XIII ENCONTRO INTERNACIONAL DO CONPEDI URUGUAI – MONTEVIDÉU

DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIETALISMO II

ROSÂNGELA LUNARDELLI CAVALLAZZI

JERÔNIMO SIQUEIRA TYBUSCH

Copyright © 2024 Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria – CONPEDI
Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU – São Paulo
Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC – Santa Catarina
Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa – Pará
Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG – Goiás
Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos – Rio Grande do Sul
Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio – Rio de Janeiro
Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:
Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão
Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais
Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Fernando Passos – UNIARA - São Paulo
Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo
Secretarias
Relações Institucionais:
Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná
Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia
Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal
Comunicação:
Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina
Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe
Relações Internacionais para o Continente Americano:
Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão
Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM – São Paulo
Relações Internacionais para os demais Continentes:
Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará
Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul
Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI – Santa Catarina
Eventos:
Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo
Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina
Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Membro Nato – Presidência anterior Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa – UNICAP – Pernambuco

D597
DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIETALISMO II
[Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI
Coordenadores: Rosângela Lunardelli Cavallazzi, Jerônimo Siqueira Tybusch – Florianópolis: CONPEDI, 2024.
Inclui bibliografia
ISBN: 978-65-5648-987-2
Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações
Tema: ESTADO DE DERECHO, INVESTIGACIÓN JURÍDICA E INNOVACIÓN
1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – 2. Direito ambiental. 3. Socioambientalismo. XIII ENCONTRO INTERNACIONAL DO CONPEDI URUGUAI – MONTEVIDÉU
(2: 2024 : Florianópolis, Brasil).
CDU: 34



Conselho Nacional de Pesquisa
e Pós-Graduação em Direito Florianópolis
Santa Catarina – Brasil
www.conpedi.org.br

XIII ENCONTRO INTERNACIONAL DO CONPEDI URUGUAI – MONTEVIDÉU

DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIETALISMO II

Apresentação

O Grupo de Trabalho Direito Ambiental, Agrário e Socioambientalismo II já possui tradição de mais de 10 anos em eventos internacionais e nacionais do CONPEDI. Nesse XIII Encontro Internacional, realizado na cidade de Montevidéu, os trabalhos apresentados no grupo demonstraram nítida abrangência interdisciplinar e intercultural, com qualidade e profundidade nas pesquisas desenvolvidas. As temáticas, entre outras, abrangeram: Comunidades Quilombolas, Educação Ambiental, Atividade Mineradora, Governança Multinível e Compartilhada, Política Nacional de Recursos Hídricos, Turismo de Massa, Biorremediação, Desenvolvimento Sustentável, Licenciamento Ambiental, Energia Eólica, Ecologia Profunda, Projetos Escolares, Catástrofe Climática, Racismo Ambiental, Direito das Crianças e Tratamento de Esgoto. Os pesquisadores apresentadores são oriundos de diversos Programas de Pós-graduação em Direito e áreas afins de todo o Brasil, formando uma rede consistente para difusão de projetos e trabalhos produzidos na área do Direito Ambiental e Agrário. Boa Leitura.

BIORREMEDIAÇÃO DO SOLO ASSOCIADO AO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS: IMPORTANTE ESTRATÉGIA DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO BRASIL

SOIL BIOREMEDIATION COMBINED WITH BIOLOGICAL PEST CONTROL: AN IMPORTANT PUBLIC POLICY STRATEGY FOR THE RECOVERY OF DEGRADED AREAS IN BRAZIL

Luciana Nascimento Souza Werner [1]

Resumo

Neste artigo é explorado a importância de olhar para o solo que precisa de recuperação. Essa situação é preocupante devido a grande quantidade de território devastado pelo capitalismo agrícola. Com a difusão do pacote tecnológico da Revolução Verde, em meados do século XX, aconteceu um grande aumento da degradação ambiental e a produção de riscos ao uso do solo para o desenvolvimento da agricultura. Porém, atualmente, com a crise econômica, o Estado aumenta a dívida pública interna para conseguir sustentar o financiamento desse modelo tecnológico. (Ruscheinsky A., 2012). Observa-se então que, além de um problema econômico, existe uma grande preocupação em diminuirmos os impactos ambientais causados pela grande quantidade de agrotóxicos lançados ao solo dentre outros tipos de ações antropogênicas. Consequentemente, estamos em situações preocupantes devido às mudanças climáticas e, diante disso, vê-se a necessidade de mudanças comportamentais no trato com meio ambiente para um desenvolvimento sustentável, tendo em vista que a produção agrícola precisa continuar devido a grande população para abastecer. O objetivo é trazer informações usando a metodologia de pesquisa bibliográfica documental, para o surgimento de políticas públicas de recuperação do solo de forma sustentável e com custos mais baixos, focando nas técnicas de Biorremediação e o Controle Biológico de Pragas.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Solo, Políticas públicas, Biorremediação, Controle biológico de pragas

Abstract/Resumen/Résumé

This article explores the importance of looking at soil in need of recovery. This situation is worrying due to the large amount of land devastated by agricultural capitalism. With the spread of the Green Revolution technological package in the mid-twentieth century, there was a great increase in environmental degradation and the production of risks to the use of soil for the development of agriculture. However, with the current economic crisis, the state is increasing its domestic public debt in order to sustain the financing of this technological model (Ruscheinsky A., 2012). We can see that, in addition to an economic problem, there is a great concern about reducing the environmental impacts caused by the large amount of

[1] Mestranda em Direito Ambiental pela Escola Superior Dom Helder Câmara. Licenciada em Ciências Biológicas pela Fafile/UEMG.

pesticides released into the soil, among other types of anthropogenic actions. As a result, we are in worrying situations due to climate change, and in view of this, there is a need for behavioral changes in dealing with the environment for sustainable development, bearing in mind that agricultural production needs to continue due to the large population to supply. The aim is to provide information using the methodology of documentary bibliographical research, for the emergence of public policies for soil recovery in a sustainable way and at lower costs, focusing on Bioremediation techniques and Biological Pest Control.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Pesticides, Soil, Public policies, Bioremediation, Biological pest control

1 Introdução

O aumento da população humana consequentemente trouxe o aumento do cultivo para abastecimento alimentar. Desenfreadamente houve um grande comprometimento do solo para aumentar os cultivos e sem maturidade para pensar nas consequências ambientais. Esse processo é o resultado de um movimento, nas décadas de 1950 a 1960, para aumentar a produção agrícola com práticas intensivas e tecnologias modernas. Esse movimento foi intitulado Revolução Verde, em 1968, pelo cientista estadunidense William Gaud. Foi positivo pois garantiu o desenvolvimento tecnológico da agricultura, a redução da fome e da pobreza em determinadas regiões. Porém, houve o uso intensivo de fertilizantes químicos, pesticidas e herbicidas e consequentemente o aumento dos impactos ambientais, degradação do solo, contaminação da água e perda de biodiversidade. Além do aumento da dependência dos agricultores em insumos agrícolas caros, muitas vezes controlados por grandes empresas.

Entretanto, atualmente, esse modelo tecnológico difundido pela Revolução Verde, enfrenta dificuldades dentro do próprio capitalismo. Em período de recessão da economia, de crise fiscal, de abertura da economia, o Estado aumenta a dívida pública interna para conseguir sustentar o financiamento desse modelo tecnológico. Sem apostar no significado de dualidade, sem dúvida existe um conflito expresso ou implícito, de um lado o agronegócio com uso intensivo de químicos como os agrotóxicos e de outro a produção orgânica a partir de uma ciência em diálogo com o ecossistema. Ademais, os problemas com a escassez de bens naturais vêm se agravando, setores sociais pautam suas demandas pela ótica ambientalista, e os consumidores estão se tornando mais exigentes quanto à certificação ambiental. (Ruscheinsky A., 2012).

De acordo com Altieri: “A agroecologia tem sido difundida na América Latina, e no Brasil em especial, exatamente como esse padrão técnico-agronômico, capaz de orientar as diferentes estratégias de desenvolvimento rural sustentável, avaliando as potencialidades dos sistemas agrícolas por meio de uma perspectiva social econômica. (Altieri M., 1998).

Impende citar que a Constituição Federal definiu a função social da propriedade rural, incluindo a proteção do meio ambiente. Essa medida não deixa de provocar um conflito entre a necessidade de um uso sustentável do solo e de outros recursos ambientais e desenvolvimento do agronegócio, que, ao mesmo tempo em que atinge cifras inimagináveis nos mercados interno e internacional, apresenta-se como um risco concreto a observância do desenvolvimento

sustentável, inscrito no *caput* do art. 225 da CF/88 e no art. 1.228 do Código Civil. Não que o agronegócio seja necessariamente conflitante com a proteção ambiental. É perfeitamente possível o equilíbrio entre ambos. O que causa o conflito é uma busca desenfreada pelo lucro, sem considerar quaisquer outras variáveis ambientais, culturais e sociais, entre outras. (Granziera, 2019). Ainda, a autora continua explanando, que, juridicamente, sob os preceitos constitucionais, é obrigação dos agricultores e pecuaristas cumprir regras de proteção ambiental que também são benéficas para suas propriedades e gerações futuras. Porém, politicamente, os conflitos vêm se acirrando, levando a uma perda de valores ambientais e dando lugar a uma produção agrícola sem limites.

O reconhecimento da natureza antropogênica de muitos dos problemas ambientais contemporâneos destaca a responsabilidade humana na sua mitigação e resolução. Isso implica a necessidade de políticas públicas, práticas sustentáveis e mudanças comportamentais para reduzir os impactos negativos das atividades humanas no meio ambiente e promover a sustentabilidade.

O objetivo deste artigo é apresentar informações e discussões dos pontos positivos de forma clara para facilitar o entendimento de qualquer pessoa que se interessar por técnicas sustentáveis. Também despertar o interesse de estudos acerca dos usos de resíduos orgânicos na redução da contaminação ambiental dos agrotóxicos. Dessa forma, serão apresentadas dois tipos de técnicas da agroecologia que também terá a finalidade de incentivar o Estado em suas políticas públicas e as empresas ambientalmente sustentáveis, a adotar estratégias de investimentos científicos e tecnológicos em grande escala para atender grandes áreas, usando-as concomitantemente de forma que possam ser importantes para recuperação e restauração de solos devastados pela agricultura, além de serem duas vias economicamente menos onerosas ao poder público que se encontra nessa crise econômica. São técnicas mais baratas principalmente comparadas ao grande investimento que o governo tem feito para financiar o plantio com o uso de insumos químicos. Nesse contexto, serão discutidos pontos positivos sobre a Biorremediação e Controle biológico de pragas.

A biorremediação é um processo que utiliza organismos vivos, como bactérias, fungos, plantas ou suas enzimas, para eliminar ou neutralizar contaminantes presentes no meio ambiente, como no solo, na água ou no ar, nesse caso será discutida somente a aplicabilidade da técnica no solo. É eficaz para lidar com a poluição ambiental, pois muitas vezes é menos invasiva e mais econômica do que métodos tradicionais de remediação.

O controle biológico de pragas é uma estratégia que utiliza organismos vivos, como predadores, parasitas, patógenos ou competidores naturais, para reduzir a população de pragas que causam danos às plantas, culturas agrícolas ou ambientes urbanos. Pode ser uma parte importante da agricultura sustentável e da gestão integrada de pragas, reduzindo a dependência de pesticidas químicos e minimizando os impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana.

O artigo se desenvolve usando a metodologia de revisão bibliográfica e documental, com a aplicação de análise de conteúdo, trazendo conceitos básicos, normas e regulamentações ambientais do uso do solo, dos agrotóxicos, do desmatamento em função da agricultura e políticas públicas existentes, porém ainda pouco ou talvez nada atuante em relação à realidade ambiental em que nos encontramos. Além disso, pontos positivos e negativos da Biorremediação e do Controle Biológico de pragas.

Por fim, o artigo conclui que mesmo com alguns pontos negativos que a Biorremediação e o Controle biológico de Pragas possam trazer, ainda assim são reversíveis e são menores em relação ao uso inconsciente do agrotóxico levando a devastação do solo na agricultura. As técnicas mostram-se viáveis economicamente e sustentáveis trazendo uma qualidade do solo para o plantio e principalmente evitará o desmatamento de mais áreas devido a reparação do mesmo.

2 Agrotóxicos, aumento da produtividade de forma simultânea ao crescimento dos impactos aos seres vivos e áreas

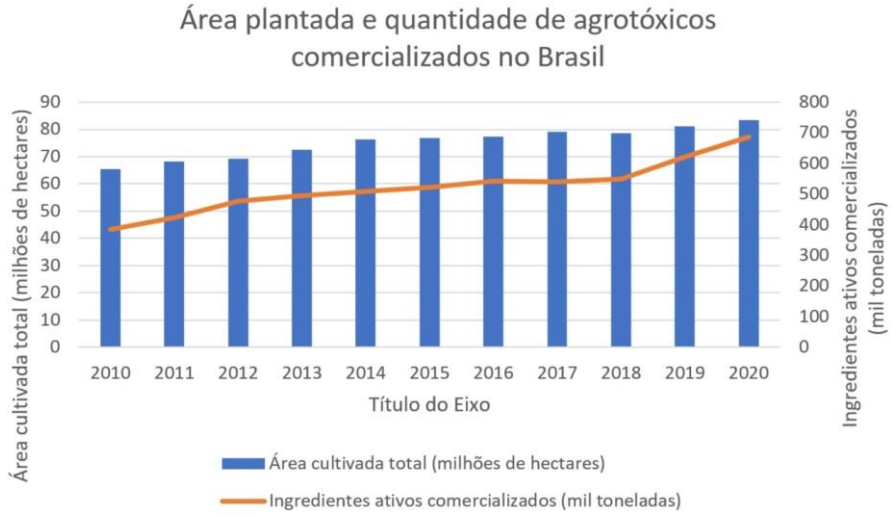
São muitos os riscos e desvantagens do uso do agrotóxico no ambiente e diante disso cabe ao poder público utilizar de forma mais eficaz a regulamentação que já existe da utilização dessas substâncias que mais que comprovadamente além do solo tem sido nocivo à saúde humana. A Constituição Federal determina que as atividades de produção, comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que possam representar um risco para a qualidade da vida humana e para o meio ambiente devem ser controlados e monitorados pelo poder público (Constituição Federal/88, art. 225, parágrafo 1°).

De acordo com a lei N.° 7.802, de 11 de junho de 1989, regulamentada pelo decreto N.° 4.074 de janeiro de 2002:

> [...] Art. 2º Para os efeitos desta Lei, consideram-se:
> I - agrotóxicos e afins:

> 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;
> II - componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins.

Dentre as informações mais importantes em relação ao consumo mundial desses insumos químicos, a América Latina se destaca (Rossetti et al., 2020) e dentre esses países o Brasil se destaca como dos maiores produtores de alimento do mundo, tendo a agricultura como base de sua economia (Oliveira et al., 2018), com esses dados percebe-se a utilização de agrotóxicos de forma exacerbada causando um desequilíbrio impactante no ambiente, mais evidente no solo, que além de contaminado pode causar toxicidade, alterações de ph, infertilidade, alteração da matéria orgânica, dentre outras consequências alterando a dinâmica dos seres vivos. O destino e comportamento dos agrotóxicos no solo são através da adsorção-dessorção, degradação, lixiviação e escoamento (Rasoll et al., 2022).



(https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de-aplicacao/aspectos-gerais/cenario-atual-do-uso-dos-agrotoxicos_479334.html)

De acordo com o gráfico, no intervalo de 10 anos, foram aproximadamente 85 milhões de hectares de área cultivada com aproximadamente 700 mil toneladas de agrotóxicos comercializados. Além do aumento do uso de agrotóxicos, existe a discussão que a dependência da agricultura a esses compostos pode ser relacionada ao aumento da resistência das pragas a serem combatidas com esses produtos, além do desequilíbrio do solo tanto em aspectos ecológicos quanto em queda de fertilidade. (Jornal da USP, 11/12/2023)

Em contrapartida, de um lado temos o agronegócio com o uso intensivo de agrotóxicos e do outro, a agroecologia como produção orgânica a partir de uma ciência em diálogo com o ecossistema. (Ruscheinsky A., 2012). Nesse momento de tantas discussões devido a preocupação do impacto ambiental e as consequências evidentes, espera-se atitudes governamentais para tentar diminuir os insumos químicos e aumentar estratégias sustentáveis.

3 Agricultura e desmatamento versus Proteção ambiental e desenvolvimento sustentável

A porcentagem de áreas desmatadas ilegalmente pelo agronegócio também aumentou, de 3,5 milhões de hectares por ano entre 2000 e 2012 para pelo menos 4,5 milhões de hectares anuais entre 2013 e 2019, um crescimento de 28%.(DUDA MENEGASSI, 20 de maio de 2021).

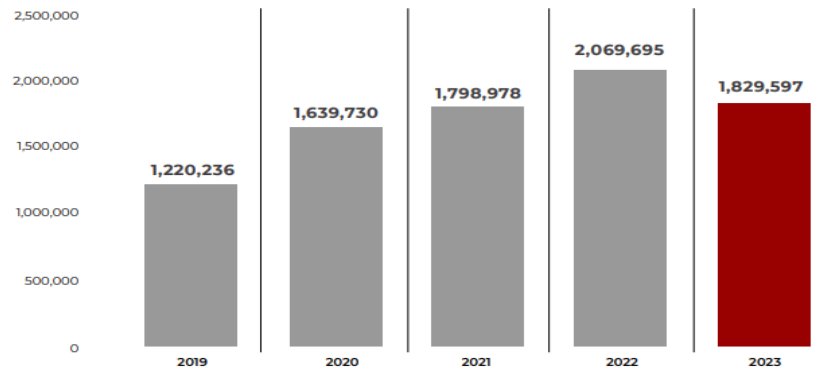


Figura ES Deforestation in Brazil in the last five years in area (hectares).

(https://storage.googleapis.com/alerta-public/rad_2023/RAD2023_COMPLETO_FINAL_28-05-24.pdf)

A agropecuária respondeu por quase 96% do desmatamento no Brasil em 2022, consolidando-se como o principal vetor de supressão de vegetação nativa, entre outros vetores como garimpo, mineração, causa natural, expansão urbana e outros.[1]

4 Solo: regulamentação para uso, porém, ineficácia na fiscalização

Tanto as leis quanto às normativas que conduzem o processo de regulamentar o uso dos agrotóxicos, a princípio parece que não interagem com o solo ao analisar a grande descaracterização do mesmo durante todos os anos. A eficácia da regulamentação e fiscalização para fazer valer cada parágrafo é contraditório com o tipo de solo que encontramos atualmente com o uso da agricultura. As regras jurídicas não têm enfatizado a importância do solo para o

[1] Disponível em: https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/m1d00040.pdf

desenvolvimento dos seres vivos. Esquece que independente da grande capacidade do solo na produção de alimentos em grande escala, existe uma camada extremamente frágil e pequena que é a parte cultivável. Segundo a normativa (Resolução CONAMA 420-09, art. 3)" a proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la de forma compatível com os usos previstos¨. Além disso, independentemente de seu domínio ser público ou privado, o solo, como recurso ambiental, assim considerado pela Política Nacional do meio Ambiente (Lei n 6.938-81, art.3, V), implica a obrigação do poder público e da sociedade de protegê-lo, na medida em que compõe o meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo. (Granziera, 2019). Diante do exposto resta procurar estratégias sustentáveis de recuperar e restaurar solos devastados pela agricultura a fim de evitarmos mais áreas desmatadas e não ser preciso procurar solos com camadas saudáveis para o plantio levando a um ciclo cada vez mais impactante ao ambiente. As consequências já estão drásticas e não temos mais tanto tempo para mudarmos esse comportamento inconsciente a fim de evitarmos maiores catástrofes.

5 Políticas públicas ambientais pouco estratégicas e sem aplicabilidade sustentável

Podemos incluir nas políticas públicas a capacidade de regulamentação ambiental através de leis, normas e regulamentos. Conservação e usos sustentáveis dos recursos naturais. Implementação de fontes de energia renováveis e adaptação aos impactos das mudanças climáticas. Educação e sensibilização ambiental. Participação em acordos e tratados internacionais para enfrentar desafios ambientais globais.

A Comissão Interministerial Permanente de Prevenção e Controle do Desmatamento foi instituída pelo Decreto nº 11.367, de 1º de janeiro de 2023. Ela é presidida pela Casa Civil da Presidência da República, responsável por implementar o Programa de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas no Brasil (PPCD), e cabe ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima exercer a função de secretaria-executiva. As competências que vamos focar dessa comissão para a discussão desse artigo são:

> [...] V - garantir que contribuam para a conservação da diversidade biológica e a redução das emissões de gases de efeito estufa resultantes do desmatamento, da degradação das florestas e das queimadas; e
> VI - acompanhar a elaboração e a implementação de políticas públicas relacionadas aos Planos de Ação, que visem à proteção ambiental, à preservação da natureza e ao desenvolvimento sustentável do País, por meio de ações coordenadas com Estados, Distrito Federal e Municípios.

Porém, a ineficácia das competências citadas acima estão mais que comprovadas devido aos grandes números de desmatamento que assolam o Brasil. Os órgãos de fiscalização estão desfalcados para uma área tão grande, e o interesse de fiscalizar de forma ativa a situação são muito rasas. Existe uma preocupação em alertar e produzir informações da situação atualizada, porém a aplicabilidade em fazer valer as leis são morosas e dão pouco retorno ao ambiente.

Apesar de tantas informações negativas em relação a ineficiência por parte do poder público, novos direcionamentos vêm surgindo por parte do Ministério do meio ambiente unindo forças atualmente com o Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Mas, não podemos deixar de observar um grande movimento Nacional e internacional principalmente do setor privado incluindo gestores de ativos, possíveis emissores e formuladores de políticas públicas com interesse na agricultura sustentável, além de investimento em finanças verdes.

> [...] novos decretos e atos do Governo Federal voltados para a preservação ambiental e alterações climáticas. Dentre eles, a assinatura de protocolo de intenções envolvendo pesquisa e tecnologias, entre o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O protocolo busca reunir esforços necessários para fortalecer a pesquisa, inovação, geração de conhecimentos e tecnologias voltadas ao controle do desmatamento, degradação florestal e incêndios florestais; promoção da restauração florestal, da conversão de pastagens degradadas, da regularização ambiental e da conectividade de áreas protegidas; fomento ao desenvolvimento florestal sustentável, promoção da bioeconomia florestal e mitigação e adaptação à mudança do clima nos biomas brasileiros.[...]Na oportunidade também foi lançado o processo de participação social do Plano Clima na plataforma do Brasil Participativo do Governo Federal, onde a sociedade poderá apresentar contribuições que serão consideradas na construção do Plano Clima. (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024)

6 Biorremediação

Existem dois tipos de remediação: a química e a biológica. Neste artigo será tratado somente a remediação biológica que é economicamente viável em escala comercial, a Biorremediação, é “in situ”, no local que aconteceu a contaminação.

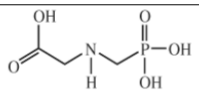
É um processo natural que faz a descontaminação do solo utilizando organismos vivos sem nenhum efeito prejudicial ao meio ambiente. Os microrganismos com capacidade de degradação dos componentes nocivos presentes no solo são eficientes a ponto de permanecer ativo no ambiente garantindo um solo fértil por mais tempo e diminuindo os custos da produção. Essa biotecnologia vem sendo amplamente utilizada em outros países, pois organismos vivos quebram toxinas degradando poluentes e transformando-os em substâncias inertes. Com a prática, os materiais contaminantes são usados como fonte de energia para processos metabólicos de plantas, bactérias e fungos e se tornam fontes de energia e carbono. Em resumo, o que a

biorremediação faz é acelerar a descontaminação, que aconteceria biológica e naturalmente, mas em um período consideravelmente maior. A biorremediação pode ser feita de várias formas, como a fitorremediação, a bioventilação e a bioestimulação, por exemplo. A técnica mais adequada depende de fatores como o estado de contaminação, o agente poluente, o tipo de solo e muito mais.[2]

Através dos estudos de Islas-Garcia et. al (2015) analisou-se a viabilidade da Biorremediação através de parâmetros como a concentração de hidrocarbonetos, de pesticidas organoclorados, nutrientes e microrganismos tolerantes em um solo agrícola. Deste modo, constataram que houve uma diminuição do poluente e um aumento da atividade microbiana indicando que o estimular microrganismos nativos era viável em solo com alta concentração de agrotóxicos e hidrocarbonetos. Inocular ou promover a bioestimulação de microrganismos faz com que a biorremediação seja potencialmente eficaz.

O Glifosato é a molécula com maior participação no mercado do mundo, aparecendo em vários tipos de cultura e está entre os agrotóxicos disponíveis para o uso atualmente é o maior herbicida usado no Brasil. Sendo assim, será apresentado algumas técnicas de biorremediação aplicadas em solos contaminados com essa molécula e seus derivados devido ser usado na maioria dos cultivos de grande importância para economia do país e que ao mesmo tempo através de técnicas convencionais tem causado grandes impactos ao meio ambiente.

O Glifosato pertence ao grupo dos pesticidas organofosforados, de toxicidade relativamente baixa, porém seus derivados quando fabricados com surfactantes tendem a ser mais tóxicos para alguns organismos vivos. O glifosato comercial disponível no mercado é geralmente composto de outros componentes que podem potencializar sua toxicidade (AMARANTE JUNIOR et al., 2002).

Princípio ativo do agrotóxico	GLIFOSATO
Fórmula estrutural	
Nome químico (IUPAC)	N – (fosfonometil) glicina
Fórmula molecular	$C_3H_8NO_5P$
Grupo químico	Glicina substituída
Classe	Herbicida
Funções orgânicas	Ácido Carboxílico, amina
Culturas onde é utilizado	Algodão, ameixa, arroz, banana, cacau, café, cana-de-açúcar, citros, coco, feijão, fumo, maça, mamão, milho, nectarina, pastagens, pera, pêssego, soja, trigo, uva.
Classificação toxicológica	5

Fonte: ANVISA, 2019.

[2] Disponível em: blog.sensix.ag/biorremediacao-solucao-sustentavel-para-solos-contaminados

Existem evidências científicas sobre o seu potencial tóxico a longo prazo, tanto para o ambiente quanto para a saúde, porém, no Brasil, sua comercialização e utilização ainda é liberada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2020). Além destes problemas, os danos ao meio ambiente como contaminação das águas, resistência de plantas, de insetos e microrganismos aos agrotóxicos, são cada vez mais frequentes constituindo-se como um dos mais complexos problemas da agricultura na atualidade (ROUSH; TABASHNIK, 2012).

Será analisada como um dos exemplos o trabalho: Técnicas de Biorremediação de áreas contaminadas por Glifosato na Microrregião de Dourados/MS. Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields e teve como Orientador o Prof. Dra. Karin Guiguer 2020. Esse trabalho disponibilizou os dois tipos de Biorremediação in situ e ex-situ, porém o objetivo deste artigo é evidenciar as possibilidades da Biorremediação in-situ devido o ser mais viável economicamente.

Segue a apresentação do trabalho para compreensão deste artigo:

> [...] A utilização de minhocas (bioaumentação e bioestimulação) em processos de biorremediação tornam os contaminantes disponíveis para os microrganismos presentes no solo. Devido às movimentações das minhocas no solo, as quais geram caminhos para a água, facilitam o contato dos microrganismos com os contaminantes presentes no solo. A ingestão e digestão do solo pelas minhocas aumenta a biodisponibilidade e gera aumento da atividade dos microrganismos (MARTINKOSKY et al., 2017). Elas são adaptáveis, possuem grande capacidade reprodutiva e são resistentes a poluentes orgânicos (HICKMANN, REID, 2008). A média pluviométrica da microrregião de Dourados auxilia na manutenção da umidade do solo, que causa efeito na atividade dos microrganismos. [...] E a utilização de bactérias como Arthrobacter sp. e Ochrobactrum anthropi (bioaumentação e/ou bioestimulação) que obtiveram resultados satisfatórios quanto a alta capacidade de degradação do glifosato e o mais importante é que não há acúmulo o metabólito (Ermakova et al.,2010), sendo necessário adequar o pH e a disponibilidade de nutrientes do latossolo para otimizar e criar um cenário ideal para a atividade dos microrganismos. [...] Aconselha-se a aplicação de técnicas de biorremediação in-situ, devido a extensão das áreas normalmente atingidas e por se tratar de fonte difusa. A combinação de técnicas de bioaumentação e bioestimulação criam o cenário ideal para a degradação do glifosato. (DÉBORA YAMAMOTO BONACINA, 2020)

O Blog Verde traz, diariamente, conteúdos educativos e relevantes sobre o agronegócio, com objetivo de melhorar a saúde de todas as pessoas e a do Planeta. Nesse propósito, trouxe uma importante apresentação atualizada em abril, deste ano 2024, explicando como funciona a Biorremediação do solo promovida pela rizobactéria gram positiva *Bacillus aryabhattai*, que foi isolada e identificada pela primeira vez em 2009 e que tem chamado a atenção dos pesquisadores pela sua versatilidade e capacidade de melhorar o manejo agrícola. Além dos benefícios de crescimento, nutrição e melhoria da resistência das plantas a estresses, foi analisado que a *Bacillus aryabhattai* é capaz de fazer a biorremediação de resíduos herbicidas, como o glifosato e o Paraquat, e de inseticidas organofosforados, como o Paration, dentre outras substâncias. São produtos muito tóxicos e estão associados a diversos problemas para a saúde humana, que incluem hipotireoidismo, doenças renais crônicas, câncer e defeitos congênitos. O aumento dos incidentes de contaminação humana pelo mau uso do Paraquat foi tão acentuado que acabou levando ao banimento do seu ingrediente ativo, no ano de 2017, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

O *Bacillus aryabhattai* utiliza duas rotas para sua degradação do glifosato:

1. atividade da enzima C-P liase, que cliva a ligação de carbono e fósforo presente na molécula do glifosato ou degrada o glifosato em sarcosina, que será posteriormente oxidada.

2. presença da enzima glifosato oxidorredutase (GOX), que é capaz de clivar a ligação de carbono e nitrogênio ao lado da carboxila, produzindo AMPA (ácido aminometilfosfônico) e o glioxilato.

Através de pesquisas envolvendo diferentes ferramentas de bioinformáticas foi constatada a atividade da enzima GOX da rizobactéria *Bacillus aryabhattai*, explicado no artigo Bacillus aryabhattai FACU: A promising bacterial strain capable of manipulate the glyphosate herbicide residues. (Nagwa I. Elarabi). Nesse artigo, constatou-se que a rizobactéria apresentou melhores taxas de crescimento sobre diferentes concentrações de glifosato do que quando sob condições naturais.

Já com o Paration, estudos indicam que essa substância é degradada pela ação de dois principais metabólitos produzidos pelo *B. aryabhattai:* o 4-nitrofenol e 4-nitro catecol ação da biorremediação dos resíduos de inseticidas organofosforados

Outras pesquisas também mostraram que essa rizobactéria é capaz de fazer a biorremediação de solos contaminados com outros tipos de compostos indesejados, como o arsênico e materiais lignocelulósicos, como corantes. O arsênico é uma substância cancerígena que pode ser

encontrada no solo. Mesmo assim, pesquisas indicam que *o B. aryabhattai* é capaz de realizar a conversão dessa substância tóxica e ainda se mantendo viável e metabolicamente ativo durante todo o processo. É o que descrevem Pallab Kumar Ghosh e outros pesquisadores, no artigo *The role of arsenic resistant Bacillus aryabhattai MCC3374 in promotion of rice seedlings growth and alleviation of arsenic phytotoxicity.*

Já no caso da biorremediação de solos contendo materiais lignocelulósicos, como corantes, estudos relacionam a capacidade de degradação desse material pelo *B. aryabhattai* à produção de algumas enzimas específicas. A celulase, lacase, peroxidase e pectinase estão entre as principais enzimas produzidas por essa rizobactéria que apresentam capacidade para degradar compostos dessa natureza. Entretanto, alguns estudos destacam que a produção dessas enzimas depende do atingimento de um limiar mínimo da substância contaminante no solo, para que a resposta desse microrganismo seja provocada. Por isso, o uso de substâncias que aumentam a biodisponibilidade do material contaminante nesse caso, como surfactantes ou tensoativos, pode ser bastante viável. É o que explicam Alicia Paz e outros pesquisadores, no artigo *Biotransformation of phenolic compounds by Bacillus aryabhattai.*

Portanto não há dúvida da eficácia da rizobactéria *B. aryabhattai* na técnica de biorremediação do solo, visto a sua grande resiliência dos agroecossistemas e a grande diversidade de substâncias contaminantes que podem ser degradadas ou imobilizadas pela sua atuação.

7 Controle Biológico de Pragas

O controle biológico é uma técnica capaz de controlar as pragas agrícolas e os insetos transmissores de doenças a partir do uso de seus inimigos naturais, que podem ser outros insetos benéficos, predadores, parasitoides, e microrganismos, como fungos, vírus e bactérias. Sendo uma alternativa poderosa contra o uso de agrotóxicos.

De acordo com a Organização Nacional de Proteção Fitossanitária, para manusear seguramente os agentes de controle biológico quanto à exportação, remessa, importação e liberação dos organismos, deve-se realizar a ARP antes da importação ou liberação dos agentes de controle biológico, assegurar que, ao emitir o certificado de exportação, os requisitos de importação fitossanitário tenham sido atendidos pelas partes contratantes de forma integrada; obter, fornecer e apresentar documentações de forma apropriada, relevante para a exportação,

remessa ou importação de agentes de controle biológico ou outros organismos benéficos; assegurar que os agentes de controle biológico ou outros organismos benéficos são levados diretamente para as facilidades de quarentena designadas ou facilidades de produção em massa ou, se adequado, ser diretamente liberados no meio ambiente; motivar o monitoramento da liberação dos agentes de controle biológico ou outros organismos benéficos de forma a avaliar o impacto sobre o organismo-alvo ou organismos-não-alvos (FAO, 2005).

Sendo assim, baseado nas informações acima a Embrapa, realizou um levantamento de forma a subsidiar o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no levantamento de pragas potenciais para a agricultura brasileira (OLIVEIRA et al., 2002)

De acordo com Luiz Alexandre N. de Sá e Maria Regina V. de Oliveira a importância dessa listagem está na necessidade da implementação da agricultura de prevenção. Além disso trazem a seguinte informação:

> [...] O histórico do controle biológico clássico de pragas, segundo Robbs (1992), teve início no Brasil em 1916, com a introdução do inim igo natural Prospaltella berlesei (Hymenoptera: Aphelinidae), proveniente da Itália para o controle da cochonilha-branca-da amoreira Pseudaulacaspis pentagona (LOPES, 1920). Várias outras introduções de agentes de controle biológico foram realizadas [...]como as introduções de inimigos naturais para o controle do pulgão-branco-da-laranjeira em 1920 (BITANCOURT et al., 1933); do pulgão-lanígero-da-macieira em 1923; da broca-do-café em 1929 (GOMES, 1962); da broca-da cana-de-açúcar em 1934, I942e 1951 (SOUZA, 1943; GALLO, 1951 e 1952) e da cochonilha das-pastagens em 1967 (GUAGLIUMI, 1968). A partir da década de 1970 ocorreram os casos de maior sucesso de controle biológico clássico de pragas no país, como a introdução de parasitoides dos gêneros Aphelinus, Aphidius, Ephedrus e Praon, e dos predadores dos gêneros Hippodamia e Coccinella no controle de pulgões-do-trigo na região sul (GASSEN; TAMBASCO, 1983). Também no caso da broca da-cana-de-açúcar desde 1975, [...] conseguiu-se reduzir a porcentagem de infestação da broca de 6,6 para 3,7%, entre 1975 a 1990; sem [...]Também na cultura da soja,o uso do Baculovirus anticarsia aplicado em mais de um milhão de hectares de soja para o controle da lagarta Anticarsia gemmatalis, tem apresentado ganhos de divisas para o Brasil (ROBBS, 1992; FLORES et al., 1992).

É importante deixar claro que alguns organismos utilizados para o controle biológico de pragas podem ser viáveis em um país e não ser viável em outro. Portanto, deve ser estudado a

aplicabilidade desses organismos com base nas características regionais. Esse artigo traz a aplicabilidade de controlar pragas de acordo com as regiões e cultivos brasileiros.

Vale ressaltar que o Brasil foi identificado como um dos mercados com maior potencial de crescimento dos títulos verdes no setor agrícola e em apoio ao desenvolvimento desse mercado o Subcomitê de agricultura elaborou um plano de investimento com intuito de apresentar as oportunidades de investimento no Brasil e demonstrar como os títulos verdes podem financiar a agricultura sustentável no país e o controle biológico de pragas é um tipo de ativo elegível para receber financiamento verde.

8 Considerações Finais

A alternativas sustentáveis existem, porém nota-se que a aplicabilidade e o interesse por parte do Estado em bater de frente com a agricultura convencional ainda está precisando de pressões populares para acontecer. Precisa-se primeiramente tornar as alternativas sustentáveis mais populares aos agricultores, além disso investir e incentivar cada vez mais pesquisas para o desenvolvimento dessas técnicas em grande escala.

Não podemos esquecer que temos muita área devastada com alto nível de contaminação devido ao uso excessivo de agrotóxico e até agora muito pouco ou praticamente nada de recuperação dessas áreas. Preocupa-se muito na educação ambiental para as gerações futuras, mas necessita-se urgentemente voltar a atenção para as estratégias convencionais da agricultura que ainda tem muita força e que se continuar desenfreada mais desmatamentos irão acontecer em busca de solos férteis para o plantio ao invés de recuperar o que já foi desmatado com estratégias de recuperação e restauração dos solos contaminados. Esse artigo trouxe exemplos de recuperação do solo através da Biorremediação, que foi eficaz e também de baixo custo para investimento por parte do Estado. Novos investimentos e políticas públicas precisam surgir para que pesquisas com os mais variados tipos de solo se estabeleçam para diversas regiões e cultivos. Além disso, o Controle Biológico de Pragas é uma excelente técnica para substituir os defensivos químicos e vem se mostrando muito positivo onde já foi empregada. Por que não investir em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para que essas técnicas possam agir concomitantemente em diferentes cultivos? Tendo em vista que o Controle Biológico de pragas é evidenciado para receber investimentos de financiamentos através dos programas para agricultura sustentável através dos Títulos Verdes.

Sendo assim, conclui-se que as possibilidades existem, que os pontos positivos dessas técnicas se sobressaem em relação aos pontos positivos das técnicas convencionais que só tem dado certo em uma via que é a do capitalismo. Temos que agora mais do nunca utilizarmos vias de mão dupla para que seja positivo mutuamente tanto para a economia quanto para o meio ambiente no qual o ser humano precisa se comportar como pertencente.

Referências

AIRES, Rafaella. Bioinsumos: saiba quem são e seu e como é seu uso na agricultura, 2023. Disponível em: www.agriq.com.br/bioinsumos/#. Acesso em: 25 jul. 2023.

AMARANTE JUNIOR, Ozelito Possidônio de et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. Quimica nova, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.AMARANTE JUNIOR, Ozelito Possidônio de et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. Quimica nova, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). 2017, 2019 e 2020

BITANCOURT.A.A.; FONSECA, I.P. da; AUTUORI, M. Doenças, pragas e tratamentos. In: BITANCOURT, A.A.; FONSECA, J.R da; AUTUORI, M. Manual de citricultura. São Paulo; Chácaras e Quintais, 1933. pt.2, p. 114.

CONAMA. Resolução 420-09, art. 3.

BRASIL. Constituição Federal/88, art. 225, parágrafo 1°.

BRASIL. Política Nacional do meio Ambiente (Lei n 6.938-81, art.3)

BRASIL. No dia mundial do meio ambiente, presidente assina decretos e pacto de proteção ao Pantanal e à Amazônia, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/06/no-dia-mundial-do-meio-ambiente-presidente-assina-decretos-e-pacto-de-protecao-ao-pantanal-e-a-amazonia. Acesso em: 15 maio 2024

BLOG VERDE. Biorremediação do solo: conheça essa técnica e como pode ser utilizada com a introdução do Bacillus aryabhattai nos agroecossistemas. Disponíveem:https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/biorremediacao-do-solo-aryabhattai/. Acesso em: 05 abr. 2024.

COMISSÃO INTERMINISTERIAL PERMANENTE DE PREVENÇÃO E CONTROLE DO DESMATAMENTO E QUEIMADAS. Combate ao desmatamento. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/combate-ao-desmatamento/comissao-interministerial-permanente-de-prevencao-e-controle-do-desmatamento-e-queimadas. Acesso em: 08 fev. 2023.

DEL LAMA, Carolina *et al*. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil, 2024. Disponível em: https://alerta.mapbiomas.org/. Acesso em: 28 maio. 2024

DE SÁ, Luiz Alexandre N.; DE OLIVEIRA, Maria Regina V. De Oliveira. Perspectivas do controle biológico de pragas no Brasil, 2006. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1024919/perspectivas-do-controle-biologico-de-pragas-no-brasil. Acesso em: 04 jun. 2024.

ERMAKOVA, I. T.; KISELEVA, N. I.; SHUSHKOVA, T.; ZHARIKOV, M.; ZHARIKOV, G. A.; LEONTIEVSKY, A. A. Bioremediation of glyphosatecontaminated soils. Applied microbiology and biotechnology, v. 88, n. 2, p. 585- 594, 2010.

FAO. Secretariat of the International Plant Protection Convention. Guidelines for the export, shipment, import and release of biological control agents and other beneficial organisms. Rome, 2005. 32 p. (ISPM, n. 3).

FLORES, M.X.; SÁ, L.A.N. d e; MORAES, GJ. de. Controle biológico: importância econômica e social. A Lavoura, Rio de Janeiro, p. 6-9, set./out. 1992. Encarte especial: Manual de controle biológico.

GASSEN, D.N.; TAMBASCO, F.J. Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. Informe Agropecuário, v.9, p.49-51, 1983

GALLO, D. Contribuição para o controle biológico da broca da cana-de-açúcar. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, v.9, p. 135-142, 1952.

GOMES, J. Histórico do combate biológico no Brasil. Boletim do Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, n.21, p.89-97, 1962.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. Direito Ambiental. 5. ed. Indaiatuba, São Paulo: Foco, 2019.

GUAGLIUMI, P. As cigarrinhas dos canaviais no Brasil: perspectivas de uma luta biológica nos estados de Pernambuco e Alagoas. Brasil Açucareiro, v.72, p.34-43, 1968

LOPES, G. Uma praga do pessegueiro com a Prospaltella berlesi terminou com o Diaspis pentagona. Boletim de Agricultura, v.2, p.730-740, 1920.

MARTINKOSKY, L.; BARKLEY J.; SABADELL G.; GOUGH H.; DAVIDSON S. Earthworms (Eisenia fetida) demonstrate potential for use in soil bioremediation by increasing the degradation rates of heavy crude oil hydrocarbons. Science of The Total Environment, v.580, p.734-743, 2017.

MENEGASSI, Duda Menegassi. Relatório expõe agronegócio como grande motor do desmatamento ilegal de florestas, 2021. Disponível em: https://oeco.org.br/noticias/relatorio-expoe-agronegocio-como-grande-motor-do-desmatamento-ilegal-de-florestas/. Acesso em: 20 maio 2021.

MENEZES, Isadora. Biorremediação: Solução Sustentável Para Solos Contaminados, 2022. Disponível em: https://blog.sensix.ag/biorremediacao-solucao-sustentavel-para-solos-contaminados/. Acesso em: 19 ago. 2022.

ROBBS, C.F. Subsídios ao histórico do controle biológico de artrópodes fitófagos no Brasil. In: CICLO DE PALES- TRAS SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS, 1992, Campinas. Palestras... Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 21-29.

RUSCHEINSKY, Aloisio. **Educação Ambiental**: Abordagens múltiplas. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

SILVA, Francinne Hellora Kaczurowski Pereira Da *et al*. Agrotóxicos no Brasil: uma compreensão do cenário atual de utilização e das propriedades do solo que atuam na dinâmica e retenção destas moléculas**,** 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31614. Acesso em: 28 maio 2024.

SOUZA, H.D. A broca da cana-de-açúcar e seus parasitos em Campos, estado do Rio de Janeiro. Boletim do Instituto de Experimentação Agrícola, n.4, p.1-22, 1943

VELOSO, Cristiano. Biorremediação do solo: conheça essa técnica e como pode ser utilizada com a introdução do Bacillus aryabhattai nos agroecossistemas**,** 2024.

VIEIRA PAZ, Juliana; REZENDE, Vanessa; GAMEIRO, Augusto. Agrotóxico no Brasil: entre a produção e a segurança alimentar, 2023. Disponível em: https://jornal.usp.br/artigos/agrotoxicos-no-brasil-entre-a-producao-e-a-seguranca-alimentar/. Acesso em: 05 maio. 2023.

YAMAMOTO BONACINA, Débora. Principais técnicas de biorremediação de áreas contaminadas por glifosato na microrregião de Dourados/MS, 2020. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/0bbfe9e8-a7d0-434f-8d64-16da81c51a1f/Debora%20Yamamoto%20Bonacina%20PQI20.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.