromes colinérgicas intermediárias, tardia e comportamental. Os efeitos comportamentais em consequência de sequelas de intoxicação aguda ou da exposição crônica a baixas concentrações de organofosforados incluem vigilância prejudicada, concentração diminuída, lentidão no processamento da informação e da velocidade psicomotora, déficit de memória, distúrbios linguísticos, depressão, ansiedade e irritabilidade, destacando-se a alta evidência de que indivíduos cronicamente expostos aos organofosforados tenham ideias suicidas (Rocha Júnior, 2004).

Outros sintomas incluem queimação ou formigamento da pele, formigamento ou dormência das mãos e rosto, espasmos musculares ou câibras na face, pescoço, braços e pernas; sintomas respiratórios como dor no peito, congestão no peito, tosse, coriza, chiado, falta de ar, dor de garganta, sudorese excessiva, náuseas, vômitos, diarreia, excesso de salivação, dor abdominal, lacrimejamento e inflamação dos olhos, dificuldade em ver, inquietação, dificuldade em adormecer, tremores nas mãos e irritabilidade. Em população com maior exposição de agricultores expostos a organofosforados na China encontrou-se maior prevalência de esteatose hepática, pior qualidade de sono e maior índice de estresse, maiores alterações em eletrocardiogramas e arritmias cardíacas. Trabalhadores com 5 a 10

anos de exposição a organofosforados também mostraram maior percentual de hemoglobina anormal, que estavam relacionados a atividade da acetilcolinesterase (Zhou, 2011).

Agricultura e redução do uso de agrotóxicos

Uma técnica acessível para detectar um possível problema de contaminação do ecossistema, por ser de baixo custo e de fácil realização (Nunes e Vidal, 2009), é a utilização de bioindicadores. Esses são organismos, animais ou vegetais, com potencial de sofrer alterações nas suas funções vitais ou composição química, indicando a presença de determinado contaminante no ambiente (Schreiber et al., 2013).

O mundo precisa de mudanças para garantir alimentos e preservar a saúde do solo (potencial produtivo do solo), abalada pelos restos da era industrial (Pinotti e Santos, 2013). As preocupações com o uso de produtos químicos e sua relação com a preservação do solo, resistência de patógenos a fungicidas utilizados, o aumento em demanda por parte dos consumidores de alimentos sem resíduos deixados pela aplicação de agroquímicos, incentiva estratégias e alternativas para métodos de controle de doenças em várias culturas, dentre eles, inclui o controle biológico (Lopes, 2009; Morandi, 2003). O controle biológico de doenças de plantas, basicamente, consiste em selecionar os microrganismos a serem utilizados no controle ou supressão de agentes patogênicos que causam doenças em plantas (Pinotti e Santos, 2013). Assim, a redução de pragas e doenças em plantas pela utilização de métodos de controle biológico, reduz-se a utilização de agrotóxicos.

Outro fator importante para um futuro menos agressivo é o incentivo à produção mais limpa, como a produção orgânica, o manejo integrado e a utilização de agentes de controle biológico para a redução de danos no campo, diferentes formas de agregar valor ao seu produto, pode-se pensar em uma agricultura mais sustentável, que mantenha os níveis de produtividade, garantindo alimentação para a população, sem elevar os níveis de contaminação ambiental nem prejudicar a saúde humana.

Entre os controles alternativos de fungos destacam-se o potencial dos extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de antracnose de frutos de goiaba, cujos resíduos de fungicidas nos frutos impedem a exportação (Rozwalka et al., 2008).

Compostos secundários presentes em plantas, principalmente de plantas medicinais, podem desempenhar funções importantes em interações planta-patógenos, e desencadear ações antimicrobiana direta sobre determinado patógeno ou indireta, por meio da ativação de mecanismos de defesa (atividade elicitora de fitoalexinas) de outras plantas que venham a ser

tratadas com esses compostos. Esses efeitos eliminam ou reduzem principalmente as doenças provocadas por fungos nas plantas, e com isso, elimina a necessidade de uso de agrotóxicos (nesse caso fungicida) nas plantas afetadas (Bonaldo et al., 2004).

Como exemplo de compostos com atividade antifúngica direta em fungos de arroz, soja, feijão e milho, destacou-se o óleo essencial de cravo-da-índia (Amaral e Freitas, 2005). Como indutor de resistência destacou-se o extrato de eucalipto como agente potencial para o controle da antracnose em pepino (Bonaldo et al., 2004).

Várias outros extratos aquosos pesquisados de plantas medicinais e aromáticas com efeitos fungitóxicos sobre fitopatógenos destacaram-se: alecrim (*Rosmarinus officinalis*), alfavaca/manjeriço (*Ocimum basilicum*), bardana (*Articum lappa*, *A. minus*), calêndula (*Calendula officinalis*), camomila (*Chamomila recutita*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*), cavalinha (*Equisetum sp.*), espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*), funcho (*Foeniculum vulgare*), gengibre (*Zingiber officinale*), hortelã (*Mentha piperita*), lípia (*Lippia alba*), marcela (*Achryrocline satureoides*), quebra-pedra (*Phyllanthus sp.*), sabugueiro (*Sambucus nigra*), tansagem (*Pantago australis*, *P. major*) e tagetes (*Tagetes minuta*), que são espécies indicadas para cultivo na Região Centro-Sul, em função das condições de solo e clima. Além de extratos de cravo-da-Índia (*Syzygium aromaticum*), folhas de goiabeira (*Psidium guajava*) e laranja (casca) (*Citrus sinensis*) (Rozwalka et al., 2008).

Óleos essenciais de folhas de óleos essenciais, folhas de capim limão (*Cymbopogon citratus* DC. Stapf), eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook), menta (*Mentha arvensis* L.) e estragão (*Artemisia dracunculus* L.) destacaram-se no controle do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, causador da antracnose no mamão na pós-colheita (Carnellosi et al., 2009).

Kupper et al. (2009) destacaram o efeito de três isolados de *Bacillus subtilis* e três isolados de *Trichoderma spp.*, além de dois biofertilizantes em diferentes concentrações quanto a capacidade de inibir o crescimento do fungo *Colletotrichum acutatum*, que promove a queda prematura dos frutos cítricos (QPFC). Ressalta-se que o controle da QPFC é feito com fungicidas em geral a base de carbamatos, portanto um agrotóxico que eleva o custo de produção e afeta negativamente o meio ambiente.

O estudo de compostos de plantas medicinais para induzir resistências em cereais, hortaliças e frutas, bem como o controle biológico e o manejo integrado de pragas e doenças, são áreas de pesquisa que são promissoras e necessitam de estímulo à pesquisa, pois podem substituir o uso de agrotóxicos no controle de doenças e pragas nas plantas, por meio da indução de resistência ou por meio de competição com outros microrganismos ou predadores naturais de pragas.

Para atender à procura, cada vez maior, de produtos e alimentos livres de resíduos deixados pelas aplicações de agrotóxicos, o controle biológico de pragas e doenças constitui-se uma importante alternativa, contudo, o sucesso do controle de fitopatógenos e da promoção de crescimento por bioagentes dependerá das propriedades e mecanismos de ação do organismo (Machado et al., 2012)

A utilização de agrotóxicos pareceu, na maioria dos casos, tentar maximizar a eficiência econômica e aumentar a produtividade rural, trazendo benefícios socioeconômicos adicionais. Porém, assumindo como verdadeira a relação inversa entre eficiência econômica e justiça socioambiental, seria necessário que algumas comunidades aceitassem disposição a aceitar certa quantidade de risco socioambiental adicional ocasionado pela utilização de agrotóxicos (Veiga, 2007).

A transição para uma agricultura agroecológica deve ser entendida como um processo gradativo em que diversas dificuldades deverão ser enfrentadas, uma vez que o agricultor, seja ele o grande produtor, seja o agricultor familiar, sente-se seguro com os agrotóxicos. Não deve ser deixado de lado que qualquer estratégia produtiva que o agricultor adote deve primar por maximizar a produção, de forma a atender as demandas da subsistência e do mercado e garantir alguma lucratividade. Caso contrário, fracassaremos mais uma vez (Waichman, 2012).

Referências

ALVES, M. I. R.; FILHO, N. R. A.; OLIVEIRA, L. G.; FURTADO, S. T. F. 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.

BONALDO, S.M.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.; STANGARLIN, J.R.; TESSMANN, D.J.; SCAPIM, C.A. Fungitoxicidade, atividade elicitora de fitoalexinas e proteção de pepino contra *Colletotrichum lagenarium*, pelo extrato aquoso de *Eucalyptus citriodora*. **Fitopatologia brasileira**, v. 29, n. 2, 2004.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A química dos agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, v. 34, n.1, p. 10-15, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 21 de agosto de 2006. **Resolução RDC nº 165, de 18 de agosto de 2006**. Ficam proibidos todos os usos do Ingrediente Ativo Lindano no Brasil. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/c99bf100474595769d6bdd3fbc4c6735/lindano.pdf?mod=ajperes>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430/2011, de 16 de maio de 2011. **Dispõe sobre condições e**

padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério do Meio Ambiente, DF, 17 mai. 2011. Nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 17 out. 2013.

CARLOS, E. A.; ALVES, R. D.; QUEIROZ, M. E. L. R.; NEVES, A. A. J. B. 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.

CARNELOSSI, P.R.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; CRUZ, M.E.S.; ITAKO, A.T., MESQUINI, R.M. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.11, n.4, p.399-406, 2009.

CISCATO, C. H. P.; SOUZA, G. S.; BARBOSA, C. M.; GEBARA, A. B. Pesticide residues evaluation in brazilian basic diet: rice and bean. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 22, p. 1-6, jan./dez. 2012.

CHUNG, S. W. C. & CHEN, B. L. S. Determination of organochlorine pesticide residues in fatty foods: A critical review on the analytical methods and their testing capabilities. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n.33, p. 5555–5567, 2011.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

FERREIRA, A.P.; CUNHA, C.L.N.; WERMELINGER, E.D.; SOUZA, M.B.; LENZI, M.F.; MESQUITA, C.M.; JORGE, L.C. Impactos de pesticidas na atividade microbiana do solo e sobre a Saúde de agricultores. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, p. 309-321, 2006.

FIGUEIREDO, J.; NETO, G. G. Aspectos da percepção ambiental de um grupo de empresários de Sinop, mato grosso, Brasil. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 22, 2009.

FLORES, A. V.; Ribeiro, J. N.; Neves, A. A.; Queiroz, E. L. R. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, 2004.

FONTENELE, E. G. P.; MARTINS, M. R. A.; QUIDUTE, A. R. P.; MONTENEGRO JÚNIOR, R. M. Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 54, n. 1, Feb., 2010.

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.

GARCIA, E. G.; BUSSACOS, M. A.; FISHER, F. M. Impacto da legislação no registro de agrotóxicos de maior toxicidade no Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 39, n. 5, p. 832-9. 2005.

GAVRILESCU, M. Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. **Engineering in Life Sciences**, v.5, n.6, p.497-526, 2005.

GUPTA, R. C. **Toxicology of Organophosphate and Carbamate Compounds**. San Diego: Elsevier Academic Press, 2006. p.3-4

IRACE-GUIGAND, S.; AARON, J. J.; SCRIBE, P.; BARCELO, D. A comparison of the environmental impact of pesticide multiresidues and their occurrence in river waters surveyed by liquid chromatography coupled in tandem with UV diode array detection and mass spectrometry. **Chemosphere**, v.55, n.7, p. 973-981, 2004.

KANG, J.H., CHANG, Y.S. **Organochlorine pesticides in human serum**. In: **Pesticides – Strategies for Pesticides Analysis**. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/12955/InTech-Organochlorine_pesticides_in_human_serum.pdf>. Acesso em 26/10/2013.

KÖCK-SCHULMEYER, M.; VILLAGRASA, M.; ALDA, M. L.; CÉSPEDES-SÁNCHEZ, R.; VENTURA, F. Occurrence and behavior of pesticides in wastewater treatment plants and their environmental impact. **Science of the Total Environment**, v. 458–460, p. 466–476, 2013.

KUPPER, K.C.; BELLOTE, J.A.M.; GOES, A. Controle alternativo de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, p.1004-1015, 2009.

LOPES, R. B. **A indústria no controle biológico**: produção e comercialização de microrganismos no Brasil. In Biocontrole de doenças em plantas: Uso e perspectivas. BETTIOL.W. & MORANDI.M. cap 2. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 341 2009

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, jun., 2012.

MISHRA, K.; RAMESH, C. S.; SUDHIR, K. Contamination levels and spatial distribution of organochlorine pesticides in soils from India **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, p. 215–225, 2012.

MORANDI, M. A. B.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G.; ALFENAS, A. C.; BARBOSA, J. G. Supression of *Botrytis cinérea* sporulation by *Clonostachys rosea* on rose debris. A valuable component B. blight management in commercial greenhouses. **Biological Control**, v. 26, n. 3, p. 311-317, 2003.

NERO, L. A.; MATTOS, M. R.; BELOTI, V.; BARROS, M. A. F.; NETTO, D. P.; FRANCO, B. D. G. M. Organofosforados e carbamatos no leite produzido em quatro regiões leiteiras no Brasil: ocorrência e ação sobre *Listeria monocytogenes* e *Salmonella spp*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, Mar., 2007.

NUNES, A. L.; VIDAL, R. A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.19, n.1, p.19-28, 2009.

PEDLOWSKI, M. A.; CANELA, M. C.; TERRA, M. A. C.; FARIA, R. M. R. Modes of pesticides utilization by Brazilian smallholders and their implications for human health and the environment. **Crop Protection**, v. 31, n.1, p. 113–118, 2012.

PINOTTI, M. M. Z.; SANTOS, J. C. P. From the ancient times of the agriculture to the biological control in plants: a little of the history. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1797-1803, 2013.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impactos sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, jul./dez., 2009.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v. 30, n. 3, Jun., 2007.

ROCHA JÚNIOR, D. S.; BOTELHO, J.O.B.; FIOL, F.S.D.; OSHIMA-FRANCO, Y. Síndromes neurológicas induzidas por praguicidas organofosforados e a relação com o suicídio. **Saúde em Revista**, v. 10, n.1 4, p. 53-60, 2004.

ROZWALKA, L. C.; LIMA, M. L. R. Z. C.; MIO, L. L. M., NAKASHIMA, T. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from guava fruits. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, 2008.

SCHREIBER, F.; AVILA, L. A.; SCHERNER, A.; MOURA, D. S.; HELGUEIRA, D. B. Plantas indicadoras de clomazone na fase vapor. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, 2013.

VALERO, P.F.; PESTANO, J.J.; LUZARDO, O.P.; ZUMBADO, M.L. ALMEIDA, M.; BOADA, L.D. Differential effects exerted on human mammary epithelial cells by environmentally relevant organochlorine pesticides either individually or in combination **Chemico-Biological Interactions**, v.180, n.3, p.485–491, 2009

VEIGA, M. M., Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciência e saúde coletiva**, v. 12, n. 1, 2007.

WAICHMAN, A. V. A problemática do uso de agrotóxicos no Brasil: a necessidade de construção de uma visão compartilhada por todos os atores sociais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, 2012.

ZHOU, Z. J. Health problem caused by long-term organophosphorus pesticides exposures – study in China. In: Pesticides in the Modern World – Effects of Pesticides Exposure. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/19593/InTech-Health_problem_caused_by_long_term_organophosphorus_pesticides_exposure_study_in_china.pdf>. Acesso em: 26/10/2013.

Recebido para publicação em: 29/10/2013

Aceito para publicação em: 23/03/2014