

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM GESTÃO E
TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Marcelo Santana Pinheiro

**IMPACTO DA DIMINUIÇÃO DOS INSETOS BENÉFICOS NA
AGRICULTURA E SUA RELAÇÃO COM O USO INDISCRIMINADO DE
AGROTÓXICOS: UMA PERSPECTIVA ATRAVÉS DO MAPEAMENTO
TÉCNICO-CIENTÍFICO E ESTUDO DE CASO**

Salvador, 2023

MARCELO SANTANA PINHEIRO

**IMPACTO DA DIMINUIÇÃO DOS INSETOS BENÉFICOS NA AGRICULTURA E
SUA RELAÇÃO COM O USO INDISCRIMINADO DE AGROTÓXICOS: UMA
PERSPECTIVA ATRAVÉS DO MAPEAMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO E ESTUDO
DE CASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientadora: Prof^a Dr^a Bruna Aparecida Souza Machado

Coorientadora: Prof^a Dr^a Leticia de Alencar Pereira Rodrigues

Salvador, 2023

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial**

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada “**IMPACTO DA DIMINUIÇÃO DOS INSETOS BENÉFICOS NA AGRICULTURA E SUA RELAÇÃO COM O USO INDISCRIMINADO DE AGROTÓXICOS: UMA PERSPECTIVA ATRAVÉS DO MAPEAMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO E ESTUDO DE CASO**” apresentada no dia 22 de setembro de 2023, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Electronically signed by:
Bruna Machado
CPF: ***.830.795-**
Date: 9/26/2023 8:22:07 PM -03:00

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Bruna Aparecida Souza Machado
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Leticia de Alencar Pereira Rodrigues
CPF: ***.492.828-**
Data: 26/09/2023 22:30:46 -03:00

Coorientadora:

Prof.^a Dr.^a Leticia de Alencar Pereira Rodrigues
FIEB

Assinado eletronicamente por:
Renelson Ribeiro Sampaio
CPF: ***.051.205-**
Data: 26/09/2023 21:27:35 -03:00

Membro Interno:

Prof. Dr. Renelson Ribeiro Sampaio
SENAI CIMATEC

Assinado eletronicamente por:
Marilene Fancelli
CPF: ***.455.148-**
Data: 27/09/2023 08:37:15 -03:00

Membro Externo:

Prof.^a Dr.^a Marilene Fancelli
EMBRAPA



MANIFESTO DE ASSINATURAS



Código de validação: 483UR-HDRNE-YUNTM-BG3UG

Esse documento foi assinado pelos seguintes signatários nas datas indicadas (Fuso horário de Brasília):

- ✓ Bruna Machado (CPF ***.830.795-**) em 26/09/2023 20:22 - Assinado eletronicamente

| | |
|--|--------------------|
| Endereço IP | Geolocalização |
| 187.255.193.63 | Não disponível |
| Autenticação | brunam@fieb.org.br |
| Email verificado | |
| Yho5+Lv44rtlbrFB3JqY7EXJjQe9aiDZNEy63Skd3U0= | |
| SHA-256 | |

- ✓ Renelson Ribeiro Sampaio (CPF ***.051.205-**) em 26/09/2023 21:27 - Assinado eletronicamente

| | |
|--|----------------------------------|
| Endereço IP | Geolocalização |
| 45.226.85.98 | Lat: -12,867736 Long: -38,270532 |
| | Precisão: 20 (metros) |
| Autenticação | renelson@fieb.org.br |
| Email verificado | |
| 09leLKua+HLtVtQ8v5ewiQjOw/0Pgj7NHmEUIB7zvGE= | |
| SHA-256 | |

- ✓ Leticia de Alencar Pereira Rodrigues (CPF ***.492.828-**) em 26/09/2023 22:30
- Assinado eletronicamente

| | |
|---|----------------------------------|
| Endereço IP 45.226.85.70 | Geolocalização Não disponível |
| Autenticação Email verificado | leticiap@fieb.org.br |
| n6jnlivmHLAvxluVUOpBeLWvA4gJPG1G3odmwYhw5Q= | |
| SHA-256 | |

- ✓ Marilene Fancelli (CPF ***.455.148-**) em 27/09/2023 08:37 - Assinado eletronicamente

| | |
|--|--|
| Endereço IP 200.128.102.3 | Geolocalização Lat: -12,677939 Long: -39,088947 Precisão: 1272 (metros) |
| Autenticação Email verificado | marilene.fancelli@embrapa.br |
| 0JUcyNHd78MYX8I6fo/Px3a2NwKFkezjsx73xVatABA= | |
| SHA-256 | |

Para verificar as assinaturas, acesse o link direto de validação deste documento:

<https://assinatura.senaibahia.com.br/validate/483UR-HDRNE-YUNTM-BG3UG>

Ou acesse a consulta de documentos assinados disponível no link abaixo e informe o código de validação:

<https://assinatura.senaibahia.com.br/validate>

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

P654i Pinheiro, Marcelo Santana

Impacto da diminuição dos insetos benéficos na agricultura e sua relação com o uso indiscriminado de agrotóxicos: uma perspectiva através do mapeamento técnico-científico e estudo de caso / Marcelo Santana Pinheiro. – Salvador, 2023.

115 f. : il. color.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Bruna Aparecida Souza Machado.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Leticia de Alencar Pereira Rodrigues.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2023.

Inclui referências.

1. Agrotóxicos. 2. Insetos benéficos. 3. Inimigos naturais. 4. Desequilíbrio Ecológico. 5. Ecossistema. 6. Patentes I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Machado, Bruna Aparecida Souza. III. Rodrigues, Leticia de Alencar Pereira. IV. Título.

CDD 632.951

Dedico este trabalho à Embrapa pelos 50 anos de importantes pesquisas no desenvolvimento e inovação da agricultura, em benefício da sociedade brasileira.

Em especial aos parceiros comprometidos com a realização do Projeto da Biofal, sempre empenhados na entrega dos melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre me fortalecer nos momentos difíceis da minha vida.

À minha família, que me incentivou e compreendeu a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

À minha orientadora, Profa. Bruna Aparecida Souza Machado, e à coorientadora Profa. Leticia de Alencar Pereira Rodrigues, pela compreensão e respeito com que orientaram minhas atividades, seus ensinamentos possibilitaram acreditar que eu posso ir mais longe em minha caminhada.

À Profa. Marilene Fancelli, pela paciência e por repartir seus conhecimentos, colocando em minhas mãos as ferramentas com as quais foi possível abrir meus horizontes.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho, em especial a EMBRAPA e toda a equipe da BIOFAL.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado, meus sinceros agradecimentos.

“Insetos?

*Amo os mais coloridos: Borboletas, joaninhas,
esperanças...*

*Além da sorte, do bom presságio, bem me trazem
doces lembranças do tempo em que eu vivia na roça, pé
descalço, fazendo arte...*

Feliz, no meu reino encantado de criança.”

Anne Mahin

RESUMO

O uso indiscriminado de agrotóxicos acarreta a redução de insetos benéficos no agroecossistema, causando um grave desequilíbrio ecológico que tem incentivado o aumento das dosagens e a quantidade de aplicações no decorrer do ciclo produtivo, bem como afeta diretamente a saúde humana. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo realizar um mapeamento científico sobre os impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos no agroecossistema, especialmente na redução dos inimigos naturais. Adicionalmente, foi também realizada uma prospecção tecnológica para investigar o crescimento do interesse no desenvolvimento e proteção desses produtos. Além disso, buscou-se identificar soluções para reduzir esses impactos negativos. Um estudo de caso de um projeto de interesse foi investigado como proposta para a redução dos impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos. Para atingir os objetivos propostos o método empregado nesse estudo foi uma pesquisa qualitativa utilizando descritores previamente selecionados e busca nas principais bases de artigos científicos e na base de patentes, bem como coleta de informações relacionadas a aspectos legislativos e sanitários no âmbito dos agrotóxicos no país. Na busca dos artigos, a ferramenta Web of Science (WoS) foi utilizada. A busca restringiu-se a uma análise de artigos publicados nos últimos 20 anos. Para a prospecção de patentes, a base de dados Derwent Innovation Index® (DWPI) foi utilizada. A pesquisa baseou-se nos termos selecionados no título, resumo e reivindicações das patentes utilizando códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) e palavras-chave (documentos publicados nos últimos 20 anos). Os resultados revelaram que nos últimos anos houve um aumento significativo no número de patentes depositadas, indicando o intenso investimento em pesquisa nesse setor, os dados encontrados levantaram preocupações sobre os impactos ambientais e à saúde humana, além da concentração de mercado nas mãos de grandes empresas. Foi possível constatar que o uso indiscriminado de agrotóxicos contribui para a redução dos inimigos naturais no agroecossistema, resultando em desequilíbrios ecológicos, afetando a produção agrícola. A maioria dos estudos se concentram na Europa e América do Norte, os quais sugerem que as populações de insetos terrestres estão diminuindo tanto em abundância quanto em diversidade, mas há uma falta de dados sobre insetos tropicais. O estudo contribui para a compreensão dos impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos, apresentando possíveis soluções e usando como exemplo as joaninhas predadoras, através do estudo de caso. Assim, na análise do estudo de caso, são apresentadas soluções para promover a sustentabilidade e o uso responsável dos recursos naturais. O projeto inclui a produção de bioinsumos como bokashi, biofertilizantes, biocaldas, fungos entomopatogênicos e joaninhas predadoras, visando o controle biológico de pragas. Foi possível constatar que mercado mundial de bioinsumos está em crescimento, e o projeto analisado (Biofal) tem a proposta de contribuir para a produção de alimentos de qualidade, contribuindo com a redução dos impactos negativos do uso de agrotóxicos. Por fim, este estudo conclui que os insetos desempenham um papel vital na manutenção da biodiversidade e na cadeia alimentar, assim, medidas para reduzir o consumo exagerado dos agrotóxicos são necessárias, baseadas na informação, controle biológico como um dos alicerces ao manejo integrado de pragas e princípios da agroecologia.

Palavras-chave: agrotóxicos; insetos benéficos; inimigos naturais; desequilíbrio; ecossistema; patentes.

ABSTRACT

The indiscriminate use of pesticides leads to a reduction in natural enemies in the agroecosystem, causing a serious ecological imbalance that encourages increased doses and the number of applications throughout the production cycle, as well as directly affecting human health. In this context, this study aims to conduct a scientific mapping of the impacts of the indiscriminate use of pesticides in the agroecosystem, particularly in the reduction of natural enemies. Additionally, a technological prospecting was also carried out to investigate the growing interest in the development and protection of these products. Furthermore, solutions are sought to reduce these negative impacts. A case study (Biofal Project) was investigated as a proposal to mitigate the negative impacts of the indiscriminate use of pesticides. To achieve the proposed objectives, a qualitative research method was employed, using previously selected descriptors and searching the main databases of scientific articles and patent databases, as well as collecting information related to legislative and health aspects regarding pesticides in the country. The Web of Science (WoS) tool was used for article searches, which were limited to an analysis of articles published in the last 20 years. For patent prospecting, the Derwent Innovation Index® (DWPI) database was used. The research was based on the selected terms in the title, abstract, and claims of the patents, using International Patent Classification (IPC) codes and keywords (documents published in the last 20 years). The results revealed a significant increase in the number of filed patents in recent years, indicating intense investment in research in this sector. The data found raised concerns about environmental and human health impacts, as well as market concentration in the hands of large companies. It was found that the indiscriminate use of pesticides contributes to the reduction of natural enemies in the agroecosystem, resulting in ecological imbalances and affecting agricultural production. Most studies focus on Europe and North America, which suggest that populations of terrestrial insects are decreasing in both abundance and diversity, but there is a lack of data on tropical insects. The study contributes to the understanding of the impacts of the indiscriminate use of pesticides, presenting possible solutions and using predatory ladybugs as an example through the case study. Thus, the analysis of the case study presents solutions to promote sustainability and the responsible use of natural resources. The project includes the production of bioinputs such as bokashi, biofertilizers, biocaldas, entomopathogenic fungi, and predatory ladybugs, aiming for biological pest control. It was found that the global market for bioinputs is growing, and Biofal seeks to contribute to the production of quality food while reducing the negative impacts of pesticide use. Finally, this study concludes that insects play a vital role in maintaining biodiversity and the food chain, and measures to reduce excessive pesticide consumption are necessary, based on information, biological control as one of the foundations of integrated pest management, and agroecological principles.

Keywords: pesticides, beneficial insects, natural enemies, imbalance, ecosystem, patents.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Quantidade de agrotóxicos utilizados no mundo no período 1991-2015. | 30 |
| Tabela 2. Tabela escopo contendo as estratégias de busca avaliadas na prospecção de patentes..... | 47 |
| Tabela 3. Descrição dos CIP utilizados nas estratégias de busca..... | 48 |
| Tabela 4. Principais funções dos insetos benéficos na agricultura..... | 50 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Classificação dos agrotóxicos com base em sua toxicidade. | 25 |
| Quadro 2. Exemplos de insetos benéficos e seus benefícios. | 37 |
| Quadro 3. Efeitos da redução das espécies não-alvo. | 39 |
| Quadro 4. Barreiras para a Implementação de práticas agrícolas sustentáveis..... | 40 |
| Quadro 5. Aspectos e Resultados do uso de agrotóxicos e a redução populacional de insetos..... | 53 |
| Quadro 6. Métodos para diminuir o consumo de agrotóxicos..... | 54 |
| Quadro 7. Princípios da agroecologia. | 64 |
| Quadro 8. Impactos do uso de agrotóxicos. | 70 |
| Quadro 9. Doenças causadas por agrotóxicos..... | 71 |
| Quadro 10. Portfólio de produtos BIOFAL. | 90 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Registro de agrotóxicos no Brasil entre os anos de 2000 a 2022. Fonte: Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023. | 32 |
| Figura 2. Registro anual de liberações de agrotóxicos químicos e biológicos no Brasil entre os anos de 2000 a 2022. Fonte: Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023..... | 33 |
| Figura 3. Registro anual de liberações de agrotóxicos dos governos no Brasil entre os anos de 2000 a 2022. Fonte: Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023..... | 34 |
| Figura 4. Apresentação ilustrativa sobre as ameaças aos insetos. Fonte: Atlas dos Insetos, 2021..... | 36 |
| Figura 5. Fluxograma do Mapeamento Científico e Tecnológico. Fonte: Elaboração própria, 2023. .. | 42 |
| Figura 6. Pragas que podem ser predadas pelas joaninhas. Fonte: Embrapa, 2022. | 58 |
| Figura 7. Diversidade morfológica de joaninhas. Fonte: Netnature, 2022..... | 59 |
| Figura 8. Ano de publicação dos documentos de patentes, considerando os últimos 20 anos. | 73 |
| Figura 9. Principais países/organizações responsáveis pelas publicações (WO, Organização Mundial de Propriedade Intelectual; EP, Escritório Europeu de Patentes). | 75 |
| Figura 10. Principais inventores das tecnologias prospectadas. | 77 |
| Figura 11. Principais publicadores das tecnologias prospectadas..... | 78 |
| Figura 12. Ano de expiração dos documentos de patentes prospectados..... | 80 |
| Figura 13. Principais CIPs utilizados na classificação dos documentos de patentes prospectados..... | 81 |
| Figura 14. Estimativa da evolução do mercado de insumos biológicos no Brasil. Fonte: IHS Markit, 2021..... | 86 |
| Figura 15. Município de Wagner – BA - Mapa de localização. Fonte: Wikipédia, 2023. | 87 |
| Figura 16. Localização do Empreendimento BIOFAL, Wagner – BA. Fonte: Google Maps, 2020..... | 88 |
| Figura 17. Galpões para abrigar as futuras instalações do Empreendimento BIOFAL, Wagner – BA. Obras sendo validadas pelos técnicos da Embrapa. Fonte: Produção própria, 2022..... | 89 |
| Figura 18. Galpões para abrigar as futuras instalações do Empreendimento BIOFAL, Wagner – BA. Obras sendo validadas pelos técnicos da Embrapa. Fonte: Produção própria, 2022..... | 90 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BIOFAL - Bioenergia Insumos Orgânicos Ltda

CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

DDT - Dicloro – difenil – tricloroetano

EP ou EPO - Escritório Europeu de Patentes

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

FAO - Food and Agriculture Organization

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária

MIP - Manejo Integrado de Pragas

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OIT - Organização Internacional do Trabalho

ONU - Organização das Nações Unidas

PCT - Tratado de Cooperação de Patentes

PND - Plano Nacional de Desenvolvimento

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal

WO ou WIPO - Organização Mundial de Propriedade Intelectual

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução | 15 |
| 1.1 Objetivos..... | 17 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 17 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 1.2 Organização do Documento | 17 |
| 2. Revisão de Literatura | 19 |
| 2.1 Definição de Agrotóxicos..... | 19 |
| 2.1.1 Grau de toxicidade dos agrotóxicos | 24 |
| 2.2 Histórico do uso indiscriminado de agrotóxicos | 25 |
| 2.3 Consequências do uso indiscriminado de agrotóxicos para os insetos benéficos e o ecossistema..... | 34 |
| 2.4 O impacto da diminuição dos insetos benéficos na agricultura | 37 |
| 2.4.1 Efeitos da redução das espécies não-alvo..... | 38 |
| 2.5 Principais barreiras dos produtores rurais para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis | 40 |
| 3. Metodologia | 42 |
| 3.1 Procedimento de Pesquisa | 42 |
| 3.1.1 Quanto à abordagem..... | 43 |
| 3.1.2 Quanto à análise dos dados e objetivos..... | 44 |
| 3.2 Coletas e Instrumentos..... | 46 |
| 3.3 Prospecção tecnológica em base de patentes | 46 |
| 4. Resultados e Discussão | 49 |
| 4.1 Principais funções dos insetos benéficos na agricultura..... | 50 |
| 4.2 Consequências do uso indiscriminado de agrotóxicos para os inimigos naturais e os agroecossistemas..... | 51 |
| 4.3 Principais formas de redução do uso de agrotóxicos: minimizar a redução populacional de insetos ao longo do tempo | 54 |
| 4.3.1 Informação | 55 |
| 4.3.2 Controle biológico | 55 |
| 4.3.3 Princípios da agroecologia..... | 64 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.3.4 | Agrotóxicos: Uma análise do conceito e histórico | 65 |
| 4.4 | Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos na saúde humana | 70 |
| 4.5 | Prospecção tecnológica | 72 |
| 4.6 | Estudo de caso: soluções para a redução dos impactos negativos ao uso indiscriminado de agrotóxicos | 82 |
| 4.6.1 | Projeto de Implantação de Unidade Agroindustrial – Produção de Insumos Orgânicos e Biológicos | 84 |
| 5. | Conclusão | 93 |
| 6. | Referências | 94 |

1. Introdução

O Brasil está na lista dos países que mais usam agrotóxicos no mundo, os quais representam uma ameaça real à saúde humana e ambiental. Por esse motivo, muitos deles foram proibidos fora do Brasil. Nesse contexto global, há um choque entre os empenhos globais para conciliar as necessidades de produção de alimentos com a conservação da saúde, da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (CARNEIRO, et al., 2015).

Consequentemente, é essencial para a população e para o ecossistema ampliar a adoção dos métodos sustentáveis de produção agrícola e controle de pragas, por meio da agricultura orgânica e do controle biológico. Infelizmente, embora estudos mostrem muitas oportunidades para desenvolver e estimular uma agricultura mais sustentável no país, o controle biológico nem sempre está de acordo com a cultura atual de uso indiscriminado de agrotóxicos (MORAES, 2019).

O uso excessivo de agrotóxicos está relacionado a fatos históricos, ligados à demanda do pós-guerra (Primeira e Segunda Guerras Mundiais), centrada na insuficiência alimentar. A política da Revolução Verde, o êxodo rural, a má fiscalização dos produtos e das leis foram eventos que contribuíram para o uso indiscriminado de agrotóxicos (ALVES FILHO, 2002). Embora os agrotóxicos sejam considerados imprescindíveis na produção agrícola, seu uso exagerado traz uma série de consequências indesejáveis: efeitos colaterais, como por exemplo danos à saúde daqueles que aplicam os produtos e a população em geral que também tem a probabilidade de adoecer mediante o contato direto ou indireto com os agrotóxicos (PORTO; SOARES, 2012).

O uso indiscriminado de agrotóxicos contribui para a redução populacional dos insetos benéficos, causando um sério desequilíbrio no ecossistema, além de promover a resistência de pragas a esses produtos, conforme já identificado em alguns estudos (BRÜHL; ZALLER, 2019). Embora os agrotóxicos sejam aplicados, visando as espécies-praga, acabam por afetar indiretamente as espécies não-alvo de maneira que muitas vezes seus efeitos se tornam contrários ao uso pretendido (HAYES; HANSEN, 2017). Os efeitos indiretos do uso indiscriminado dos agrotóxicos levam a impactos diretos em outras espécies e no ambiente. Devido aos seus efeitos negativos sobre os inimigos naturais das pragas, inibem a competição interespecífica (PHILIP et al., 2020).

A eliminação de inimigos naturais, a evolução da resistência de pragas aos agrotóxicos e o ressurgimento de pragas acarretam grave desequilíbrio biológico, o que contribui para o desenvolvimento de um ciclo vicioso, que incentiva o aumento das dosagens dos agrotóxicos e da quantidade de aplicações no decorrer do ciclo produtivo (HAYES; HANSEN, 2017). É imprescindível conservar o equilíbrio entre os benefícios econômicos e os impactos ao meio ambiente e à saúde do ser humano, com o escopo de coibir que a crescente busca pela eficiência e qualidade econômica não intensifique o aparecimento de problemas socioambientais (MONTENEGRO; SIMONI, 2021).

Considerando esse cenário preocupante, essa pesquisa teve como objetivo levantar e disponibilizar dados sobre os impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos no agroecossistema considerando, principalmente, o impacto sobre os inimigos naturais. Para tanto, foi necessário entender as funções dos insetos benéficos na agricultura, identificar quais as possíveis soluções para minimizar a redução dos insetos benéficos ao longo do tempo. Além disso, realizar uma busca das patentes relacionadas ao tema, investigando os principais países e empresas detentoras da tecnologia. Por fim, através de uma breve análise de um estudo de caso, foi possível demonstrar a importância de um projeto em andamento, denominado de Projeto Biofal em parceria com a Embrapa, como uma estratégia para a redução dos impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos.

Com isso, torna-se pertinente analisar a seguinte pergunta de pesquisa: qual o impacto do uso indiscriminado dos agrotóxicos sobre os inimigos naturais e como isso afeta o agroecossistema?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é realizar um mapeamento técnico-científico por meio da coleta de informações na literatura e disponibilizar dados sobre os impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos no agroecossistema e sua relação com a redução dos inimigos naturais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- 1) Identificar as principais funções dos insetos benéficos na agricultura;
- 2) Identificar a relação do uso de agrotóxicos com a redução populacional dos inimigos naturais;
- 3) Identificar quais as possíveis soluções para minimizar a redução populacional dos insetos benéficos ao longo do tempo;
- 4) Identificar brevemente os principais problemas para a saúde do trabalhador em virtude do uso de agrotóxicos;
- 5) Realizar o mapeamento tecnológico sob o foco de patentes a fim de identificar as principais tendências relacionadas a agrotóxicos;
- 6) Demonstrar a importância da criação de projetos para a redução dos impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos a partir da análise de um estudo de caso.

1.2 Organização do Documento

Este trabalho está organizado em cinco etapas: Introdução, Revisão da Literatura, Metodologia, Resultados e Discussão e Conclusão.

A primeira etapa é a Introdução, na qual é realizada a identificação do tema proposto, sendo apresentada a pergunta da pesquisa, bem como o Objetivo Geral e os Específicos. Todo o processo de elaboração deste trabalho se inicia na Introdução, com a definição de um problema e a formulação das questões de pesquisa que se mostram relevantes ao tema.

A segunda etapa é a Revisão de Literatura, onde foram usados estudos selecionados para a construção da pesquisa: (i) o uso indiscriminado de agrotóxicos, trazendo a definição, histórico e consequências; (ii) o impacto da diminuição dos insetos benéficos na agricultura:

efeitos da redução populacional das espécies não-alvo, ressurgimento de pragas, surto de pragas secundárias; (iii) principais formas de redução do uso de agrotóxicos: informação, controle biológico como um dos alicerces ao manejo integrado de pragas (usando a joaninha como exemplo) e princípios da agroecologia.

A terceira etapa é a apresentação da metodologia utilizada no trabalho, a pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa, com busca em bases de artigos científicos e patentes, além de coleta de informações relacionadas a aspectos legislativos e sanitários, para a elaboração de um levantamento abrangente sobre o tema. A pesquisa compreende o mapeamento científico sobre os impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos no agroecossistema, especialmente na redução dos inimigos naturais. Adicionalmente, foi também realizada uma prospecção tecnológica para investigar o crescimento do interesse no desenvolvimento e proteção desses produtos.

A quarta etapa foi a apresentação dos Resultados e Discussão, na qual restou evidente que o uso indiscriminado de agrotóxicos é uma das causas da redução dos inimigos naturais no agroecossistema, resultando em desequilíbrios ecológicos que afetam a produção agrícola, fazendo com que se perca a sua função no controle biológico. Além disso, mostrou-se o crescimento nos últimos anos em relação ao depósito de patentes na área de estudo. Foi possível constatar que o aumento significativo no número de patentes depositadas, reflete o intenso investimento em pesquisa nessa área. O estudo de caso, Projeto Biofal, foi apresentado como uma iniciativa promissora para a produção de alimentos sustentáveis, bem como para auxiliar na redução dos impactos negativos do uso de agrotóxicos.

Por fim, a quinta etapa, trata da Conclusão deste trabalho de pesquisa, na qual se destacou a relação entre o uso indiscriminado de agrotóxicos na redução dos inimigos naturais, bem como em problemas na saúde humana. Por fim, abordou-se a necessidade de se realizar mais estudos sobre essa relação, priorizando a preservação dos inimigos naturais e o controle biológico na agricultura. Medidas como a redução do uso de agrotóxicos e a conscientização são recomendadas. A implementação dos ODS da ONU é fundamental, e o estudo contribui para a busca por soluções sustentáveis. Destacando-se a importância do Projeto Biofal em parceria com a Embrapa, para a redução dos impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos.

2. Revisão de Literatura

2.1 Definição de Agrotóxicos

A maior parte dos alimentos que são consumidos pelos seres humanos resulta de uma produção que utiliza agrotóxicos. Compreende-se como agrotóxicos as substâncias utilizadas para a contenção de pragas na agricultura e pecuária. Suas ações podem ser elencadas como inseticida, fungicida, herbicida, entre outras. Os agrotóxicos são compostos químicos desenvolvidos em número crescente com moderna tecnologia, cuja finalidade é conter e dissipar pragas (MOURA, 2012).

Em princípio, convém definir cada composto: os inseticidas são considerados substâncias químicas ou biológicas empregadas no controle de insetos-praga: formas jovens e adultos que acometem e inutilizam as lavouras. Eles podem ser sintéticos, naturais ou de origem biológica para controlar os insetos através de sua morte, ou mesmo prevenir sua atuação classificada como destrutiva (WARE; WHITACRE, 2004).

Os fungicidas são produtos químicos apropriados para controlar infecções de tecido de plantas vivas, causadas por fungos fitopatogênicos. Alguns compostos não matam os fungos, mas sim, proporcionam uma inibição temporária da germinação dos esporos: fungistase, sendo denominados como fungistáticos. Os produtos comerciais usados no controle de pragas são compostos por duas partes abalizadas: 'a substância ou princípio ativo, que é imputador pela ação do produto, e o ingrediente inerte, que serve de veículo e diluente para o ingrediente ativo' (ZAMBOLIM et al., 2004, p. 85).

Sobre os herbicidas de acordo com Meireles (2019), pode-se afirmar que são compostos químicos com a finalidade de matar ou inibir radicalmente o crescimento de certas plantas, muitas vezes sem abalar as culturas. Consoante a tal assertiva, verifica-se que há uma eliminação no que tange aos prejuízos da intervenção das plantas daninhas sobre tais culturas. Eles podem ser usados: 'na agricultura, em áreas de lazer, vias de transporte e áreas industriais' (MEIRELES, 2019).

Segundo a legislação vigente, os agrotóxicos são substâncias de processos físicos, químicos ou biológicos com propriedades biocidas, para uso no cultivo, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, cuja finalidade é o controle de pragas, capazes de

alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de resguardá-las da ação de seres vivos nocivos (MAPA, 2016).

Diante do conceito de agrotóxico, necessário se faz entender o que é praga. Praga, na definição ampla da FAO (2006), compreende “espécie, linhagem ou biótipo de planta, animal ou agente patogênico prejudicial a plantas ou produtos vegetais” (FAO, 2022, p.18).

Nesse interim, convém evidenciar o conceito de agrotóxicos, segundo Rachel Carson, uma vez que se entende ser esta a primeira denúncia sobre as consequências da utilização dessas substâncias. Ela propõe um termo que julga ser mais adequado, indicando que os agrotóxicos deveriam ser chamados de “biocidas”, evidenciando que:

há muitas [substâncias químicas] que são usadas na guerra da humanidade contra a natureza. Desde meados da década de 1940 mais de duzentos produtos químicos básicos foram criados para serem usados na matança de insetos, ervas daninhas, roedores e outros organismos descritos no linguajar moderno como ‘pestes’, e eles são vendidos sob milhares de nomes de marcas diferentes. Esses sprays, pós e aerossóis são agora aplicados quase universalmente em fazendas, jardins, florestas e residências – produtos químicos não seletivos, com o poder de matar todos os insetos, os ‘bons’ e os ‘maus’, de silenciar o canto dos pássaros e deter o pulo dos peixes nos rios, de cobrir as folhas com uma película letal e de permanecer no solo – tudo isso mesmo que o alvo em mira possa ser apenas umas poucas ervas daninhas ou insetos. Será que alguém acredita que é possível lançar tal bombardeio de venenos na superfície da Terra sem torná-la imprópria para toda a vida? Eles não deviam ser chamados ‘inseticidas’, e sim de ‘biocidas’ (CARSON, 2010, p. 23-24).

A autora dimensiona a intensidade da atuação nociva dos agrotóxicos sobre os ecossistemas, pois além de extirpar as plantas daninhas, também extinguem a vida de insetos, pássaros e outras espécies animais e vegetais que são essenciais para o equilíbrio da vida. Entretanto, vale salientar que ela não era contra a aplicação exclusiva de agrotóxicos, mas sim, alertava sobre os riscos de seu uso indiscriminado.

Os alimentos consumidos são produzidos em grande maioria, em sistemas de produção que empregam agrotóxicos, e entender sobre sua origem exige uma interpretação abrangente capaz de compreender a existência de dois extremos, os apoiadores e aqueles que vetam o uso desses produtos.

Segundo Veiga (2007), o uso dos agrotóxicos se tornou de certa forma crucial à viabilidade da maior parte dos sistemas produtivos rurais. Assim, o autor afirma que a maioria das propriedades agrícolas só se mantém devido a esses insumos. Em muitos casos, a

aplicação dos agrotóxicos é considerada necessária para obtenção de melhores resultados em uma cultura agrícola (VEIGA, 2007).

Contudo, acirramentos legais que visem primariamente limitar o risco socioambiental através de restrições à utilização de agrotóxicos em certas comunidades rurais poderiam, nos seus efeitos secundários, gerar impactos mais graves (e.g. aumentar a pobreza, gerar desemprego e recessão econômica local) do que os possíveis prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente ocasionados pelo uso desses mesmos agrotóxicos (VEIGA, 2007, p. 4).

Nesse contexto, vale salientar que os agrotóxicos não aumentam a produção nem a produtividade, o que pode aumentar a produção são os outros insumos, a exemplo dos fertilizantes que não podem ser considerados agrotóxicos, apesar de terem a capacidade de modular a resistência das plantas a pragas e, eventualmente, induzir essa resistência. Assim, os fertilizantes são substâncias usadas com o objetivo de garantir os nutrientes necessários ao crescimento das plantas, permitindo seu desenvolvimento, e, conseqüentemente, o aumento da produtividade (DUHAN et al., 2017).

Os agrotóxicos são classificados como agentes formados por compostos, especialmente, químicos e biológicos, cuja finalidade principal é exterminar, combater, matar e dificultar a vida (EPA, 2020). Conforme a Food and Agriculture Organization (FAO), Programa da Organização das Nações Unidas (ONU) responsável pelas áreas de agricultura e alimentação, os agrotóxicos são definidos como:

qualquer substância, ou mistura de substâncias, usadas para prevenir, destruir ou controlar qualquer praga – incluindo vetores de doenças humanas e animais, espécies indesejadas de plantas ou animais, causadoras de danos durante (ou interferindo na) a produção, processamento, estocagem, transporte ou distribuição de alimentos, produtos agrícolas, madeira e derivados, ou que – ou que deva ser administrada para o controle de insetos, aracnídeos e outras pestes que acometem os corpos de animais de criação. (FAO, 2016, p. 35).

A Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, conhecida como a “Lei de Agrotóxicos”, em seu Artigo 2º, Inciso I, assim define:

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, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento; (BRASIL, 1989).

É importante ressaltar que o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, mantém o conceito de agrotóxicos no seu Art. 1º. Inclusive, em 2021 o Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021 que altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, também não modifica este conceito.

O Brasil está no rol dos países que mais utilizam agrotóxicos no mundo, gerando ameaças reais à saúde humana e ambiental, sendo que muitos deles são proibidos fora do Brasil (CARNEIRO et al., 2015). Nesse contexto, há o embate entre os esforços mundiais para compatibilizar as necessidades da produção de alimentos com a preservação da saúde, da biodiversidade, bem como a preservação dos serviços ecossistêmicos (CARNEIRO et al., 2015).

Assim, é imprescindível para a população e para o ecossistema o incremento de métodos sustentáveis de produção agrícola e manejo de pragas, através da agricultura orgânica e do controle biológico. Infelizmente, embora os estudos demonstrem muitas oportunidades para desenvolvimento e estímulo de uma agricultura mais sustentável no país (SCHEBESTA; CANDEL, 2020), respostas políticas recentes à crescente insegurança alimentar podem resultar no aumento do uso de agrotóxicos (STRANGE et al., 2022), pois o controle biológico nem sempre está alinhado com a cultura atual do uso indiscriminado de agrotóxicos (MORAES, 2019).

A Organização das Nações Unidas (ONU) produziu relatório sobre o direito à alimentação, advertindo sobre os efeitos do uso de agrotóxicos na agricultura, sendo considerado uma ameaça aos direitos humanos por causa dos seus impactos na sociedade como um todo, especialmente na saúde humana e no meio ambiente (ONU, 2017).

O crescimento da produção agrícola brasileira colocou o Brasil como um dos maiores produtores de alimentos e fibras do mundo (FAO, 2016). O aumento tecnológico do agronegócio de grande porte permitiu essa posição. Assim, o processo de produção agrícola ficou subordinado à economia de mercado, a qual trouxe uma situação paradoxal pela qual a incorporação tecnológica possibilitou o aumento e a diversificação da produção, mas, por outro lado, favoreceu o surgimento de prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana (VIEIRA FILHO, 2016).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) é um dos mais importantes instrumentos internacionais relacionados ao meio ambiente, sendo considerada uma base legal e política para outros acordos e convenções.

A Convenção está estruturada sobre três bases principais – a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável da biodiversidade e a repartição justa e equitativa dos benefícios provenientes da utilização dos recursos genéticos – e se refere à biodiversidade em três níveis: ecossistemas, espécies e recursos genéticos.

A Convenção abarca tudo o que se refere direta ou indiretamente à biodiversidade – e ela funciona, assim, como uma espécie de arcabouço legal e político para diversas outras convenções e acordos ambientais mais específicos, como o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança; o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura; as Diretrizes de Bonn; as Diretrizes para o Turismo Sustentável e a Biodiversidade; os Princípios de Addis Abeba para a Utilização Sustentável da Biodiversidade; as Diretrizes para a Prevenção, Controle e Erradicação das Espécies Exóticas Invasoras; os Princípios e Diretrizes da Abordagem Ecosistêmica para a Gestão da Biodiversidade, etc. A Convenção também deu início à negociação de um Regime Internacional sobre Acesso aos Recursos Genéticos e Repartição dos Benefícios resultantes desse acesso; estabeleceu programas de trabalho temáticos; e levou a diversas iniciativas transversais (MMA, 2023).

A CDB é categórica ao afirmar que é necessária a criação de estratégias para usar e conservar a biodiversidade visando o desenvolvimento sustentável (CBD, 2010), assim, fazendo uma analogia no impacto do uso indiscriminado dos agrotóxicos, os quais representam um risco à biodiversidade e à saúde, o seu uso seria contrário ao que preconiza esta convenção, da qual o Brasil é signatário, embora o uso dos agrotóxicos não se encontra de forma explícita nos documentos da CDB.

A Convenção foi constituída durante a ECO-92 – a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992, englobando tudo o que se refere direta ou indiretamente à biodiversidade, tratando dos princípios e diretrizes da abordagem ecosistêmica para a gestão da biodiversidade (MMA, 2023).

A diminuição de agrotóxicos deve ser uma meta a ser alcançada na agricultura (ONU, 2017). Embora exista um apelo global das Nações Unidas com a divulgação, em 2015, dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), para a erradicação da pobreza, proteção do meio ambiente e o clima, infelizmente, as políticas públicas brasileiras estão cada vez mais propondo alterações na legislação vigente para flexibilizar o registro desses produtos. Diversos são os argumentos, entre eles está que o desenvolvimento da agricultura no país

depende do processo de registro de novos agrotóxicos ou princípios ativos, sendo isso totalmente relacionado a fatores históricos (GURGEL et al., 2019).

Observando os benefícios e as decorrências danosas do uso dos agrotóxicos, percebe-se que hoje existe um desafio no que concerne à proteção dos ecossistemas e da saúde humana. Assim, compre ressaltar a visão de Gurgel, et al. (2019):

o estado brasileiro vem mantendo e incentivando práticas corporativistas e beneficiadoras de determinados grupos de interesse, estabelecendo condições especialmente perversas para os setores menos organizados da sociedade. Nesse contexto, o 'progresso' técnico e econômico pode não significar progresso humano. A riqueza de um pode significar a doença e a morte do outro, o progresso do agora pode representar o constrangimento do futuro, a expansão urbana e industrial pode implicar a degradação de ecossistemas, extinção de espécies, o fim de recursos naturais e a contaminação do ar, da água e dos alimentos (GURGEL et al., 2019, p. 125).

Nesse sentido, justifica-se investigar os motivos que desencadeiam o uso indiscriminado de agrotóxicos e as barreiras que os produtores rurais encontram para não realização de uma agropecuária sustentável.

2.1.1 Grau de toxicidade dos agrotóxicos

A toxicidade dos agrotóxicos é uma preocupação importante devido ao seu potencial impacto na saúde humana, no agroecossistema e no meio ambiente. Para fins de avaliação da toxicidade dos agrotóxicos são utilizadas algumas escalas de classificação (ANVISA, 2019).

A Anvisa anunciou em 2019 atualizações nas diretrizes de classificação dos agrotóxicos, com o objetivo de tornar mais transparentes os critérios usados para avaliar e classificar os produtos químicos utilizados na agricultura no Brasil, ficando conhecido como o novo Marco Regulatório dos Agrotóxicos (ANVISA, 2019).

A classificação toxicológica passou a abranger cinco categorias, em vez das anteriores quatro, tendo ainda a inclusão de uma nova categoria denominada "não classificado". Essa categoria se aplica a produtos com um potencial extremamente baixos de causar danos, como aqueles de origem biológica, por exemplo (ANVISA, 2019).

Essas novas diretrizes incluem mudanças significativas nas etiquetas dos produtos, com adoção de imagens (pictogramas) que tornam mais fácil a identificação dos perigos que esses produtos podem representar para a vida e a saúde humana. As cores servem para

representar visualmente a classificação de toxicidade dos agrotóxicos, auxiliando na identificação do nível de risco associado a cada classe (ANVISA, 2019).

O Quadro 1 apresenta uma visão mais completa da diversidade de agrotóxicos e suas respectivas categorias.

Quadro 1. Classificação dos agrotóxicos com base em sua toxicidade.

| Categoria | Descrição do Tipo de Produto | Cor da Classificação |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Extremamente Tóxico | Vermelho |
| 2 | Altamente Tóxico | Vermelho |
| 3 | Moderadamente Tóxico | Amarelo |
| 4 | Pouco Tóxico | Azul |
| 5 | Improvável de Causar Dano Agudo | Azul |
| Não Classificado | Produto Não Classificado | Verde |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

2.2 Histórico do uso indiscriminado de agrotóxicos

A segunda Revolução Industrial viu o surgimento da primeira indústria química, onde grandes empresas dos Estados Unidos e da Europa investiram com o objetivo de fazer novas descobertas (ALVES FILHO, 2002). Assim, em 1874, Othomar Zeidler sintetizou o primeiro produto agrotóxico: o composto orgânico DDT, o qual foi usado principalmente como arma química. O referido composto, por possuir um poderoso poder intoxicante, foi usado por companhias aéreas, matando inúmeras pessoas na Primeira e Segunda Guerra Mundial (ALVES FILHO, 2002).

O uso excessivo de agrotóxicos está relacionado a fatos históricos do pós-guerra (Primeira e Segunda Guerra Mundial), centrada na insuficiência de alimentos, na política da Revolução Verde, no êxodo rural, na má fiscalização dos produtos, e nas leis equivocadas, fatos estes que levaram ao uso indevido de agrotóxicos (ALVES FILHO, 2002). No pós-Primeira Guerra, Paul Muller descobriu as propriedades inseticidas do DDT e foi em 1939, que o produto começou a ser usado como agrotóxico, sendo o primeiro produto lançado com essa

finalidade, a partir do qual se passou a considerar como um segmento industrial e comercial direcionado para atividades agrícolas (BELCHIOR et al., 2014).

Conforme mencionado, inicialmente, os agrotóxicos não foram desenvolvidos para atendimento a técnicas agrícolas, seu surgimento ocorreu através de substâncias manipuladas como armas químicas de guerra, começando na Primeira Guerra Mundial e se intensificando a partir da Segunda Guerra Mundial (HASSAL, 1990; JARDIM et al., 2009). Os cenários de devastação foram prevalentes em todos os países envolvidos na guerra, sendo o pós-guerra marcado por notória escassez de alimentos, com fome generalizada em todas as regiões. Foi então que surgiu a ideia de introduzir agrotóxicos para expandir o setor econômico e acabar com esse problema social (DOSSIÊ, 2012).

Em meados da década de 60, surgiu a Revolução Verde, no pós Segunda Guerra Mundial, devido aos inúmeros conflitos na indústria química, ocorrendo a invenção e disseminação de novas práticas agrícolas que permitiram o aumento da produção agrícola no mundo através do uso intensivo de insumos industriais, mecanização e redução do uso de mão-de-obra (DOSSIÊ, 2012). A base do modelo desenvolvido pela Revolução Verde é o uso de sementes geneticamente melhoradas, insumos industriais (fertilizantes e agrotóxicos), mecanização, produção em massa e redução do uso de mão-de-obra, bem como o uso intensivo de tecnologia no plantio, na irrigação e na colheita e o gerenciamento de produção (DOSSIÊ, 2012).

A Revolução Verde foi uma das mais importantes transformações ocorridas no mundo do pós-guerras, ela alavancou a modernização da agricultura, que além de melhorar e aumentar a produção de alimentos, através do uso de tecnologias, pesquisas e estudos, possibilitou o aprimoramento de máquinas para o trabalho rural, inclusive a irrigação que foi um grande avanço para o setor (MORAES, 2019). A Revolução Verde permitiu que as propriedades se tornassem mais produtivas, com diversos avanços na produção agrícola, o seu principal objetivo foi o de aumentar a produção de alimentos para erradicar a fome no mundo do pós-guerras, em relação ao tema aumento de produção versus área plantada, ela foi um sucesso, ampliando a produção agrícola (MORAES, 2019).

Ocorre que todo esse sucesso na produção de alimentos tornou a agricultura um grande empreendimento capitalista. No Brasil, houve vários benefícios para os grandes produtores rurais, como exemplo a expansão da fronteira agrícola. Essa expansão teve a

contribuição do governo federal, que criou diversos órgãos para adoção de melhorias tecnológicas que se originaram da revolução, dentre esses pode-se citar a EMBRAPA. Assim, o Brasil se tornou uma das grandes lideranças mundiais na produção e exportação de alimentos (VIEIRA FILHO, 2016).

É importante destacar o papel da EMBRAPA, com suas pesquisas de ponta e prestígio internacional, sendo de grande relevância na Revolução Verde brasileira. Para os adeptos do que seria a “verdadeira revolução”, os órgãos de pesquisa e extensão devem buscar uma adequação com os novos paradigmas ambientalistas, difundindo tecnologias que intensifiquem a produção econômica com sustentabilidade, pois existe um preço no desenvolvimento agrícola (VIEIRA FILHO, 2016). Em que pese os pontos positivos já elencados, a Revolução Verde é marcada pelo descaso ambiental e social, vez que promoveu a liberação de crédito rural para uso de insumos agrícolas, incentivando o uso exagerado dos agrotóxicos, desencadeando mortes e doenças (CARNEIRO et al., 2015).

Aspirando a expansão da agricultura para a produção de alimentos suficientes à demanda, e visando sanar o problema social do pós-guerra, a política da "Revolução Verde" se propagou por inúmeros países, Segundo Ferreira (2013, p. 44-45):

a partir da década de 60, em especial, com a Revolução Verde, houve a massificação da utilização dos pesticidas. Essa revolução consistiu na adoção de práticas agrícolas baseadas no uso intensivo de insumos químicos e instrumentos mecânicos pelos países de Terceiro Mundo. Através dela, os agricultores intensificaram os recursos para produzir mais a partir da mesma quantidade de terra e expandiram para áreas não cultivadas [...]. A distribuição dessas variedades modernas (*modern varieties* - MD) ocorreu juntamente com insumos de alto custo, incluindo fertilizantes inorgânicos, máquinas e pesticidas [...]. Muitas nações em desenvolvimento, incluindo o Brasil, a Índia e o México utilizaram-se dos pesticidas com o objetivo de participar da Revolução Verde (FERREIRA, 2013, p. 44-45).

Em 1965, alicerçado no contexto da Revolução Verde e amparado pelos incentivos do Banco Mundial, foi criado o Sistema Nacional de Crédito Rural, para conceder aos agricultores crédito agrícola, desde que os mesmos usassem os recursos para a obtenção de insumos químicos. Em 1975, foi criado o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas, objetivando disponibilizar recursos financeiros destinados à fundação de empresas nacionais (LONDRES, 2011).

É importante destacar que o Plano Nacional de Desenvolvimento - PND (1975-1979) foi um programa de reformas e metas de investimento, do governo Ernesto Geisel (1974-1980), cuja finalidade era o crescimento econômico a partir de mudanças na estrutura

industrial. O PND permitiu que o Brasil fosse lançado ao comércio internacional aumentando a utilização de agrotóxicos no trabalho rural. Nos termos do PND, o agricultor estaria obrigado a comprar os insumos químicos para fins de obter recursos do crédito rural. Dessa forma, para cada financiamento requerido se exigia que fosse acrescentada uma determinada cota de agrotóxicos (FIGUEIREDO, 2009).

Não se pode negar que o desenvolvimento dessa política alavancou o processo de modernização agrícola e resultou no maior uso de agrotóxicos, expandindo-se, principalmente, para os países desenvolvidos e gradativamente atingindo os países emergentes e subdesenvolvidos. Em que pese tais políticas terem o intuito de resolver as questões de insegurança alimentar, o fato é que não foi remediada até o momento, contrariando, assim, as expectativas (MORAES, 2019).

A produtividade agrícola atual é suficiente para suprir as demandas mundiais de alimento. Não falta comida: falta coragem às pessoas para admitir que o que impulsiona o modelo agrícola atual, baseado no uso intensivo de agentes químicos, não é a garantia da demanda alimentar do planeta, e sim a garantia dos lucros relacionados à produção agrícola mundial e à produção / comercialização de agrotóxicos. A fome não é, como dizem os “doutores” dos agrotóxicos, um problema de produção, e sim um problema de distribuição de riquezas” (PERES, 2005, p. 7).

Moraes (2019), aponta que as evidências científicas sobre impactos de agrotóxicos são universais, assim, questiona quais são os motivos para que a sua regulação tenha variação de país para país. Sabe-se que é função do Estado Brasileiro fiscalizar e controlar as práticas de trabalho em todos os estabelecimentos rurais, garantindo treinamento ao trabalhador rural e promovendo a proteção da saúde humana e do meio ambiente, mas infelizmente isso não ocorre. A regulação dos insumos químicos não é um processo neutro e não resulta apenas das normas e conhecimentos científicos, mas sim do poder de grupos que ganham e que perdem com a regulação. O entendimento de que se deva existir uma regulação imparcial, é, portanto, ilusória (MORAES, 2019).

São evidentes os benefícios ao capital estrangeiro decorrentes dos insumos vendidos, principalmente, para países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, ainda mais devido ao fato do governo estar intimamente atrelado a esse capital, tornando a agricultura do país altamente dependente desses insumos (PROCÓPIO, 2012).

Se não bastasse o uso indiscriminado e todos seus malefícios, há ainda o grave problema da comercialização ilegal de produtos que segundo o SINDIVEG (2016) chegam a

atingir a marca de aproximadamente 20% da comercialização de agrotóxicos no Brasil. O comércio ilegal permite que muitos desses insumos, que têm suas vendas proibidas em outros países devido aos danos à saúde e ao meio ambiente, sejam comercializados no Brasil:

a ilegalidade no mercado é um grande problema do setor, não somente pelas questões econômicas impactadas pela atividade irregular, mas, sobretudo, pela questão de segurança alimentar da população e pelo risco de contaminação do meio ambiente. Desconhecemos a segurança desses produtos no campo e, por consequência, na mesa da população, uma vez que não passam pelo crivo das autoridades regulatórias. (SINDIVEG, 2016).

O estudo de Moraes (2021) analisou o comércio ilegal de agrotóxicos no Brasil, buscando entender se o aumento da demanda por produtos legais e o crescimento da produção agrícola contribuíram para o mercado ilegal. Foram considerados os riscos à saúde e ao meio ambiente decorrentes do uso desses produtos sem os devidos controles sanitários e ambientais. O estudo concluiu que o comércio ilegal não representa um problema significativo, pois ocorre em pequena escala e os produtos não são substancialmente mais tóxicos do que os comercializados legalmente no país:

o contrabando de agrotóxicos pode ser um problema em função de sua potencial associação a atos de violência e corrupção, assim como à saúde e ao meio ambiente decorrentes. Contudo, considerando-se a dimensão do mercado legal no Brasil, assim como o volume deste tipo de contrabando em comparação ao contrabando, descaminho ou tráfico de outros produtos (especialmente drogas ilícitas e cigarros), não há evidência de que este seja um problema de grandes dimensões. O número de apreensões entre 2008 e 2018 foi baixo, mesmo após o tema ter ganhado relevância, em função de atividades realizadas por associações de classe do setor (MORAES, 2021).

De acordo com a Anvisa (2018), alguns dos agrotóxicos mais aplicados nas lavouras são proibidos na União Europeia ou há variações nos limites máximos de resíduos permitidos tanto em alimentos como na água:

dos dez ingredientes ativos mais utilizados no Brasil, três são proibidos na União Europeia (acefato, atrazina e paraquate), mas são de uso autorizado nos Estados Unidos, Japão, China e nos demais países do Mercosul. Para além da proibição ou autorização de uso, há outras diferenças na regulação. Dentre estas, há variações nos limites máximos de resíduos permitidos em alimentos (MORAES, 2021).

Importante se faz destacar que a partir da década de 1990, houve o surgimento de questões referentes a políticas macroeconômicas de estabilização, como controle da inflação e taxas de câmbio, as quais incentivaram muito o desenvolvimento do setor agrícola, que passou a ser o principal responsável pelo superávit da balança comercial brasileira (VIEIRA FILHO, 2016).

Consequência disso foi que a utilização dos agrotóxicos no Brasil cresceu absurdamente a partir do início dos anos 1990, a Tabela 1 apresenta em números absolutos a quantidade de agrotóxicos utilizados no período 1991-2015, ressaltando-se que o Brasil esteve entre os países que mais expandiram o seu consumo (VIEIRA FILHO, 2016).

Tabela 1. Quantidade de agrotóxicos utilizados no mundo no período 1991-2015.

| Uso de agrotóxicos: quantidade total (em 1 mil toneladas) | | | | | | | | Percentual sobre o total mundial (2015) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| 1991 | 1995 | 1999 | 2003 | 2007 | 2011 | 2015 | | |
| Argentina | 26 | 41 | 63 | 63 | 77 | 112 | 208 | 5,1% |
| <i>Brasil</i> | 58 | 93 | 129 | 181 | 285 | 345 | 375 | 9,2% |
| Paraguai | 3 | 11 | 7 | 15 | 25 | 35 | 27 | 0,7% |
| Uruguai | 2 | 3 | 4 | 7 | 12 | 19 | 17 | 0,4% |
| África do Sul | 17 | 18 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 0,7% |
| China | 787 | 1079 | 1287 | 1351 | 1620 | 1792 | 1787 | 43,6% |
| Índia | 73 | 60 | 47 | 40 | 26 | 50 | 56 | 1,4% |
| Canadá | 29 | 32 | 42 | 35 | 45 | 66 | 76 | 1,9% |
| Estados Unidos | 396 | 427 | 429 | 420 | 391 | 391 | 408 | 10,0% |
| México | 27 | 27 | 27 | 16 | 47 | 52 | 46 | 1,1% |
| Japão | 80 | 80 | 80 | 68 | 62 | 54 | 53 | 1,3% |
| Alemanha | 31 | 29 | 33 | 35 | 41 | 43 | 47 | 1,1% |
| França | 95 | 90 | 107 | 78 | 76 | 62 | 71 | 1,7% |
| Itália | 93 | 80 | 82 | 88 | 78 | 68 | 61 | 1,5% |
| Reino unido | 30 | 34 | 35 | 31 | 22 | 17 | 19 | 0,5% |
| Mundo | 2290 | 2675 | 3034 | 3150 | 3583 | 3953 | 4098 | - |

Fonte: FAO, 2016.

Para a tabela comparativa, foram consideradas as dez maiores economias do mundo, além dos demais países do Mercosul. Analisando a Tabela 1, pode-se perceber que o Brasil em 1991, possuía um consumo de aproximadamente sete vezes menos agrotóxicos que os Estados Unidos, já em 2015, as quantidades no Brasil e nos Estados Unidos se aproximaram, sendo que cada um responde por cerca de 10% (dez por cento) do consumo mundial. Ao passo que o consumo no Brasil aumenta, ampliam-se os anseios tanto de produtores rurais como dos produtores de agrotóxicos em coibir qualquer tipo de restrição a ser imposta pelas regulações. Neste cenário, observa-se a redução do consumo nos países desenvolvidos, o que aumenta a importância do mercado brasileiro (MORAES, 2019).

Não se pode negar a existência de leis jurídicas brasileiras destinadas à manutenção da preservação do meio ambiente e saúde coletiva, assegurando que um novo agrotóxico

apenas seja comercializado após a comprovação do grau de toxicidade do mesmo, devendo ser igual ou inferior aos já registrados, conforme o previsto na "Lei dos Agrotóxicos", Lei nº 7.802/89 (MORAES, 2019).

Aparentemente tudo estaria resolvido, se não fosse por um detalhe muito importante, é que a "Lei dos Agrotóxicos" (Lei nº 7.802/89), quando afirma que o novo produto deverá ter sua ação tóxica "igual ou menor do que a daqueles já registrados" se torna de certa forma ineficaz e ineficiente, tendo em vista que o grau de toxicidade dos produtos já comercializados nacionalmente é elevado, já sendo danosos ao meio ambiente e à saúde humana. Assim sendo, basear-se exclusivamente nesse parâmetro não modifica o cenário atual, sendo imprescindível a criação de medidas com maior rigor, com o objetivo de apenas permitir a comercialização de substâncias que comprovadamente possuam um menor grau de toxicidade (MORAES, 2019).

De acordo com a referida Lei, para o lançamento de um novo produto agrotóxico no mercado, é necessária a solicitação de registro a três órgãos distintos: MAPA (Requisição de Dossiê Agrônômico), ANVISA (Requisição de Dossiê Toxicológico), IBAMA (Requisição de Dossiê Ambiental), sendo que após as avaliações agrônômicas, toxicológicas e ambientais, haverá a emissão de parecer confirmando ou não o respaldo para a comercialização.

Art. 3º Os agrotóxicos, seus componentes e afins, de acordo com definição do art. 2º desta Lei, só poderão ser produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados, se previamente registrados em órgão federal, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura.

§ 5º O registro para novo produto agrotóxico, seus componentes e afins, será concedido se a sua ação tóxica sobre o ser humano e o meio ambiente for comprovadamente igual ou menor do que a daqueles já registrados, para o mesmo fim, segundo os parâmetros fixados na regulamentação desta Lei. (BRASIL, 1989).

A Figura 1 apresenta o crescimento do registro dos agrotóxicos no Brasil nos últimos anos.

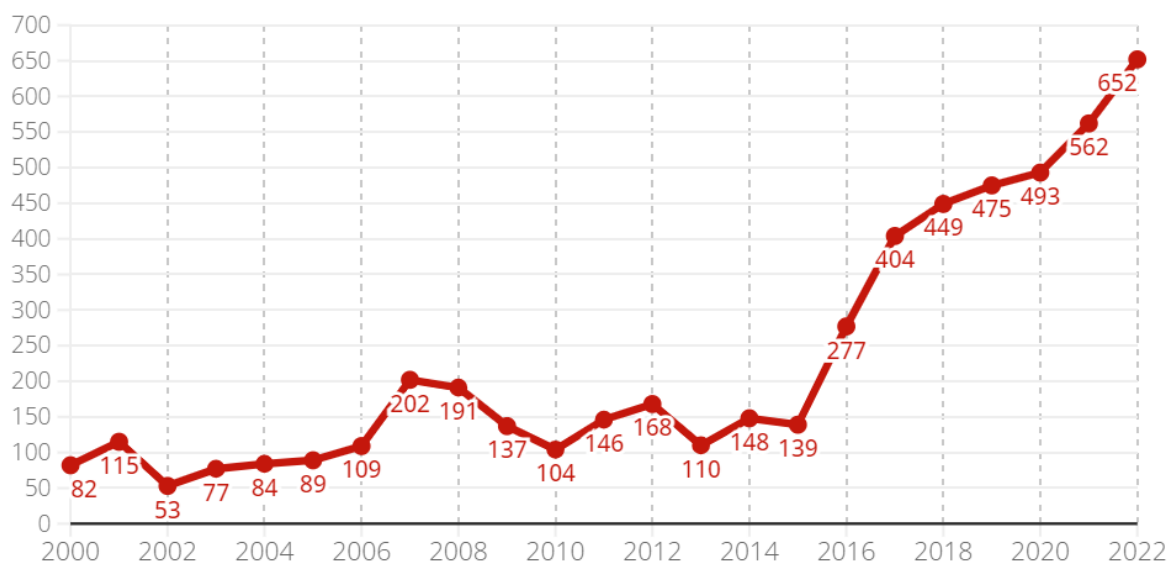


Figura 1. Registro de agrotóxicos no Brasil entre os anos de 2000 a 2022. Fonte: Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023.

Segundo a Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária (2023), a aprovação de agrotóxicos no Brasil a partir do ano de 2016 demonstra aumentos significativos. Conforme pode ser observado na Figura 1, em 2022, foram liberados 652 agrotóxicos, sendo importante destacar que é o maior número registrado em 23 anos, com um aumento de 16% em relação ao ano de 2021 (MAPA, 2023).

Necessário se faz identificar que dos agrotóxicos liberados, 516 são químicos e 136 são biológicos, os quais possuem menor impacto ambiental e são voltados para a agricultura orgânica. Cabe salientar que, de acordo com a legislação brasileira, os agrotóxicos biológicos também são chamados de agrotóxicos, e por conta disso são identificados juntos na Figura 2 (MAPA, 2023).

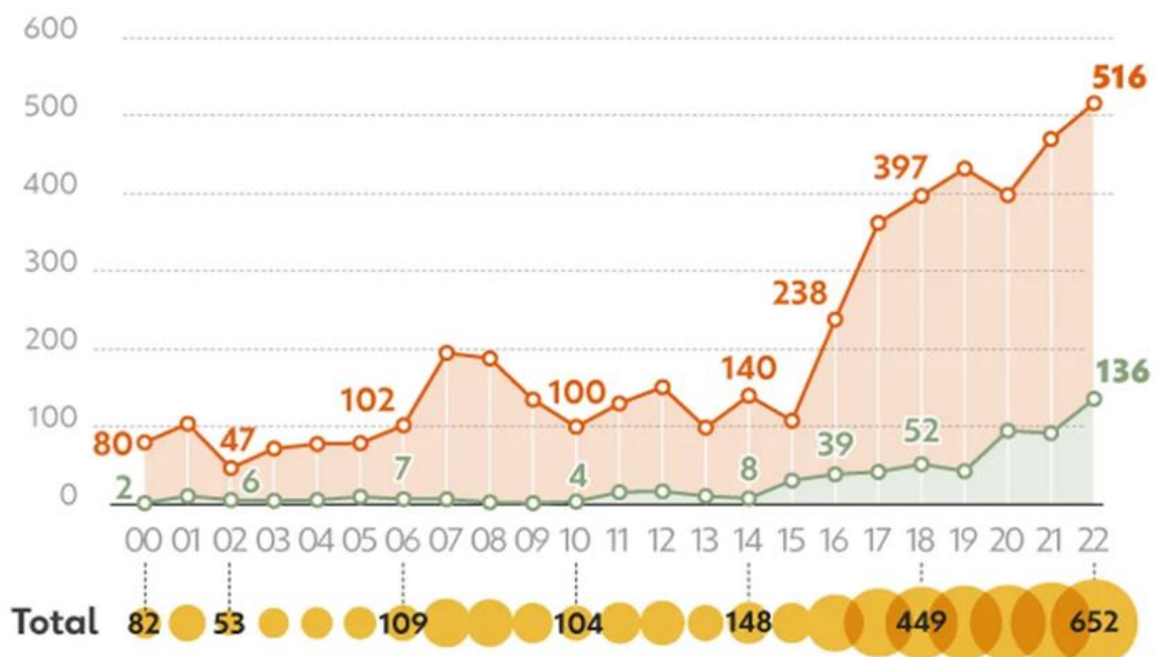


Figura 2. Registro anual de liberações de agrotóxicos químicos e biológicos no Brasil entre os anos de 2000 a 2022. Fonte: Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023.

Na Figura 2 pode se observar a divisão entre os agrotóxicos químicos (destacados em vermelho) e biológicos (destacados em verde).

No decorrer do período de 2019 a 2022, o ex-presidente Jair Bolsonaro foi responsável pela liberação de 2.182 agrotóxicos, sendo a maior quantidade de registros para uma gestão presidencial desde 2003, conforme se verifica na Figura 3.

A grande quantidade de agrotóxicos liberados durante o mandato do ex-presidente Jair Bolsonaro indica ser reflexo da sua política de flexibilização do setor de agroquímicos, que tentou alavancar a produção agrícola para atender às demandas do agronegócio brasileiro. Esse cenário incluiu a facilitação dos processos de registro e liberação de novos agrotóxicos, para acelerar a entrada de novos produtos no mercado.



Figura 3. Registro anual de liberações de agrotóxicos dos governos no Brasil entre os anos de 2000 a 2022. Fonte: Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023.

Torna-se necessário destacar que a liberação de agrotóxicos não foi exclusiva do governo Bolsonaro, uma vez que, conforme se pode observar na Figura 3, os governos anteriores já demonstravam a tendência de aumentar as aprovações. De todo modo, a que se destacar que foi no governo Bolsonaro que ocorreu um número muito grande de liberações, o que gerou discussões e preocupações em relação aos possíveis impactos ambientais, à saúde pública e à segurança dos trabalhadores rurais.

2.3 Consequências do uso indiscriminado de agrotóxicos para os insetos benéficos e o ecossistema

Apesar dos agrotóxicos auxiliarem na produtividade agrícola, o seu uso intensivo provoca um conjunto de situações negativas, bastante documentadas na literatura especializada. Muito se fala sobre os danos à saúde daqueles que aplicam os produtos, os quais possuem maiores chances de adoecer, porém, as consequências do uso indiscriminado

afetam a todos, e, embora os aplicadores estejam diretamente envolvidos, não se pode deixar de se preocupar com os familiares desses trabalhadores e a população em geral que também tem a probabilidade de adoecer mediante o contato direto ou indireto com os agrotóxicos (PORTO; SOARES, 2012).

O que acontece de fato é que o uso intensivo desses insumos, além de controlarem as pragas, também afetam seus inimigos naturais, seus competidores ou antagonistas, causando intenso desequilíbrio biológico. Não se deve esquecer, também, que ocasiona o aumento de resistência por parte das pragas, as quais passam a tolerar doses que antes matavam quase a sua totalidade (BRÜHL; ZALLER, 2019).

Tal situação contribui significativamente para o desenvolvimento de um ciclo vicioso, que cada vez mais exige o aumento das doses e quantidades de aplicações do produto químico no decorrer do ciclo produtivo (HAYES; HANSEN, 2017). É necessário manter o equilíbrio entre os benefícios econômicos e os impactos ao meio ambiente e à saúde do ser humano, com o intuito de impedir que a crescente busca pela eficiência e qualidade econômica não intensifique o surgimento de problemas socioambientais (MONTENEGRO; SIMONI, 2021).

Estudos apontam para a possibilidade de que ecossistemas inteiros sejam prejudicados pela agricultura industrial, mas os insetos se tornaram os mais vulneráveis a esse modelo de produção. Estudos científicos indicam que 40% das espécies de insetos estão em grande declínio populacional e podem desaparecer nos próximos anos (MONTENEGRO; SIMONI, 2021).

A estimativa é de que, todos os anos a população mundial perca 2,5 % de seus insetos. Os autores alertam para um “colapso catastrófico” dos ambientes naturais, dado o papel desses invertebrados na natureza, pois os insetos também servem de alimento para muitos animais (MONTENEGRO; SIMONI, 2021).

Segundo Sánchez-Bayo (2019), a mortalidade de insetos está diretamente ligada ao aumento do uso de agrotóxicos, já que a extinção de espécies começou no início do século 20 e se intensificou na mesma proporção que a disseminação de agrotóxicos (CARDOSO et al., 2020).

A utilização massiva dos agrotóxicos, combinado com outras ameaças como a urbanização, a introdução de espécies exóticas, desmatamento e as mudanças climáticas, representam um futuro incerto para os insetos (Figura 4).

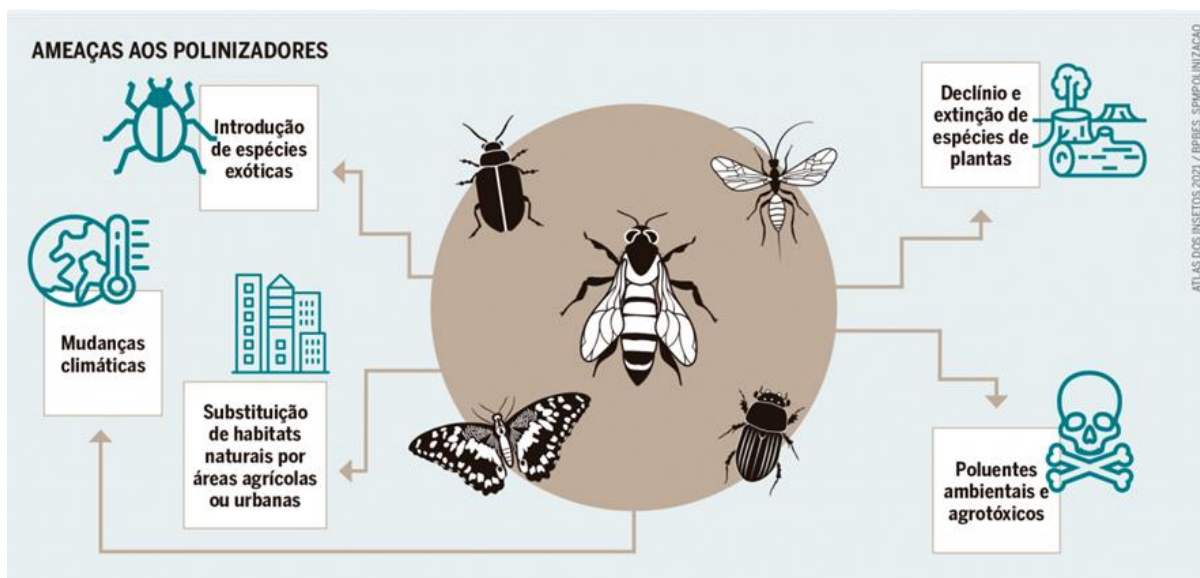


Figura 4. Apresentação ilustrativa sobre as ameaças aos insetos. Fonte: Atlas dos Insetos, 2021.

Segundo Sánchez-Bayo (2019), em dez anos haverá uma redução aproximada de 25% das espécies de insetos, em cinquenta anos, estima-se que se reduza à metade; e em cem anos não haverá mais nenhum deles. O autor aponta que apenas mudanças no modelo de agricultura atual seriam capazes de reverter esse cenário (SÁNCHEZ-BAYO, 2019).

Os insetos são decisivos na formação e conservação das comunidades, desenvolvendo redes emaranhadas que podem influenciar a coevolução das espécies (GUIMARÃES JR et al., 2017), a coexistência e o equilíbrio das comunidades (NORIEGA et al., 2018).

As diminuições de insetos além de reduzirem a diversidade das espécies, acabam por simplificar as redes, inclusive, pode-se perder mais interações entre as espécies do que elas em si (VALIENTE-BANUET et al., 2015).

Todas as alusões das transformações estão sujeitas ao papel que uma espécie desempenha na rede, assim, quanto maior for a participação de uma espécie em uma rede, maior será mudança na arquitetura, caso esta seja extinta. Importante destacar que aquelas espécies que fornecem estrutura à rede correm maior risco de extinção. Assim, torna-se necessário ter como objetivo preservar as espécies e suas interações (VALIENTE-BANUET et al., 2015).

2.4 O impacto da diminuição dos insetos benéficos na agricultura

Os insetos benéficos referem-se a espécies que desempenham importantes funções na agricultura, incluindo a polinização de plantas e a regulação de pragas (SAMWAYS et al., 2020). Os insetos podem ser empregados como aliados no combate a outros insetos, ajudando a manter o equilíbrio e a saúde dos ecossistemas (HAJEK et al., 2016).

Os insetos benéficos desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na promoção da saúde dos ecossistemas, especialmente na agricultura, e na promoção da produção de alimentos sustentáveis. É essencial reconhecer e proteger essas espécies para garantir um futuro mais saudável e equilibrado para as próximas gerações (LARSEN, A. E.; GAINES, S. D.; DESCHÊNES, 2017).

O Quadro 2 apresenta exemplos de insetos benéficos que representam uma variedade de espécies que desempenham papéis importantes em ecossistemas naturais e na agricultura.

Quadro 2. Exemplos de insetos benéficos e seus benefícios.

| Tipo de Inseto | Exemplos de Insetos | Benefícios |
|-----------------------|--|--|
| Polinizadores | Abelhas, borboletas, vespas | - Polinizam plantas, permitindo a produção de frutos e sementes de culturas agrícolas (SAMWAYS et al. (2020). |
| Predadores | Joaninhas, crisopídeos (bichos-lixo e vespas) | - Controlam populações de insetos prejudiciais, reduzindo a necessidade de pesticidas químicos (HAJEK et al, 2016). |
| Decompositores | Besouros e moscas | - Quebram matéria orgânica em nutrientes, melhorando a fertilidade do solo (SCHEBESTA, H., e CANDEL. J. J. L. 2020). |
| Controle Natural | Libélulas, sirfídeos, insetos e parasitoides | - Mantêm o equilíbrio ecológico ao evitar surtos de pragas (HAJEK et al, 2016). |
| Conservação | Abelhas nativas, borboletas raras | - Contribuem para a conservação da biodiversidade em habitats naturais (SAMWAYS et al. (2020). |
| Práticas Sustentáveis | Predadores e polinizadores específicos para culturas | - São incentivados em práticas agrícolas sustentáveis (LARSEN, A. E.; GAINES, S. D.; DESCHÊNES, 2017). |

Fonte: elaboração própria, 2023.

Muitos são os tipos de agrotóxicos que são comercializados, sendo que a cada dia novos produtos são lançados no mercado para o controle de pragas. Ocorre que, devido ao uso descontrolado e à falta de informação dos agricultores, tais produtos não apenas reduzem

as pragas das plantas, mas, também, diminuem as outras formas de vida necessárias para o planeta (FRIEDRICH et al., 2018).

Os agrotóxicos disseminados no meio ambiente visam as espécies-alvo, mas acabam por afetar indiretamente as espécies não-alvo de maneira que muitas vezes seus efeitos se tornam contrários ao uso pretendido. Os efeitos indiretos do uso indiscriminado dos agrotóxicos levam a impactos diretos em outras espécies, ocasionando à mortalidade de inimigos naturais (HAYES; HANSEN, 2017).

A aplicação desses agrotóxicos na agricultura comumente favorece surtos subsequentes de pragas devido à eliminação de inimigos naturais. A perda da diversidade e dos recursos alimentares pode também reduzir as populações de polinizadores. Assim, os impactos diretos dos agrotóxicos no meio ambiente são, portanto, amplificados por seus efeitos indiretos (PHILIP et al., 2020). Pode-se considerar os efeitos indiretos como efeitos colaterais relacionados às características ecológicas das espécies afetadas pelos agrotóxicos.

Desequilíbrios biológicos surgem do impacto dos agrotóxicos sobre espécies não-alvo, podendo aumentar as populações de algumas espécies e reduzir as de outras espécies, refletindo em impactos ecológicos causados pela modificação do habitat, competição de recursos entre espécies ou distúrbios das redes alimentares (SAMWAYS et al., 2020).

É importante observar que os impactos dos agrotóxicos em espécies não-alvo não devem ser avaliados apenas por seus efeitos letais, mas também é necessário considerar outros fatores que contribuem para o declínio da população, já que o tamanho da população é determinado não somente pela abundância de adultos, mas também por sua taxa de fertilidade e pelo número de ciclos de vida que uma espécie tem em um determinado ano (SAMWAYS et al., 2020).

2.4.1 Efeitos da redução das espécies não-alvo

A eliminação de inimigos naturais acarreta um grave desequilíbrio ecológico, bem como a resistência de pragas, o que contribui para o desenvolvimento de um ciclo vicioso, que incentiva o aumento das dosagens dos agrotóxicos e da quantidade de aplicações no decorrer do ciclo produtivo (FREITAS; GIATTI, 2009). O Quadro 3 elenca os efeitos da redução das espécies não-alvo.

O problema passa a ser ainda pior quando há o uso intensivo desses insumos, pois os agrotóxicos, além de erradicarem as pragas, também eliminariam seus inimigos naturais, ou seja, seus predadores e competidores. Acrescenta-se o fato do aumento de resistência por parte das pragas, que passam a tolerar doses que antes matavam quase a totalidade de seus progenitores (SOARES, 2010, p. 20).

Quadro 3. Efeitos da redução das espécies não-alvo.

| Efeitos da Redução das Espécies Não-Alvo |
|--|
| 1. Ressurgimento de Pragas |
| 2. Surto de Pragas Secundárias |
| 3. Envenenamento Secundário de Inimigos Naturais |

Fonte: elaboração própria, 2023.

O resultado pretendido com a aplicação dos agrotóxicos é o controle das populações de pragas, ocorre que seu uso intensifica o ressurgimento de pragas, sendo totalmente contraditório ao resultado pretendido de sua aplicação. Assim, o ressurgimento de pragas é um dos piores efeitos indiretos dos agrotóxicos, e isso é uma resposta da redução nas populações de inimigos naturais (GUIMARÃES JR. et al., 2017).

Estudos mostram que a redução ou eliminação dos predadores naturais pelos agrotóxicos são a principal causa do ressurgimento de pragas, pois o agrotóxico também elimina o agente natural de controle da praga, assim, favorece que determinadas populações se multipliquem e fiquem fora de controle (GUIMARÃES JR, et al., 2017).

Devido ao uso abusivo dos agrotóxicos, surgiram problemas relacionados ao ressurgimento de pragas primárias, por conta dos efeitos indiretos nas populações de inimigos naturais, ocasionando a elevação ao status de praga primária aquelas pragas que eram de importância secundária (GUIMARÃES JR, et al., 2017).

Os surtos de pragas secundárias são o efeito indireto da eliminação das pragas primárias das culturas e, portanto, resultam da liberação da competição entre espécies. A principal causa de tais surtos é a supressão dos inimigos naturais das pragas secundárias, incluindo predadores e parasitoides que mantinham sob controle as populações de pragas secundárias (HAJEK, et al., 2016).

É necessário salientar que as pragas secundárias sempre existiram, mas eram mantidas em equilíbrio, sem afetar economicamente as safras, graças ao controle biológico natural. O uso dos agrotóxicos de forma desordenada e não seletiva ocasiona a eliminação da ação desse controle biológico natural, favorecendo que populações de pragas cresçam de forma descontrolada e passem a ocupar patamares de níveis capazes de gerar dano econômico as plantações (HAJEK, et al., 2016).

Pragas-alvo e outros insetos não-alvo geralmente são dizimados quando agrotóxicos são aplicados a uma cultura, mas insetos individuais não morrem instantaneamente: o tempo até a morte pode variar de alguns minutos a alguns dias, dependendo da dose de exposição que cada inseto recebe. Enquanto isso, os inimigos naturais que se alimentam das espécies afetadas podem sofrer envenenamento secundário e alterar sua capacidade predatória ou até mesmo morrer (HAJEK, et al., 2016).

2.5 Principais barreiras dos produtores rurais para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis

Nesse estudo foi possível constatar que são muitas as dificuldades que os produtores agrícolas podem se defrontar para implementar práticas agrícolas sustentáveis. Entre elas, estão as citadas no Quadro 4.

Quadro 4. Barreiras para a Implementação de práticas agrícolas sustentáveis.

| Barreiras para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis | Resumo | Referências |
|---|---|--------------------------|
| Pressão econômica | É possível que ao se procurar por lucros contíguos, muitas vezes, privilegia-se a produtividade em detrimento da sustentabilidade. Bem como, custos mais elevados conexos à adesão de práticas sustentáveis, como agricultura orgânica ou sistemas agroflorestais, podem desestimular os produtores de empregá-las. | DUHAN et al., (2017) |
| Falta de acesso a recursos e tecnologias | Restrições na admissão a recursos e conhecimento competente impedem a adesão de práticas sustentáveis. A falta de infraestrutura apropriada: sistemas de irrigação hábeis ou acesso a crédito para os investimentos. | BESSI, N. et al. (2013). |

| Barreiras para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis | Resumo | Referências |
|--|---|--|
| Dependência de insumos químicos | Produtores atrelados em um ciclo de subordinação de agrotóxicos e fertilizantes químicos. | LONDRES, (2011). |
| Questões regulatórias e políticas | Falta de regulamentações claras e políticas favoráveis à sustentabilidade. Em muitos fatos, os estímulos governamentais ainda beneficiam padrões de produção aprovadas em vez de práticas sustentáveis. | IPEA (2019). |
| Conhecimento limitado e resistência à mudança | Falta de subsídios e habilitação sobre práticas sustentáveis e resistência às mudanças. | COLLINS et al., (2021). |
| Resistência cultural e social | Resistência cultural e social à adoção de práticas sustentáveis. | LAMBOLL et al. (2021) |
| Mudanças climáticas e condições adversas | Obstáculos movidos por alterações climáticas e condições adversas. | COLLINS et al., (2021). |
| Acesso a mercados e demanda do consumidor | Complexidade para acessar mercados que apreciam produtos sustentáveis. | KAMAL et al., (2018). |
| Questões de escala e complexidade | Percalços encarados por produtores em grande escala e em sistemas abstrusos de produção. | COLLINS et al., (2021). |
| Conflitos de interesse | Empenhos contrários entre díspares partes envolvidas na cadeia de produção agrícola. | SCHUMACHER, ANTUNES, RODRIGUES, (2016) |

Fonte: elaboração própria, 2023.

É importante salientar que para a superação das barreiras mencionadas é necessário o envolvimento todos aqueles que atuam na agricultura, ou em prol desta, incluindo produtores, governos, empresas privadas, organizações da sociedade civil e consumidores. Torna-se necessário a implementação de políticas e incentivos que incentivem a sustentabilidade, fornecendo apoio técnico e financeiro aos produtores rurais, bem como o acesso a informação para a construção de uma conscientização da necessidade de se buscar por uma demanda de produtos sustentáveis.

3. Metodologia

3.1 Procedimento de Pesquisa

Para este estudo foi realizada uma pesquisa exploratória com coleta de informações técnicas e qualificadas contidas artigos e em documentos de patentes. Nesse contexto, realizou-se um mapeamento científico e patentário a partir da utilização de importantes bases de dados. Na Figura 5 está apresentado o fluxograma ilustrativo da metodologia e quais aspectos e resultados foram avaliados e obtidos no mapeamento. Além disso, um estudo de caso foi investigado como proposta para a redução dos impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos.

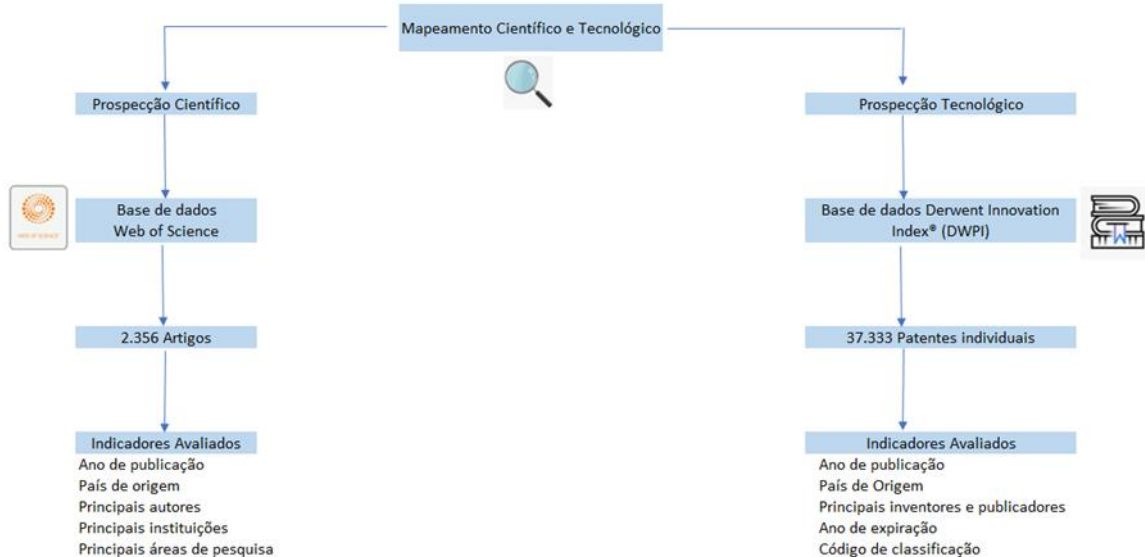


Figura 5. Fluxograma do Mapeamento Científico e Tecnológico. Fonte: Elaboração própria, 2023.

Importante destacar que o objetivo da pesquisa científica é ampliar a área de estudo sendo capaz de desenvolver e estabelecer uma nova descoberta de caráter científico. De acordo com Gil (2012), a pesquisa como procedimento lógico e sistemático possui o espaço de produzir uma resposta às situações mencionadas e/ou expostas. A mesma é solicitada quando não há disponibilidade de dados suficientes para uma determinada situação/problema, ou então quando os dados disponíveis não consistem em uma adequação satisfatória ou suficiente relacionado ao problema.

Convém ressaltar que a pesquisa bibliográfica é instruída através da literatura, através de elementos de natureza metodológica com base teórica em livros, artigos e revistas. Ela é

baseada em registros já existentes, resultados de pesquisas anteriores, em documentos impressos como livros, artigos, dissertações, entre outros que utilizam dados teóricos já estudados por outros pesquisadores e registrados oficialmente (SEVERINO, 2007, p.122).

Nesse contexto, não há dúvidas de que o desenvolvimento de um trabalho científico basicamente se origina de pesquisa bibliográfica, vez que esta contribui para dar base e fundamentação no desenvolvimento do trabalho, sendo que todo o processo de elaboração contribui para a construção do conteúdo e a melhor compreensão do tema proposto (MARCONI; LAKATOS, 2013).

A revisão bibliográfica utilizada como método nesta pesquisa, analisou as informações coletadas, causando repercussão positiva (GIL, 2012), através da busca em materiais confiáveis direcionados para a temática em questão, buscando a elaboração de um maior grau de conhecimento sobre os impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos no ecossistema dos insetos.

O presente trabalho intitulado “impacto da diminuição dos insetos benéficos na agricultura e sua relação com o uso indiscriminado de agrotóxicos: uma perspectiva através do mapeamento técnico-científico e estudo de caso”, foi construído através de pesquisa científica, com a finalidade de atender os objetivos desse estudo. Para solucionar o problema da pesquisa, foi necessário levantamento bibliográfico, buscando autores que tratam do tema em questão. Nesse aspecto, foram analisados diversos estudos científicos que melhor contribuíssem às necessidades impostas por este trabalho.

3.1.1 Quanto à abordagem

Nesta perspectiva, foi utilizada a pesquisa qualitativa, o que segundo Godoy (2006), esta enfatiza a captação do fenômeno a partir da perspectiva das pessoas nela envolvidas. Suas características contemplam a identificação como fonte de cada pesquisador, como dispositivo basilar, cujo caráter descritivo evidencia os significados e preocupações de cada investigador, bem como sua abordagem perceptiva.

Tal abordagem qualitativa permitiu obter dados descritivos, situando de forma direta o objeto de estudo, conduzindo a um entendimento os fenômenos únicos e inseparáveis de seu contexto. O objetivo da pesquisa é de construir informações investigadas e representativas capaz de produzir novas informações (MINAYO, 2015).

3.1.2 Quanto à análise dos dados e objetivos

As principais justificativas para o uso da pesquisa descritiva-explicativa, estão nos objetivos de descrever o fenômeno estudado, apresentar suas características e dimensões, identificar fatores que causam ou mesmo tributam para tal acontecimento. De acordo com Gil (2019), esses dados tornam-se importantes para apreender o contexto e explanar a visão dos autores que contemplam em seus estudos tal temática.

Deste modo foram consultados 11 autores que definem e caracterizam o termo 'agrotóxico', bem como foi consultada a legislação que trata deste tema, compreendendo 1 Lei, 2 Decretos e 1 Projeto de Lei.

Ao se referir ao histórico do uso indiscriminado de agrotóxicos, foram utilizados 17 autores que justificam a relação entre fatos históricos: a política da Revolução Verde, e o pós-guerras como fatores impulsionadores desse uso exagerado.

Com relação aos impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos no meio ambiente, foram consultados 6 autores, os quais identificam os efeitos do uso inadequado desses produtos. Para identificar as consequências do uso indiscriminado dos agrotóxicos que vulnerabiliza os inimigos naturais, foram usados 10 autores. Sobre os impactos da diminuição dos insetos benéficos e os efeitos de sua redução foram consultados 8 autores. Em relação às principais formas de redução do uso dos agrotóxicos, salientando-se o controle biológico, foram consultados 7 autores. Para aprofundar o estudo sobre o papel da joaninha enquanto inimigo natural, foram utilizados 14 autores. No manejo integrado de pragas, buscou-se a análise de 4 autores.

Apesar de o termo: revisão de literatura ser genérico, este estudo buscou compreender os principais trabalhos publicados que oferecessem uma análise literária que abarcasse os assuntos específicos pertinentes a diferentes abordagens para as diferentes etapas do desenvolvimento da pesquisa. No entanto, foi notório reunir e discorrer sobre tal conjunto de trabalhos científicos, levando em consideração: o tratamento da temática, os critérios explícitos reproduzidos pelos pesquisadores, constatando, assim, o que funciona e o que não funciona num dado contexto.

A sua aplicabilidade fundamentou-se na consulta explícita das estratégias de busca empregada em cada base, justificando-se no próprio processo de seleção dos artigos científicos, os critérios de inclusão e exclusão e as análises. Também, observou-se as

limitações e digressões da temática de cada consulta para a devida tomada de decisão: artigos e livros.

Quanto ao tipo de estudo e sua proficuidade, a dissertação buscou as direções de pesquisa de revisões bibliográficas, para obter resultados detalhados sobre o tema proposto. Assim, foi realizado um estudo exploratório de revisão narrativa, sendo que tal pesquisa procurou detectar uma maior proximidade com o problema apresentado, buscando facilitar uma apreensão de que esse estudo pode ser usado para fornecer uma descrição histórica do desenvolvimento da teoria e da pesquisa sobre tal tópico (SIDDAWAY; WOOD; HEDGES, 2019).

Em que pese a explanação dos diferentes tipos de consultas, foram excluídos 14 estudos por demonstrar o impacto negativo para a saúde humana e ambiental. Esses ressaltavam efeitos da exposição crônica e simultânea a diversos agrotóxicos, além de estudos sobre os nexos de determinação estrutural do uso dos agrotóxicos e suas consequências e as publicações que abordavam outro tema que não o de interesse deste trabalho. Também foram excluídos estudos publicados anteriormente a 1989 e estudos repetidos.

Nesse interim, o trabalho realizou-se através de um levantamento nas bases de dados da Scientific Electronic Library (SciELO), das produções científicas divulgadas a partir de estudos realizados no Brasil e no mundo nos últimos 33 (trinta e três) anos sobre o tema 'agrotóxicos' e 'inimigos naturais' para qual se utilizou uma pesquisa exploratória-descritiva-explicativa. Na busca dos artigos, a ferramenta Web of Science (WoS) foi utilizada. A busca restringiu-se a uma análise de artigos publicados nos últimos 20 anos.

Levou-se em consideração para nortear a revisão bibliográfica a questão 'qual foi o rumo das produções científicas no Brasil e no mundo nos últimos 33 (trinta e três) anos sobre os impactos dos agrotóxicos no meio ambiente e seus impactos para os inimigos naturais. A aceção de estratégia de busca ponderou as seguintes expressões: *(agrochemical* OR "agricultural defensive*" OR pesticide* OR phytosanitar* OR insecticid * acaricid* OR defensive*) AND (natural enem*) AND (arthropod* OR insect* OR mite OR pest*) NOT (veteinar* OR medic*) AND (predator* OR parasitoid*);*

Os critérios de inclusão de estudos foram: abordagem do tema 'agrotóxicos'; estudos realizados no Brasil e no mundo no período de 1990 a 2023; formato de artigo científico nos idiomas português e inglês; e os que se enquadraram nos critérios que determinam quais são os impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos sobre os insetos. Bem como, os que

abordavam, especificamente, as funções dos insetos benéficos na agricultura; as possíveis soluções para minimizar a redução dos insetos benéficos; e a demonstração da importância do Projeto Biofal em parceria com a Embrapa, para a redução dos impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos.

3.2 Coletas e Instrumentos

O objetivo dessa pesquisa foi o de aprimorar conceitos e perspectivas ou encontrar espaço para intuições ou novas ideias. Dessa forma, a pesquisa exploratória é bastante flexível, permitindo que todo e qualquer aspecto relativo ao fato estudado tenha relevância. Entretanto, cumpre salientar que ao se adotar tal princípio, consente a comparação de dados recolhidos de díspares fontes e por métodos abalizados, assegurando, assim, uma maior coerência aos resultados, bem como, consubstanciando os entraves intrínsecos a cada um dos métodos empregados.

É necessário salientar que tal pesquisa objetiva promover maior estreiteza com o problema, no intuito de torná-lo mais compreensível. Esta envolve o levantamento bibliográfico (GIL, 2019).

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2017, p. 32).

3.3 Prospecção tecnológica em base de patentes

A base de dados Derwent Innovation Index® (Derwent World Patents Index - DWPI), Thomson Innovation®, foi utilizada para a pesquisa de patentes relacionadas ao tema de interesse desse estudo (licença de uso do Centro Universitário SENAI/CIMATEC). A prospecção foi realizada em 26 de junho de 2023, utilizando uma estratégia de busca contendo códigos pertencentes a Classificação Internacional de Patentes (CIP), com o objetivo de recuperar os documentos de patentes com maior precisão. Além disso, foram utilizadas palavras-chave que caracterizam o objeto de interesse, truncadas com asterisco (*), aspas (""), e operadores Booleanos (OR/AND). Os asteriscos foram utilizados para recuperar documentos com as

palavras-chave descritas tanto no singular ou plural e as aspas para delimitar uma frase exata ou um conjunto específico de palavras.

Nas Tabelas 2 e 3, encontram-se a tabela escopo construída com as estratégias de busca avaliadas e a descrição dos CIPs utilizados nas estratégias de busca. Após análise das estratégias, optou-se pela estratégia de busca de número 6, conforme descrito abaixo:

(agrochemical OR "agricultural defensive*" OR pesticide* OR phytosanitar* OR fungicid* OR herbicid* OR insecticid* OR nematocid* OR acaricid*) AND (A01P OR A01P000300 OR A01P000500 OR A01P000700 OR A01P001300 OR A01P001500 OR A01P001700 OR A01P001900);*

Associado a estratégia, a recuperação dos documentos baseou-se apenas na prospecção das patentes depositadas nos últimos 20 anos e na recuperação de patentes com status legal ativo e indeterminado (excluindo-se documentos expirados).

Tabela 2. Tabela escopo contendo as estratégias de busca avaliadas na prospecção de patentes.

| Estratégia No. | Palavras-chave | CIP / Ano / Status Legal | Nº de documentos recuperados | |
|----------------|---|--|------------------------------|----------------------|
| | | | Documentos Individuais | Famílias de Patentes |
| 1 | agrochemical* OR "agricultural defensive*" OR pesticide* OR phytosanitar* | | 440.011 | 213.580 |
| 2 | agrochemical* OR "agricultural defensive*" OR pesticide* OR phytosanitar* OR fungicid* OR herbicid* OR insecticid* OR nematocid* OR acaricid* | | 1.000.000 | 423.778 |
| 3 | agrochemical* OR "agricultural defensive*" OR pesticide* OR phytosanitar* | A01P OR A01P3/00 OR A01P5/00 OR A01P7/00 OR A01P13/00 OR A01P15/00 OR A01P17/00 OR A01P19/00 | 128.681 | 45.872 |

| | | | | |
|---|---|---|---------|--------|
| | agrochemical* OR "agricultural defensive*" OR pesticide* OR phytosanitar* OR fungicid* OR herbicid* OR insecticid* OR nematicid* OR acaricid* | A01P OR A01P3/00 OR A01P5/00 OR A01P7/00 OR A01P13/00 OR A01P15/00 OR A01P17/00 OR A01P19/00 | 308.511 | 91.252 |
| 4 | | | | |
| 5 | Estratégia No. 4 + Filtros: Seleção de documentos dos últimos 20 anos (2003-2023) | | 251.338 | 77.171 |
| 6 | Estratégia No. 4 + Filtros: Seleção de documentos dos últimos 20 anos (2003-2023) e Status legal "Alive/Indeterminate" | | 134.583 | 37.333 |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Tabela 3. Descrição dos CIP utilizados nas estratégias de busca.

| CIP | Descrição |
|-----------|---|
| A01P | Biocidal, pest repellent, pest attractant or plant growth regulatory activity of chemical compounds or preparations |
| A01P3/00 | Fungicides |
| A01P5/00 | Nematocides |
| A01P7/00 | Arthropodicides |
| A01P13/00 | Herbicides; Algicides |
| A01P15/00 | Biocides for specific purposes not provided for in groups A01P1/00 - A01P13/00 |
| A01P17/00 | Pest repellants |
| A01P19/00 | Pest attractants |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

A pesquisa baseou-se na busca dos termos selecionados no título, resumo e reivindicações dos documentos de patentes. A obtenção dos gráficos foi feita na própria base de dados a partir dos resultados encontrados na DWPI. É importante destacar que em virtude do período de sigilo de 18 meses, alguns documentos que podem ser considerados relevantes para este estudo, podem ainda não estar disponíveis para consulta. Escolheu-se seguir com a análise do número de famílias de patentes recuperadas pela estratégia de busca utilizada (37.333 documentos) e os indicadores considerados para análise dos dados foram: ano de publicação, país de origem, principais inventores e publicadores, ano de expiração e a

classificação dos documentos pela CIP, estabelecida pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO).

4. Resultados e Discussão

Muitas foram as evidências de que a exposição aos agrotóxicos pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana, desencadeando mortes e doenças (CARNEIRO et al., 2015). Na literatura, foi possível encontrar de forma muito bem documentada estudos relacionados sobre a saúde humana e o uso de agrotóxicos de maneira geral, como foi possível perceber os danos à saúde daqueles que aplicam os produtos (PORTO; SOARES, 2012), e a população em geral que também tem a probabilidade de adoecer mediante o contato direto ou indireto com os agrotóxicos, (FERREIRA et al., 2013; VIERA et al., 2016; MIRANDA, 2017; VIEIRA FILHO, 2016; GURGEL et al., 2019; PIGNATI, 2017; ALBUQUERQUE, 2015).

O que se percebe é que os insetos, embora sejam objetos de muitos estudos (BRÜHL; ZALLER, 2019; HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020), são deixados um pouco de lado em relação a ideia de preservação. Foi possível observar, nas pesquisas, que o senso comum se preocupa com a saúde humana e a preservação ambiental de plantas, árvores e animais diversos, já os insetos por não fazerem parte da “fauna carismática”, ficam por vezes esquecidos.

Pode-se observar nas representações das classes dos animais uma simbologia que os relacionam com um apelo carismático (CLUCAS et al., 2008; HOME et al., 2009; SMITH et al., 2012). Esse resultado emocional positivo dá-se pela busca da sua preservação, não só com a sua domesticação, como também, em se tratado de caça, tal como advinha em ocasiões passadas (CARO, 2010; VAUGHAN, 2010).

Cumprir dizer que o indivíduo exclui do seu círculo de aceitação e ou preocupação os animais que não contemplam as características de caráter estético antropomórfico como espécie carismática, cujo processo antropomorfização retratam propriedades físicas e comportamentais homogêneas (EPLEY et al., 2008; KULICK, 2009; THOMAS, 2010).

É inegável que os recursos mais empregados pelas populações locais para prevenir, reduzir ou resolver conflitos culminam em envenenar, ferir ou matar de forma seletiva ou fortuitamente espécies problemáticas (MARCHAND, 2013).

4.1 Principais funções dos insetos benéficos na agricultura

Ao serem analisados diversos autores que tratam do tema, foi possível identificar as funções dos insetos benéficos na agricultura, assim, pode-se observar sua atuação em agenciar o controle de pragas, uma vez que, contribui para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A Tabela 4 apresenta tais funções:

Tabela 4. Principais funções dos insetos benéficos na agricultura.

| Função | Descrição | Referência |
|------------------------------------|---|--|
| Controle de pragas | Operam como agentes de controle biológico, diminuindo as populações de pragas agrícolas e minimizando os danos às culturas. | (HAJEK <i>et al.</i> , 2016). |
| Redução do uso de pesticidas | Favorece a diminuição da necessidade de aplicação de pesticidas químicos na agricultura, viabilizando o controle biológico. | (LARSEN, A. E.; GAINES, S. D.; DESCHÊNES, 2017). |
| Equilíbrio ecossistema | Perpetua o equilíbrio ecológico nos agroecossistemas, do interagindo com outros organismos e favorecendo a diversidade biológica e constância dos ecossistemas agrícolas. | (MOREIRA, J. C. <i>et al.</i> , 2002, NORIEGA <i>et al.</i> , 2018). |
| Polinização | Alguns inimigos naturais, como abelhas e borboletas, cumprem o papel crucial na polinização das plantas cultivadas, acrescentando a produtividade e qualidade das culturas. | (SAMWAYS <i>et al.</i> , 2020). |
| Aumento da resistência das plantas | Estimulam as defesas naturais das plantas cultivadas, tornando-as menos suscetíveis a doenças e pragas. | (STRANGE, N., GELDMANN, J., BURGESS, N. D., 2022). |
| Reciclagem nutrientes | Cooperam para a decomposição da matéria orgânica e reciclagem de nutrientes no solo, melhorando a saúde do solo e aumentando a produtividade de nutrientes para as plantas. | (SCHEBESTA, H., e CANDEL. J. J. L. 2020) |

Fonte: elaboração própria, 2023.

Nesse contexto, compreende-se que os inimigos naturais exercem funções vitais na agricultura, englobando o controle de pragas, a preservação da biodiversidade, a redução dos riscos ambientais e para a saúde humana, e a promoção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Assim, sua existência e manejo apropriado são basilares para afiançar uma produção agrícola saudável, segura e ambientalmente responsável.

Cumpram ressaltar, ainda que a eficácia do controle biológico está sujeita à apreensão do entrosamento entre os inimigos naturais, as pragas e o ambiente. Bem como, práticas agrícolas que empreendam a diversidade de habitats, a conservação de refúgios para os

inimigos naturais e a redução do uso de pesticidas químicos, pois, estes são imprescindíveis para potencializar o resultado do controle biológico.

4.2 Consequências do uso indiscriminado de agrotóxicos para os inimigos naturais e os agroecossistemas

Embora as evidências disponíveis sejam relativamente escassas, foi possível identificar que de fato o uso indiscriminado de agrotóxicos contribui para a redução populacional dos inimigos naturais (BRÜHL; ZALLER, 2019), e que causam desequilíbrio no ecossistema, quando além de atingir espécies-praga, acabam por afetar indiretamente as espécies não-alvo (HAYES; HANSEN, 2017), inibindo a competição interespecífica (PHILIP et al., 2020).

Contudo, a literatura nacional carece em fazer relação direta ao impacto do uso indiscriminado dos agrotóxicos para os inimigos naturais e como isso afeta o agroecossistema, vez que os materiais selecionados tratam do tema em estudos realizados na Europa e América do Norte (VAN KLINK et al., 2020; BRÜHL; ZALLER, 2019; HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020; HALLMANN et al., 2017; LISTER; GARCIA, 2018; LAMARRE et al., 2022; FRANÇA et al., 2020).

Os materiais estudados demonstram que há uma lacuna na literatura recente que estabeleça relação direta entre o desaparecimento dos insetos com o uso indiscriminado de agrotóxicos, mas foram encontrados estudos que tratam como uma das causas.

Os estudos mostraram que tanto no Brasil, como no mundo a destruição de habitat, mudanças climáticas e os agrotóxicos afetam os ecossistemas e contribuem para a redução populacional dos inimigos naturais (BRÜHL; ZALLER, 2019), causando desequilíbrio no ecossistema (HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020).

De acordo com Lewinsohn et al. (2022), populações de insetos “caíram vertiginosamente” nos últimos anos, e embora em 2018 tenham-se iniciado muitos estudos em todo o mundo, pouco ou nada se publicou em pesquisas brasileiras. O autor buscou suprir a lacuna, ao menos em parte, conseguindo demonstrar que os insetos terrestres estão diminuindo tanto em abundância quanto em diversidade.

Mesmo os estudos no Brasil e no mundo sendo escassos, foi possível identificar que de fato as populações de insetos terrestres estão se reduzindo a cada ano. Entretanto, esses

estudos se concentraram principalmente na Europa e América do Norte (LEWINSOHN et al., 2022; MONTENEGRO; SIMONI, 2021; SÁNCHEZ-BAYO, 2019).

Devido à falta de dados sobre os insetos tropicais, os cientistas acreditam que os principais fatores responsáveis pela redução dos insetos são a destruição de habitats, o uso de agrotóxicos e as mudanças climáticas, assim, é necessário o emprego de recursos para financiar esses estudos, pois as perdas de insetos causam graves ameaças aos serviços ecológicos, como a reciclagem de resíduos, a formação de solos férteis, a polinização de plantas e também como fonte de alimento para outras espécies, sendo estas suas funções na agricultura (LEWINSOHN et al., 2022).

O estudo desenvolvido por Lewinsohn et al. (2022) utilizou não somente artigos publicados, mas também contatou mais de 150 pesquisadores em todo o Brasil para obter dados adicionais. Assim, foram avaliadas as tendências sobre insetos em estudos publicados e não publicados, relatórios técnicos, teses e pequenas revistas. Foram avaliados cientistas experientes que trabalham há anos com um determinado grupo de insetos, ou determinada localidade (LEWINSOHN et al., 2022).

Foi possível identificar que os insetos fazem parte de uma rede complexa e extremamente diversificada, e são em sua maioria essenciais para a cadeia produtiva, influenciando diretamente na vida de outros seres vivos. A partir da revisão dos estudos apontados neste trabalho, foi possível identificar os impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos sobre os insetos: desequilíbrios na manutenção da biodiversidade, vez que quebra toda a cadeia alimentar, gerando aumento de pragas que até então não eram temidas em determinada cultura, surgimento de pragas secundárias, envenenamento de insetos não-alvo que servem apenas para contribuir com o ciclo da vida (MONTENEGRO; SIMONI, 2021).

Os artigos publicados a respeito demonstram a necessidade de se monitorar essa redução dos insetos e promovem medidas para esse controle (VAN KLINK et al., 2020; BRÜHL; ZALLER, 2019; HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020; HALLMANN et al., 2017; LISTER; GARCIA, 2018; LAMARRE et al., 2022; FRANÇA et al., 2020; LEWINSOHN et al., 2022; MONTENEGRO; SIMONI, 2021; SÁNCHEZ-BAYO, 2019). Os materiais usados nesta pesquisa mostram algumas medidas que devem ser tomadas para reverter esse cenário, sendo a redução do uso dos agrotóxicos a principal delas, sendo esta uma forte tendência dos países

desenvolvidos, a exemplo dos países europeus que estão cada vez mais proibindo ou eliminando alguns ingredientes ativos de agrotóxicos (LEWINSOHN et al., 2022).

No Quadro 5 foi possível mapear os estudos que enfatizam o uso de agrotóxicos como uma das principais causas da redução dos insetos.

Quadro 5. Aspectos e Resultados do uso de agrotóxicos e a redução populacional de insetos.

| Aspecto | Resultados |
|--|--|
| Impacto dos agrotóxicos na redução dos inimigos naturais | O uso indiscriminado de agrotóxicos contribui para a redução populacional dos inimigos naturais, afetando a biodiversidade (BRÜHL; ZALLER, 2019) |
| Desequilíbrio no ecossistema | Além de atingir espécies-praga, os agrotóxicos afetam indiretamente as espécies não-alvo, inibindo a competição interespecífica (HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020) |
| Impacto limitado da literatura nacional | A relação direta entre o uso indiscriminado de agrotóxicos e a redução dos insetos ainda carece de estudos no Brasil (VAN KLINK et al., 2020; BRÜHL; ZALLER, 2019; HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020; HALLMANN et al., 2017; LISTER; GARCIA, 2018; LAMARRE et al., 2022; FRANÇA et al., 2020) |
| Impacto global das mudanças climáticas e destruição de habitats | Além dos agrotóxicos, a destruição de habitats e as mudanças climáticas também contribuem para a redução populacional dos insetos (BRÜHL; ZALLER, 2019; HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020) |
| Queda na abundância e diversidade dos insetos | Estudos recentes mostram uma diminuição tanto na abundância quanto na diversidade dos insetos terrestres, principalmente na Europa e América do Norte (LEWINSOHN et al., 2022; MONTENEGRO; SIMONI, 2021; SÁNCHEZ-BAYO, 2019) |
| Importância dos insetos na cadeia produtiva | Os insetos são essenciais para a cadeia produtiva e desempenham várias funções ecológicas na agricultura, influenciando diretamente na vida de outros seres vivos (MONTENEGRO; SIMONI, 2021) |
| Necessidade de medidas de controle e redução do uso de agrotóxicos | Os estudos destacam a importância de monitorar a redução dos insetos e promover medidas para controlar o uso indiscriminado de agrotóxicos, sendo a redução desses produtos uma tendência nos países desenvolvidos (VAN KLINK et al., 2020; BRÜHL; ZALLER, 2019; HAYES; HANSEN, 2017; PHILIP et al., 2020; HALLMANN et al., 2017; LISTER; GARCIA, 2018; LAMARRE et al., 2022; FRANÇA et al., 2020; LEWINSOHN et al., 2022) |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Através desta pesquisa, foi possível identificar que a redução dos inimigos naturais, bem como a resistência das pragas é um dos piores impactos negativos causados pelo uso indiscriminado dos agrotóxicos na agricultura, sendo necessárias alternativas capazes de minimizar tais impactos.

Com esse estudo, foi possível averiguar que os insetos fazem parte do maior grupo de animais, uma vez que nenhum outro é tão variado e compreende diferentes espécies, dos mais diversificados aspectos e tamanhos. Os insetos configuram mais ou menos 70% das espécies animais no mundo, sendo considerado o maior grupo de todos os seres vivos. Predadores como as joaninhas que comem outros insetos, são bastante essenciais na agricultura, sendo classificadas como insetos benéficos.

4.3 Principais formas de redução do uso de agrotóxicos: minimizar a redução populacional de insetos ao longo do tempo

São inúmeros os efeitos decorrentes do uso indiscriminado de agrotóxicos, tanto na saúde humana quanto no meio ambiente e na diminuição dos inimigos naturais, demandando a implementação de medidas para reduzir esse consumo excessivo. Essas medidas, embasadas nos três principais métodos para diminuir tal consumo: informação, controle biológico como base para o manejo integrado de pragas e os princípios da agroecologia, abordam de forma ecológica, social, política, cultural, ambiental e ética a busca por uma produção livre de agrotóxicos, substituindo-os por um sistema de cultivo sustentável que dispensa o uso de agrotóxicos e fertilizantes industriais nas plantações.

Conforme se observa no Quadro 6, serão abordados nesse estudo três métodos para se diminuir o consumo de agrotóxicos.

Quadro 6. Métodos para diminuir o consumo de agrotóxicos.

| Métodos para diminuir o consumo de agrotóxicos |
|---|
| 1. Informação |
| 2. Controle biológico |
| 3. Princípios da agroecologia |

Fonte: elaboração própria, 2023.

4.3.1 Informação

A principal forma de auxiliar na redução do uso indiscriminado de agrotóxicos é a disseminação de informações, pois dessa forma será possível conscientizar e educar agricultores, consumidores e a sociedade sobre os impactos negativos desses produtos. Com o fornecimento de informações precisas e acessíveis, é possível criar uma compreensão mais ampla dos riscos e consequências associados ao uso indiscriminado de agrotóxicos (BURIGO, 2019).

Permitir que todos tenham acesso a informação poderá auxiliar na mudança de mentalidade, incentivando a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e conscientes. A partir do momento que os agricultores tenham acesso a informações sobre alternativas aos agrotóxicos, como por exemplo, o manejo integrado de pragas, o controle biológico e o uso de técnicas agroecológicas, eles terão a possibilidade de tomar decisões conscientes e optar por métodos de produção mais seguros e ambientalmente responsáveis (PETERSEN, 2017).

Ademais, informação é fundamental para garantir que os consumidores também tenham consciência dos riscos associados aos alimentos contaminados por agrotóxicos. Através da informação, principalmente sobre os níveis de resíduos de agrotóxicos em alimentos, os consumidores poderão fazer escolhas mais seguras ao comprar e consumir produtos agrícolas, optando por alimentos orgânicos ou produzidos de forma sustentável (GIRALDO, 2016).

Além disso, é importante destacar que a informação também desempenha importante papel frente às autoridades governamentais, e os responsáveis pela elaboração de políticas e os legisladores sobre a necessidade de regulamentações mais rígidas, com políticas agrícolas direcionadas para a redução do uso indiscriminado de agrotóxicos. Ao se disseminar dados e evidências científicas, a informação poderá influenciar positivamente na tomada de decisões e na implementação de medidas que se preocupem com uma agricultura mais sustentável, na proteção da saúde humana e preservação o meio ambiente (PETERSEN, 2017).

4.3.2 Controle biológico

O controle biológico permite o ingresso de predadores, parasitoides e patógenos das principais pragas presentes nas lavouras. Dessa forma, esses organismos vivos quando introduzidos nas plantações, atacam as pragas, as quais causam diversos prejuízos financeiros

e são o motivo do uso dos agrotóxicos. A técnica usada no controle biológico é totalmente natural e inofensiva às lavouras, ao meio ambiente e não deixam resíduos nos alimentos, se configurando uma das melhores alternativas para a redução do uso de agrotóxicos na agricultura (DEBACH; ROSEN, 1991; VAN DRIESCHE; BELLOWS, 1996).

O agente de controle biológico é visto como aliado do homem e inimigo natural da praga, ele ocorre naturalmente em qualquer ecossistema sem que haja a necessidade da ação humana, mas é possível a ação do homem para auxiliar esse controle. São três as formas de controle biológico: importação, aumento e conservação de inimigos naturais (DEBACH; ROSEN, 1991; VAN DRIESCHE; BELLOWS, 1996).

O controle biológico por importação ocorre quando uma espécie exótica, que mantém habitat em outras áreas geográficas distintas é introduzida em uma nova região, fazendo com que sua população cresça ao ponto de ocupar todos os recursos disponíveis (VAN LENTEREN, et al., 2006) (PAULA, et al., 2015). A liberação no ambiente de espécies exóticas é regulada pela Instrução Normativa Ibama nº 5/2016 (IBAMA, 2016).

O controle biológico conservativo pauta-se na compreensão de que os agroecossistemas devem ser manejados com o propósito de resguardar e ampliar as populações de inimigos naturais (parasitoides, predadores e patógenos). (WYCKHUYS et al., 2013). Segundo Wyckhuys et al. (2013), faz-se necessário atrair os inimigos naturais para esses agroecossistemas, fornecendo, inclusive presas ou alimentos eletivos como fontes de carboidratos, como néctar e melato (honeydew), e de proteínas, como pólen, para parasitoides e predadores (WYCKHUYS et al., 2013).

Cumprе salientar que distintas espécies de predadores e parasitoides têm a longevidade, a sobrevivência e a fecundidade beneficiadas por uma dieta díspar à base de plantas, integrante às presas. Daí ser preciso não só o provimento de soluções complementares, mas também, designar e nutrir lugares de refúgio, administrando, desse modo, os cenários físicos do ambiente, com microclima adequado ao recrutamento e manutenção dos inimigos naturais (WYCKHUYS et al., 2013).

O controle biológico aumentativo mostra que os inimigos naturais que advêm naturalmente no agroecossistema podem não promover o controle almejado de alguma praga. Assim, uma tática importante pode ser a ampliação artificial da população de uma ou mais espécies de inimigos naturais seletos. Dessa forma, esse aumento será realizado por

liberações do agente de controle biológico de forma inoculativa ou inundativa (HEINZ et al., 2005).

A produção massal do inimigo natural pode ocorrer nas fábricas comerciais eminentemente especializadas, para a posterior liberação em campo de amplo número de indivíduos com o desígnio de suprimir a praga em que concerne a curto prazo (HEINZ et al., 2005).

4.3.2.1 O uso das joaninhas no controle biológico

Pulgões e cochonilhas são capazes de ocasionar muitos prejuízos às lavouras. Por isso, alternativas para combatê-los têm sido desenvolvidas no intuito de conter a população de insetos-praga sem trazer prejuízo ao meio ambiente, destacando-se o controle biológico. Levando em consideração esses aspectos, tem-se os insetos pertencentes à Ordem Coleoptera, Família Coccinellidae (HODEK, 1996).

Os insetos chamados de coccinelídeos são conhecidos, popularmente, por joaninhas. Detentores de grande empatia popular, são considerados símbolos de bons sentimentos de sorte e felicidade. Entretanto, sua maior importância está no controle biológico de pragas, pois se alimentam de afídeos (pulgões), moscas-brancas, cochonilhas e outros insetos que ocasionam prejuízos às plantas quando em alta população (Figura 1). Pode-se, ainda, mencionar que sua atuação eficaz conduz a um controle da população desses insetos-praga (PENTEADO et al., 2008).

No intuito de demonstrar a importância e potencial dos predadores como agentes de controle biológico, Hagen et al. (1976) estudaram a ingestão alimentar e as variáveis ambientais sobre as populações, tanto dos afídeos, quanto do predador. Os alimentos dos coccinelídeos predadores classificam-se em: essenciais e alternativos. Os essenciais asseveram o desenvolvimento e a oviposição, ao passo que os alternativos somente delongam a sobrevivência do inseto (HODEK 1973, p. 260).

Levando em consideração esses aspectos, convém salientar o fato de as joaninhas terem uma extensa série de peculiaridade dietéticas, são consideradas predadores artrópodes generalistas. Deste modo, essa amplitude alimentar pode expandir sua habilidade de se firmar em uma vasta diversidade de habitats (RUDOLF, 2007; RUDOLF; RASMUSSEN, 2013; WALLACH et al., 2017). Verifica-se, entretanto que, mesmo sendo generalistas, demonstram predileções

alimentares por presas que proporcionam o seu desenvolvimento, ou que lhes suscitem a fazer o ciclo de vida.

É inegável que as joaninhas podem ser consideradas um candidato para a produção e liberação massal em programas de controle biológico; tanto em casas de vegetação como em cenário de campo. Isso também se deve ao fato de elas terem a capacidade de busca de presas, alto grau de sincronia com a presa, alta taxa de crescimento populacional e adequação a ambientes diversificados com significativas mudanças climáticas (HAGEN, 1970; HODEK, 1973; OBRYCKI; KRING, 1998).

Segundo Guerreiro (2004), a família Coccinellidae traz uma categoria de alimento preferido em cada subfamília. Assim, tem-se como exemplo, no grupo das cochonilhas, a espécie *Dactylopius coccus*. Essa cochonilha é originária do México, tem apenas de 3 a 5 milímetros de comprimento corporal e coloração acastanhada ou amarela, que se alimenta da seiva de cactos (IBERATO; VIGUERAS, 2009, p. 63); bem como, afídeos, ácaros, fungos e até mesmo de plantas.

Sob tal ótica, convém salientar que para permanecerem vivas por longos períodos na natureza, em ausência de alimento adequado, as joaninhas podem se alimentar de pólen e néctar de plantas nativas (GRAVENA; SANTOS, 2004). A Figura 6 apresenta de forma ilustrativa as pragas que podem ser predadas pelas joaninhas.



Figura 6. Pragas que podem ser predadas pelas joaninhas. Fonte: Embrapa, 2022.

Em princípio, vale salientar que os estudos demonstram haver mais de seis mil espécies de joaninhas distribuídas em todo o mundo, entretanto, na América Latina encontra-se um total de duas mil, com cores e tamanhos diversos, uma vez que existem características entre tamanhos, citando-se entre 1 a 10 milímetros na sua variação (ALMEIDA; RIBEIRO-COSTA, 2009).

Convém ainda mostrar algumas características que as tornam distintas, são as asas, membranosas internas, que possibilitam seu voo e as externas élitros, cuja função centra-se em protegê-las. Essas asas também as diferenciam, quanto à coloração e pintas, são várias as diferenças, até dentro de uma mesma espécie (ALMEIDA; RIBEIRO-COSTA, 2009). A Figura 7 apresenta a diversidade morfológica de Coccinellidae: joaninhas.



Figura 7. Diversidade morfológica de joaninhas. Fonte: Netnature, 2022.

A natureza específica de sua importância, bem como, o nome em diferentes línguas, contemplam uma trajetória histórica e religiosa, associada a seu papel ecológico. A implicação disso se deu na Idade Média, quando os campos eram invadidos por pragas, os agricultores oravam, clamando socorro divino. Nesse contexto, ao aparecerem as joaninhas havia uma evidente melhora nas lavouras e colheitas. É importante frisar a explanação de ALMEIDA; RIBEIRO-COSTA (2009):

os coccinelídeos, família de besouros à qual as joaninhas pertencem, são conhecidos por serem predadores de outros insetos e fazerem o controle biológico de insetos indesejáveis às lavouras. Uma espécie de joaninha, aliás, foi um dos primeiros inimigos naturais utilizados em larga escala, com o objetivo de controlar danos provocados por pragas. Um exemplo clássico foi a introdução, em cultivos de laranjeiras na Califórnia, da espécie *Rodolia cardinalis* para o controle da cochonilha *Icerya purchasi* Mask (ALMEIDA; RIBEIRO-COSTA, 2009, p. 931).

Nesse contexto, observa-se que tais características como: a busca de presas, alta voracidade, estimando-se que comem entre 40 a 75 pulgões por dia, bem como a alta porcentagem de desenvolvimento populacional, permitem que as joaninhas sejam utilizadas em diversos planos de controle biológico. É notório em diversos estudos que os insetos logram diminuir o uso de agrotóxicos e viabilizam o aumento da sustentabilidade de sistemas de produção de alimentos (RUDOLF; RASMUSSEN, 2013).

Assim, entende-se que as joaninhas se tornam um instrumento ativo no controle biológico de pragas. Hodek (1996) salienta que as larvas e os adultos de coccinelídeos apresentam características favoráveis no que diz respeito à busca pelo alimento, assim, tal situação em ambientes de suas presas, conduz a uma atitude voraz (HODEK, 1996).

Também Santos et. al. (2003) pontuam que a ocorrência natural de larvas e adultos de coccinelídeos simultaneamente às infestações dos pulgões, mesmo nas díspares culturas, atenua suas populações e diminui os estragos acirrados. Ainda salienta: “as larvas alimentam-se de pulgões, ingerindo o líquido do corpo e deixando o tegumento como resíduo, enquanto o adulto devora totalmente o pulgão sem deixar vestígios” (SANTOS et al., 2003, p. 557).

No contexto atual, é possível reconhecer *Cryptolaemus montrouzieri* como uma espécie exótica de joaninha, benéfica, por ser uma ‘destruidora-de-cochonilhas’ desde o fim do século XIX. A cochonilha rosada é uma praga que tem atacado mais de 200 espécies vegetais. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) aprovou a joaninha como produto fitossanitário na agricultura orgânica, uma vez que tais estudos contemplam que essas pragas podem ser controladas por ela (VALE, 2016).

Como foi possível observar os Coccinellidae são eficientes inimigos naturais no controle biológico de pulgões, cochonilhas, moscas-brancas, pequenas larvas, ovos de insetos e ácaros fitófagos, que causam danos às lavouras. Importante destacar que eles são ambientalmente seguros e mais eficazes, sem causar efeitos prejudiciais em organismos não-alvo, além disso podem ser utilizados em programas de controle biológico clássico, aumentativo e de conservação, possuindo um potencial significativo nesses aspectos (KUNDOO; KHAN, 2017).

É importante destacar que o controle biológico embora possa vir a ser utilizado isoladamente, em muitos casos é indicado integrá-lo a outras medidas, incluindo o uso cuidadoso de agrotóxicos no manejo integrado de pragas (KUNDOO; KHAN, 2017).

Ademais, entende-se que estudos devem ser incentivados para tentar cada vez mais se melhorar as técnicas de conservação e aumentar a eficácia das espécies naturalmente presentes em sistemas abertos. Além disso, é necessário que se faça a identificação adequada da variedade de predadores que abranjam todas as principais espécies no complexo de pragas das culturas e agroecossistemas. Isso se mostra essencial, considerando os imensos benefícios atribuídos aos predadores como agentes de controle biológico (KUNDOO; KHAN, 2017).

4.3.2.2 Manejo Integrado de Pragas – MIP

As interações entre espécies são muito mais complexas do que comumente se pensa, já que o crescimento da competição normalmente leva a uma maior sensibilidade aos produtos químicos e envolve mudanças no tamanho da população entre diferentes espécies. Assim, a compreensão dos impactos indiretos dos agrotóxicos é importante para a implementação bem-sucedida de ferramentas de manejo integrado de pragas (MIP) na agricultura (KOGAN, 1998).

Manejar significa gerenciar, manipular recursos, em busca de um objetivo determinado. Convém ressaltar que este deve estar respaldado no conhecimento científico acessível (BERRYMAN, 2012).

Para o sucesso do manejo integrado de pragas (MIP), é necessário um conhecimento adequado dos processos ecológicos envolvidos nos impactos dos agrotóxicos, inclusive sobre seus efeitos diretos e indiretos sobre as espécies e comunidades (BERRYMAN, 2012).

Cumprir frisar que o verbete Manejo Integrado de Pragas (MIP) faz referência à agregação de dissemelhantes ferramentas de controle: produtos químicos, agentes biológicos (predadores, parasitoides e entomopatógenos – bactérias, fungos ou vírus), variedades de plantas resistentes a pragas, manejo cultural, feromônios e plantas iscas. Sua importância se dá através do controle de pragas da lavoura; manter a biodiversidade do agroecossistema; a preservação dos inimigos naturais; a otimização pela utilização de inseticidas químicos; em diminuir o impacto ambiental; preservar a biotecnologia no campo; reduzir perdas da lavoura e aumentar a produtividade (KOGAN, 1998).

É necessário compreender o significado do MIP, como uma agregação de medidas que objetiva assegurar a manutenção das pragas abaixo do nível de dano econômico (NDE). Sua aplicação é indicada quando a população da praga atinge o nível de controle (NC). Se a

população de insetos prejudiciais se mantém abaixo do NC, entende-se que ela se encontra no nível de equilíbrio (NE). A filosofia do MIP foi instituída na década de 1960 pela comunidade científica para o aprimoramento do controle de pragas agrícolas (ácaros, insetos, doenças e plantas daninhas) em resposta aos efeitos deletérios do uso abusivo dos agrotóxicos (BERRYMAN, 2012).

Restaurar o equilíbrio do ecossistema nem sempre é possível, tendo em vista que os efeitos prolongados de produtos químicos podem prejudicar o restabelecimento da estrutura original das comunidades (PETERSEN, 2017).

O Manejo Integrado de pragas (MIP) tem sido bastante eficaz no combate a ameaças fitossanitárias e na promoção da sustentabilidade da produção agrícola. No Brasil, essas ameaças estão cada vez mais presentes nas lavouras. No entanto, combatê-las e impedir que causem grandes prejuízos é possível (BERRYMAN, 2012).

Na natureza, um meio ambiente sadio e equilibrado oferece resistência ao surgimento e à proliferação de organismos que causem desequilíbrio populacional das espécies e, conseqüentemente, danos às culturas. Ao utilizar corretamente as estratégias de manejo, é possível manter o equilíbrio do ambiente, preservando os inimigos naturais das pragas e impedindo prejuízos econômicos. Para isso, é preciso introduzir uma nova rotina na lida diária da produção agrícola: o MIP (PETERSEN, 2017). Quando bem empregado, o procedimento diminui consideravelmente o uso de agrotóxicos, contribuindo para uma produção agrícola cada vez mais sustentável.

Os principais efeitos indiretos dizem respeito às operações de controle de pragas que não levam em conta a ecologia subjacente dos agroecossistemas, assim como causam o envenenamento da cadeia alimentar. “O agroecossistema é um sistema socioecológico que considera a interação entre natureza e sociedade para o entendimento de sistemas complexos, com as propriedades emergentes que possuem e suas dinâmicas espaço-temporais” (PETERSEN, 2017, p. 45). O agroecossistema, diferentemente dos ecossistemas naturais, é regulado pela intervenção humana na procura de uma determinada finalidade.

São ecossistemas, naturais ou não, modificados pela ação humana para o desenvolvimento dos sistemas agrícolas de cultivo. Estes sistemas passam a receber subsídios (através de fertilizantes), controles (de suprimentos de água, das pragas e das doenças), objetivando processos de colheita e de comercialização (LOWRANCE, 1984, p. 86).

Para Petersen (2017), é importante entender que os agrotóxicos, se por um lado, acarretam o enfraquecimento ou a morte de insetos benéficos, por outro lado, se não forem usados, as pragas seriam capazes de destruir safras inteiras. Dessa forma, os grupos ambientais e estudiosos do assunto não defendem a eliminação completa do uso dos agrotóxicos, mas a utilização responsável, e que priorize as formas de controle que não agridam o meio ambiente, como por exemplo o MIP, sempre que for possível.

Conforme previamente mencionado, são as táticas de manejo que se tornam alicerces para o MIP, a exemplo:

- Controle cultural, este apresenta-se como uma ação preventiva e permanente na lavoura, mesmo que haja existência de pragas. Deste modo, objetiva reduzir a acessibilidade de alimentos destinados às pragas, daí, evita-se a rebentação populacional na entressafra. Seus métodos são: rotação de culturas, escolha da época de plantio e colheita, destruição de restos de cultura anterior, cultura no limpo, poda, controle da adubação e irrigação e plantio direto e outros sistemas de cultivo (PETERSEN, 2017).

- Controle biológico, cujas ações centram-se em resguardar os inimigos naturais, advir liberação de predadores e/ou parasitoides ou dispor de inseticidas dispostos com Bt ou baculovírus. Também se pode utilizar a liberação ou pulverização desses inimigos naturais no campo (PETERSEN, 2017).

- Controle comportamental, que compreende a utilização de sinais químicos entre os seres vivos. São eles: os feromônios, plantas repelentes, armadilhas e semioquímicos. Por conseguinte, os feromônios logram ser dispostos em completude com armadilhas na perspectiva de atrair machos e conseguir a coleta massal de insetos, bem como, evitar encontro entre machos e fêmeas, obstruindo, o acasalamento (PETERSEN, 2017).

- Controle físico, em que a captura massal dá-se pelo efeito de ondas mecânicas ou eletromagnéticas, como por exemplo, a luz que atua sobre insetos que têm atividade noturna, como besouros, mariposas, percevejos, cigarrinhas e moscas. Além disso há as adesivas, cartões amarelos composto de resinas e cera, cuja função é de prender os insetos quando acontece o contato (PETERSEN, 2017).

- Controle genético, o qual conduz a um controle da população de praga por intermédio da manipulação de seu genoma. Isso se conduz de forma seletiva e objetiva pelo fato de que se obterá redução do potencial reprodutivo delas. Pode-se exemplificar com as

moscas-das-frutas, as quais são as principais pragas da fruticultura no Brasil. O seu manejo tem sido realizado predominantemente com uso de inseticidas aplicados por cobertura e/ou na forma de isca-tóxica, através de técnicas de esterilização em massa, onde moscas-das-frutas machos estéreis são criadas em larga escala e liberadas no ambiente, competindo com os machos selvagens na reprodução, reduzindo assim a taxa de sucesso reprodutivo das pragas (PARANHOS et al., 2019). Outro exemplo é através do mosquito da dengue, geneticamente modificado, na busca de se conseguir a esterilidade dos machos, e este a serem liberados no ambiente disputam as fêmeas com os outros machos não transgênicos. Entretanto, isso ainda não é utilizado amplamente (PETERSEN, 2017).

4.3.3 Princípios da agroecologia

A agroecologia é uma ciência que aborda princípios que visam promover a harmonia entre os sistemas agrícolas, a sociedade e o meio ambiente, sendo alguns de seus princípios descritos no Quadro 7 (APORAL,2004).

Quadro 7. Princípios da agroecologia.

| Princípio da Agroecologia | Descrição |
|----------------------------------|--|
| Diversidade | Incentiva a diversidade de culturas e espécies para aumentar a capacidade de recuperação dos agroecossistemas (BURIGO,2019). |
| Rotação e sucessão de culturas | Incentiva que as culturas sejam alternadas em um mesmo espaço ao longo do tempo, como objetivo de melhorar a fertilidade do solo, controlar pragas e doenças, e melhorar a produtividade (GIRALDO,2018). |
| Reciclagem de nutrientes | Incentiva a valorização da reciclagem de resíduos orgânicos e o uso de fertilizantes orgânicos para manter a fertilidade do solo e diminuir a dependência de fertilizantes químicos (BURIGO,2019). |
| Controle biológico | Incentiva o uso dos inimigos naturais, como predadores e parasitas, com o objetivo de controlar pragas e doenças, auxiliando na redução de agrotóxicos (GIRALDO,2018). |
| Uso eficiente de recursos | Incentiva o uso consciente de água, energia e outros recursos, evitando desperdícios e priorizando práticas sustentáveis de manejo (BURIGO,2019). |

| Princípio da Agroecologia | Descrição |
|--------------------------------------|---|
| Participação e conhecimento coletivo | Incentiva a divulgação de informações para a produção de conhecimento que possa ser compartilhado entre agricultores, estudiosos e sociedade para promover a tomada de decisões coletivas (APORAL, 2004). |

Fonte: elaboração própria, 2023.

É importante destacar que esses são apenas alguns dos princípios da agroecologia, que além de buscar sistemas agrícolas mais resilientes, sustentáveis e socialmente justos, tem a missão de garantir a segurança alimentar e a preservação dos recursos naturais (APORAL, 2004; GIRALDO, 2018; BURIGO, 2019).

4.3.4 Agrotóxicos: Uma análise do conceito e histórico

Com a finalidade de responder a pergunta de pesquisa, foi necessário partir da análise do que são agrotóxicos, assim, em relação ao conceito, foi possível perceber que há uma certa uniformidade dos conceitos apresentados pelos autores (VEIGA, 2007; CARSON, 2010; MOURA, 2012; CARNEIRO et al., 2015; VIEIRA FILHO, 2016), pelas instituições e organizações (MAPA, 2016; FAO, 2016; EPA, 2020) e a própria legislação (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989), que embora tenha sido alterada posteriormente com o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 e o Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021, esses também não modificam o conceito.

Nesse contexto, um achado interessante foi o conceito de agrotóxicos, segundo Rachel Carson, uma vez que a autora indica que os agrotóxicos deveriam ser chamados de “biocidas”, evidenciando que a ação destes não se restringe somente as pragas-alvo nocivas à agricultura, mas acabam por repelir diversas outras espécies (CARSON, 2010).

Com o avanço da pesquisa se constatou que o próprio termo “agrotóxico” traz consigo uma infinidade de denominações, a depender dos objetivos de quem as usa: agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédio, veneno. Tão ampla quanto a lista dos efeitos nocivos dos agrotóxicos, são os debates sobre a sua nomenclatura correta, pois de acordo com os interesses dos grupos envolvidos é possível que a conotação seja oposta ao sentido real (MORAES, 2019; PASCHOAL, 2021; PERES; MOREIRA, 2003).

Segundo Paschoal (2021) o termo correto é agrotóxico, pois se faz presente em todas as leis (federais, estaduais e municipais) que se referem ao tema, bem como, para o autor é o único termo capaz de traduzir a verdadeira natureza desses produtos, por serem tóxicos que se empregam na agropecuária.

“Agrotóxico” é termo moderno, nascido no Brasil, sendo próprio do idioma português; não precisamos, assim, pedir emprestado outros, de outras línguas, com imprecisões científicas inadmissíveis, e disso devemos nos orgulhar, pois aqui também se faz ciência e ciência de qualidade. Quiçá um dia o termo se generalize em outras nações, o que já está ocorrendo em Portugal e em alguns países de língua inglesa (“agrotoxicants”), francesa (“agrottoxiques”) e espanhola (“agrotóxicos”), imitando-nos, ao contrário de nós os imitarmos em suas imperfeições científicas e linguísticas. (PASCHOAL, 2021)

Além do mais, explica o autor que o termo se torna etimologicamente perfeito, pois está de acordo com todo o rigor estabelecido pela língua portuguesa para novas palavras, e por isso, se faz constar em de todos os dicionários nacionais e em publicações científicas nacionais, até mesmo internacionais (PASCHOAL, 2021).

Agrotóxico tem origem do grego: agros (campo) + tokicon (veneno). O vocábulo tem sentido geral, incluindo todos os produtos de natureza tóxica usados na agricultura (mais propriamente nos sistemas agrícolas ou agroecossistemas), para o manejo de pragas, patógenos e ervas invasoras e para o controle de pragas e vetores de doenças de animais domésticos (carrapatos, moscas etc.). O vocábulo não é apenas etimologicamente correto como também o é cientificamente, sendo a ciência que estuda os efeitos desses produtos chamada Toxicologia. Trata-se, pois, de um vocábulo com todo o rigor exigido pela ciência e a exatidão terminológica exigida pela Norma Culta da língua portuguesa. (PASCHOAL, 2021).

Para o autor, o termo pesticida, muito usado em outros países de língua francesa e inglesa, não seria correto pelo seu significado na língua portuguesa, “o que mata a peste”, e “peste” em sendo doença, conforme a língua portuguesa, torna-se inadequado uma vez que, não é a doença que se mata, mas, sim, os seus agentes causadores. No mesmo sentido, o termo praguicida seria inadequado, o qual é muito usado em países de língua espanhola e pelo mesmo motivo não é possível a utilização deste termo no Brasil, pois se refere apenas às pragas, e os estudos demonstram que tais produtos matam muito mais do que as pragas (PASCHOAL, 2021).

Para o autor, o termo mais inadequado é defensivo agrícola, pois confunde e de certa forma dissimula a verdadeira natureza tóxica, sendo apenas defendido pelos grupos que vêm a agricultura apenas com fins lucrativos, com interesses próprios, desconsiderando o interesse geral da nação (PASCHOAL, 2021).

Defensivo agrícola (do latim *defensa*, *defesa*, + *ivus*) é o termo mais incorreto, ambíguo, utópico, vago e tendencioso de todos. Etimologicamente significa “próprio para a defesa”, mas não indica defesa de que ou de quem; se defensivo agrícola, então a defesa é da agricultura, não especificando tratar-se de substância tóxica para o controle de espécies daninhas. Deduz-se disso ser qualquer técnica usada na defesa da agricultura um defensivo agrícola. Nesse sentido, métodos de controle de erosão são defensivos agrícolas, pois defendem a agricultura dos processos erosivos do solo. Este exemplo basta para se concluir que não existe lógica nenhuma para se caracterizar exclusivamente os produtos químicos agrícolas como sendo defensivos, mesmo porque, hoje se sabe muito bem, serem eles agentes de desequilíbrios biológicos, gerando mais pragas e doenças do que realmente controlando-as. Quando pensamos em termos da natureza, tais produtos não podem ser encarados como instrumentos de defesa, mas de ataque maciço contra todo tipo de vida, e de destruição e perturbação do equilíbrio da natureza (PASCHOAL, 2021).

Outros autores, Moraes (2019) e Peres; Moreira (2003), compartilham do mesmo entendimento de Paschoal (2021) com relação aos termos agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas e praguicidas. Embora Peres; Moreira (2003) optem por usar em sua publicação o termo agrotóxico, além dos termos já mencionados: defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, tratam, também, de mais duas nomenclaturas: remédio e veneno, que inclusive são o título do seu trabalho.

Assim, para Peres; Moreira (2003), o termo remédio se origina daqueles que lucram com as vendas, diretamente relacionados ao comércio e indústria, os quais buscam tratar os agrotóxicos como remédios para plantas, não sendo considerado adequado. Já o termo veneno advém da prática diária do trabalhador rural que é o primeiro a sofrer com os efeitos nocivos dos agrotóxicos, e, embora o autor não use em seu trabalho este termo, entende ser este, moralmente, o mais digno e correto.

Convém esclarecer que este trabalho utiliza apenas o termo “agrotóxico”, sendo esta a denominação constante na legislação brasileira, e para tanto somente este é aplicado em toda a pesquisa.

Após as análises sobre o conceito e nomenclatura de agrotóxicos, neste estudo foi possível perceber que eles evidenciam um debate entre aqueles que são contra e os que são a favor de seu uso (RAMPTON; STAUBER, 2002; ROSE, 1991).

Os estudos analisados que mostraram que os agrotóxicos não são um problema em si mesmos, mas a forma em que são aplicados e quantidade dos mesmos é que deve ser revista, são discursos que tem por trás organizações que se beneficiam com a comercialização desses produtos, prática esta conhecida como *astroturfing*. Assim, são construídas literaturas com

narrativas que trazem legitimidade aos produtos, restando sempre a dúvida sobre estudos científicos contrários (PEREZ, 2003; SHEPHERD, 2008; SCOTT, 2009; ROBERTS, 2000).

Foi possível observar na literatura analisada que a utilização em massa desses produtos é devido a fatores históricos, conforme já relatado neste trabalho, do pós-guerra (Primeira e Segunda Guerra Mundial), centrada na insuficiência de alimentos, na política da Revolução Verde, no êxodo rural, na má fiscalização dos produtos, e nas leis equivocadas, fatos estes que levaram ao uso indevido de agrotóxicos (ALVES FILHO, 2002; LONDRES, 2011; PORTO; SOARES, 2012; DOSSIÊ, 2012; FERREIRA, 2013; BELCHIOR et al., 2014; CARNEIRO et al., 2015; MORAES, 2019).

Não se pode negar o aumento da eficiência nas safras, bem como o lugar de destaque que o Brasil se mantém com relação à produção de diversas culturas agrícolas, mas as consequências do uso indiscriminado não podem ser desconsideradas (ALVES FILHO, 2002; LONDRES, 2011; PORTO; SOARES, 2012; DOSSIÊ, 2012). No Brasil, o crescimento do uso de agrotóxicos foi parte de um processo mais amplo de modernização agrícola (FERREIRA, 2013; BELCHIOR et al., 2014; CARNEIRO et al., 2015; MORAES, 2019).

Ao analisar o histórico do uso indiscriminado dos agrotóxicos, foi possível perceber que a Revolução Verde foi um sucesso no que se refere à ampliação da produção agrícola (MORAES, 2019), pois alavancou a modernização da agricultura, aumentou a produção de alimentos, por meio do uso de tecnologias, pesquisas e estudos, e possibilitou o aperfeiçoamento de máquinas para o trabalho rural, inclusive a irrigação que foi um grande avanço para o setor (MORAES, 2019).

Ocorre que a Revolução Verde foi marcada pelo descaso ambiental e social, vez que promoveu a liberação de crédito rural para uso de insumos agrícolas, incentivando o uso exagerado dos agrotóxicos, desencadeando mortes e doenças (CARNEIRO et al., 2015).

4.3.4.1 Legislação

Ao se levantar os dados e material necessário para coletar informações sobre o conceito e histórico, foi necessário entender a legislação que define e regulamenta os agrotóxicos. Assim, a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, além de conceituar, dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a

exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências (BRASIL, 1989).

É importante ressaltar que o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, mantém o mesmo conceito de agrotóxicos no seu Art. 1º. Inclusive, em 2021 o Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021 que altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, também não modifica este conceito.

Hoje encontra-se em discussão o Projeto de Lei nº 6.299/02, o qual gera uma série de debates entre aqueles que são contra e os que são a favor. Os apoiadores da PL nº 6.299/02, aprovada pela Câmara dos Deputados (CD) em 9 de fevereiro de 2022, em tramitação no Senado, que visa a alteração da Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, conhecida como a “Lei de Agrotóxicos”, defendem a necessidade de “modernização” devido ao atual impedimento de que novos produtos, supostamente mais avançados e seguros sejam lançados no mercado. Entre os defensores estão os fabricantes desses produtos, os produtores rurais e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MORAES, 2021).

Outro ponto que argumentam os defensores é referente à morosidade nos processos de registro, alegam que são inviabilizadas as tecnologias, pois quando das aprovações, a constante demora já lhe tornariam obsoletas frente às novas.

Do lado oposto a esse pensamento estão as organizações que lutam pela proteção à saúde e ao meio ambiente, entre elas o IBAMA, o Ministério da Saúde, a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), bem como os ambientalistas que inclusive chegam a chamar a PL de “Pacote do Veneno”, os quais alegam que haverá aumento de riscos, vez que os registros serão acelerados de tal forma que acabará facilitando o ingresso de substâncias ainda mais perigosas ao mercado brasileiro (MORAES, 2021).

São quatro pontos de divergência entre os que apoiam e os que criticam a PL nº 6.299/02, sendo eles: (i) a nomenclatura, através da mudança de terminologia de agrotóxico para pesticida, enquanto os defensores entendem ser mais adequado tal mudança, os críticos veem a mesma como uma forma de mascarar a toxicidade destes produtos; (ii) a competência para registro que deixaria de ser dividida entre o Ministério da Agricultura e Pecuária, a Anvisa e o Ibama, pois o veto de um deles com a legislação atual inibe a aprovação do novo produto.

Com a mudança da referida Lei caberia ao Ministério da Agricultura e Pecuária a decisão final sobre liberar ou não uma nova substância, sobre o pretexto de dar celeridade ao processo; (iii) critério de avaliação de novos produtos, que atualmente proíbem expressamente aqueles de características carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas, sendo que a PL flexibiliza tais proibições por ser omissa neste sentido; (iv) a possibilidade de registro automático após 24 meses do início da análise mesmo sem um parecer final, o que segundo os ambientalistas, favoreceria aprovações irregulares frente à morosidade dos órgãos por falta de pessoal suficiente para julgar em tempo hábil (MORAES, 2021).

Os estudos mostraram que para que haja a redução dos riscos à saúde humana pelo uso indiscriminado de agrotóxicos, será necessária uma legislação que seja mais protetiva, com regras mais claras e rígidas quanto ao uso de agrotóxicos, bem como a adoção de sistemas agroecológicos e campanhas públicas de informação.

4.4 Impactos do uso indiscriminado de agrotóxicos na saúde humana

Durante a pesquisa foram encontrados muitos estudos que tratam dos impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos na saúde do trabalhador (FERREIRA et al., 2013; VIERA et al., 2016; MIRANDA, 2017; CARNEIRO et al., 2015; PORTO; SOARES, 2012; VIEIRA FILHO, 2016; GURGEL et al., 2019) e dos consumidores, (PIGNATI, 2017; ALBUQUERQUE, 2015), bem como dos animais de uma forma geral, conforme pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8. Impactos do uso de agrotóxicos.

| Impactos | Resultados |
|------------------------------------|---|
| Impactos na saúde do trabalhador | O uso indiscriminado de agrotóxicos pode causar problemas de saúde nos trabalhadores, como náuseas, dores de cabeça, irritações na pele, diabetes, malformações congênitas e vários tipos de câncer (FERREIRA et al., 2013; VIERA et al., 2016; MIRANDA, 2017; CARNEIRO et al., 2015; PORTO; SOARES, 2012; VIEIRA FILHO, 2016; GURGEL et al., 2019) |
| Impactos na saúde dos consumidores | O uso de agrotóxicos também pode afetar a saúde dos consumidores, podendo causar diversos problemas crônicos (PIGNATI, 2017; ALBUQUERQUE, 2015) |
| Impactos nos animais | Estudos demonstraram os impactos dos agrotóxicos nos animais, como a contaminação da água, plantas e solo, diminuição no número de organismos vivos e aumento da resistência de pragas (Evangelou et al., 2016; Larsen, Gaines e Deschênes, 2017; Brouwer et al., 2018; Yan et |

| Impactos | Resultados |
|-------------------------------|--|
| | al., 2016; Milner e Boyd, 2017; Dicks et al., 2016; Dutra e Ferreira, 2017; Köhler e Triebkorn, 2013; Mostafalou e Abdollahi, 2013) |
| Impactos sociais e ambientais | O uso de agrotóxicos pode estar correlacionado com o aumento dos números de suicídio na população rural e a ampliação de resíduos em sistemas hídricos, além de configurações de contaminação de trabalhadores rurais e do meio ambiente (Pires, Caldas e Recena, 2005; Veiga et al., 2006; Bochner, 2007; Moreira et al., 2002; Chaves Preza e Silva Augusto, 2012) |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Os autores tais como: Evangelou et al. (2016); Larsen, Gaines e Deschênes (2017); Brouwer et al. (2018); Yan et al. (2016); Milner e Boyd (2017); Dicks et al. (2016); Dutra e Ferreira (2017); Köhler e Triebkorn (2013); Mostafalou e Abdollahi (2013), foram analisados, a respeito dos impactos dos agrotóxicos nos seres humanos, os quais podem causar: náuseas, dores de cabeça e irritações na pele, bem como, os problemas crônicos como: diabetes, malformações congênitas e vários tipos de câncer. Além disso, também, tornam evidentes, em suas pesquisas, os impactos ambientais: contaminação da água, plantas e solo, diminuição no número de organismos vivos e aumento da resistência de pragas. O Quadro 9 elenca as principais doenças causadas por agrotóxicos.

Quadro 9. Doenças causadas por agrotóxicos.

| Doenças Causadas por Agrotóxicos | Referências |
|---|--|
| Náuseas | Evangelou et al. (2016); Larsen, Gaines e Deschênes (2017) |
| Dores de cabeça | Brouwer et al. (2018); Yan et al. (2016) |
| Irritações na pele | Milner e Boyd (2017); Dicks et al. (2016) |
| Diabetes | Dutra e Ferreira (2017); Köhler e Triebkorn (2013) |

| Doenças Causadas por Agrotóxicos | Referências |
|---|-------------------------------|
| Malformações congênitas | Mostafalou e Abdollahi (2013) |
| Vários tipos de câncer | Pires, Caldas e Recena (2005) |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Portanto, considerando as diferenças significativas encontradas na literatura de Pires, Caldas e Recena (2005) quanto ao uso de agrotóxicos correlacionado à elevação dos números de suicídio na população rural, de Veiga et al. (2006) em relação à ampliação de resíduos em sistemas hídricos e Bochner (2007); Moreira et al. (2002); Chaves Preza e Silva Augusto (2012) que demonstram as diversas configurações de contaminação de trabalhadores rurais e do meio ambiente.

4.5 Prospecção tecnológica

A prospecção tecnológica teve como foco a busca por documentos envolvendo agrotóxicos, por esse motivo uma estratégia ampla foi utilizada com a finalidade de se observar o cenário de produção e de agrotóxicos no mundo, por meio do desenvolvimento tecnológico na forma de patentes.

O primeiro indicador avaliado foi ano de publicação dos documentos, conforme apresentado na Figura 8.

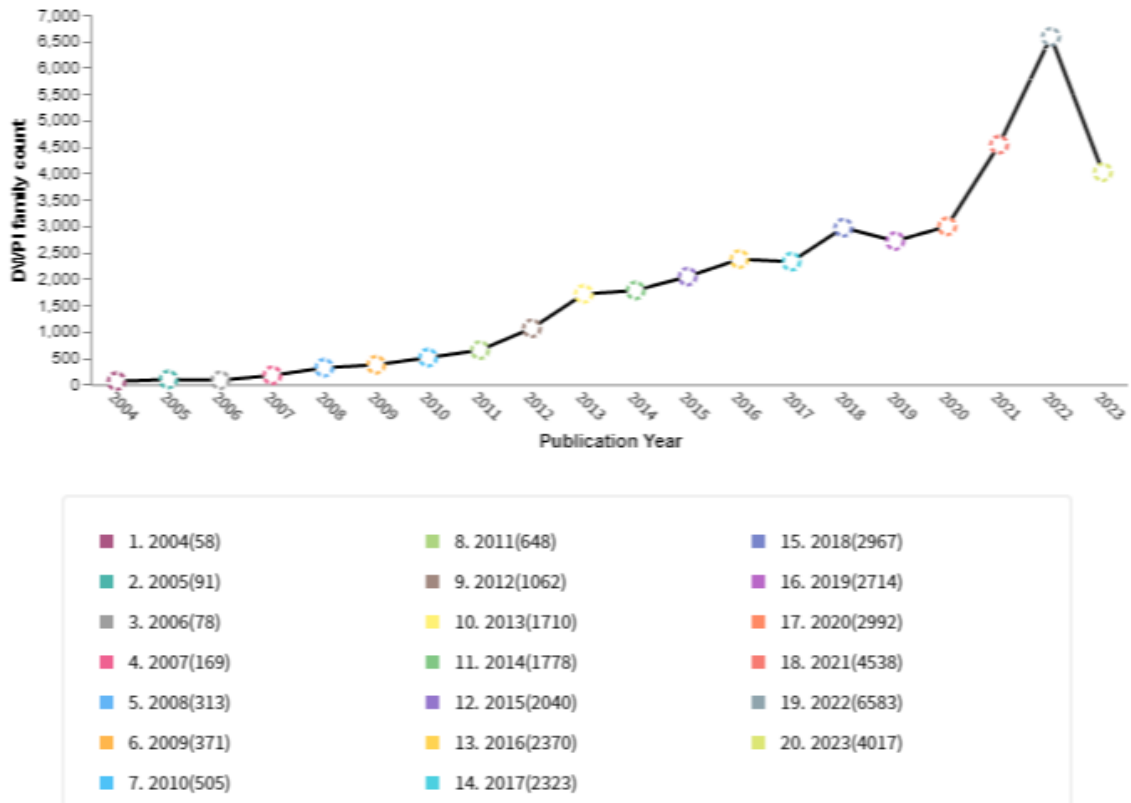


Figura 8. Ano de publicação dos documentos de patentes, considerando os últimos 20 anos.

É possível observar que, nos últimos 20 anos, houve um crescente depósito de patentes, onde o maior número de publicações ocorreu no ano de 2022, com 6.583 documentos, seguido do ano de 2021 com 4.538 documentos. É possível também notar que, é esperado que neste ano de 2023 este número siga a tendência de aumento observado, visto que em apenas 6 meses um considerável número de documentos já foi publicado (4.017).

O grande número de patentes registradas, nos últimos anos, demonstra o quanto os agrotóxicos são objeto de intensa pesquisa e desenvolvimento, sendo uma das razões a demanda por alimentos que aumenta constantemente devido ao crescimento populacional global (ONU,2019). Dessa forma, visando atender a essa demanda crescente, os agricultores necessitam proteger suas lavouras de danos causados por pragas, o que impulsiona a inovação na área de agrotóxicos (CARNEIRO, et al., 2015; SILVA; SILVA, 2020).

Além disso, os avanços científicos e tecnológicos permitem o desenvolvimento de novos produtos químicos mais eficazes no controle de pragas, pois conforme já abordado, o uso indiscriminado de agrotóxicos cada vez mais exige o aumento das doses e quantidades de aplicações no decorrer do ciclo produtivo (HAYES; HANSEN, 2017).

Diante dos apelos globais da ONU (2019), como exemplo os 17 ODS, estima-se que as empresas que os fabricam estão constantemente buscando melhorias nas formulações e na eficácia dos produtos para proteção das safras e redução dos efeitos indesejáveis ao meio ambiente ONU (2019).

Todavia, o aumento das patentes de agrotóxicos também gera dúvidas e preocupações, pois, conforme já abordado, são produtos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana, assim, as novas patentes registradas tanto podem refletir a preocupação com redução da toxicidade, buscando produtos mais eficazes que diminuam sua aplicação no campo, como podem apenas refletir os anseios capitalistas das empresas (ABBAS et al., 2014; PELAEZ; MIZUKAWA, 2017).

Além disso, o aumento das patentes levanta questionamentos sobre a concentração do mercado e o poder das grandes empresas do setor. É importante mencionar que algumas empresas multinacionais dominam a indústria de agrotóxicos, o que pode prejudicar a concorrência e atrapalhar a promoção de alternativas mais sustentáveis e menos tóxicas (SILVA; SILVA, 2020).

É necessário equilíbrio entre a inovação na agricultura e a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Fica evidente, portanto, que os próximos anos essa tendência deve continuar, pois a corrida das empresas por novas formulações e o mercado, ainda em crescimento, impulsionam as pesquisas e as vendas.

Como segundo indicador avaliado, a Figura 9 apresenta os principais países/organizações responsáveis pelas publicações.

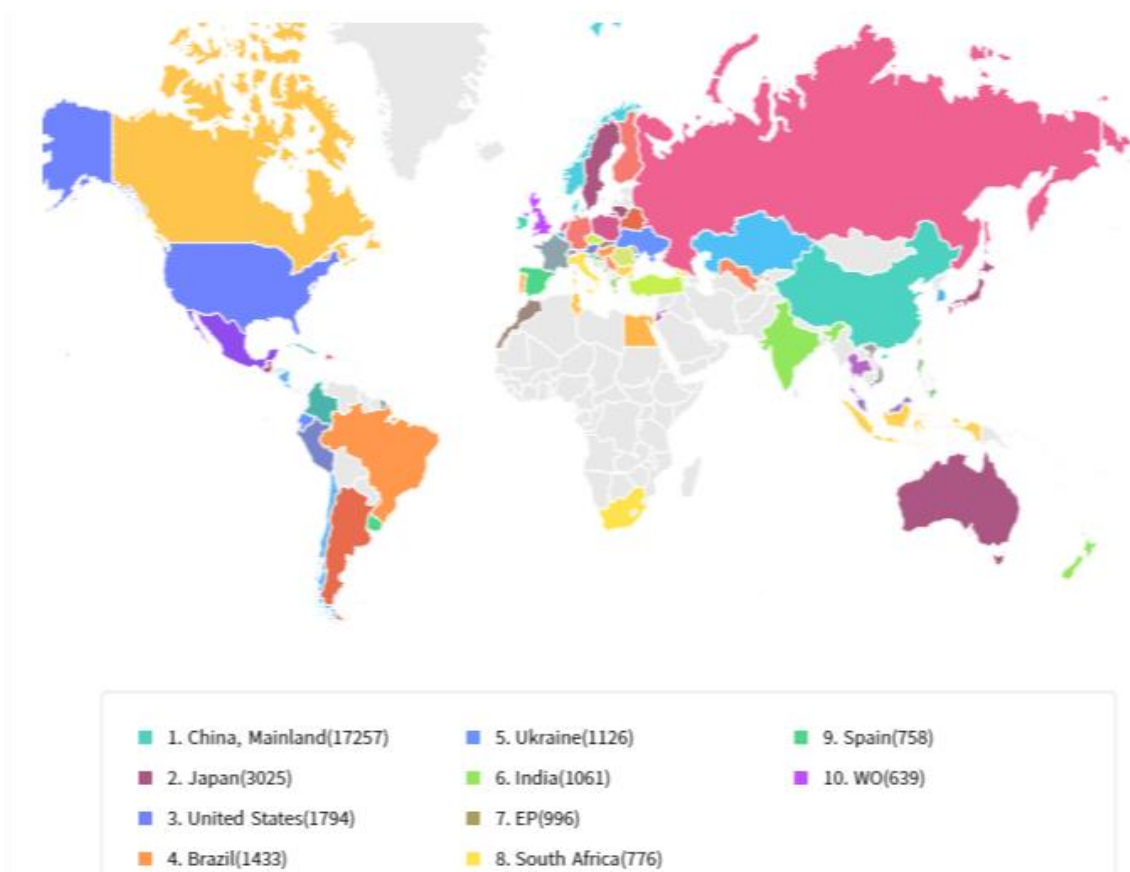


Figura 9. Principais países/organizações responsáveis pelas publicações (WO, Organização Mundial de Propriedade Intelectual; EP, Escritório Europeu de Patentes).

Conforme observado, dentre os países prospectados, China, Japão e Estados Unidos aparecem a frente do ranking com 17.257, 3.025 e 1.794 documentos publicados, respectivamente. Em quarto lugar, o Brasil aparece com um total de 1.433 documentos de patentes publicados, indicando a importante atuação do país no depósito de patentes sobre agrotóxicos.

Esses dados mostram que, nesses países, existe um forte envolvimento na pesquisa e desenvolvimento de agrotóxicos, refletido no elevado número de patentes registradas, inclusive, em relação ao Brasil, indica que o país mantém uma importante atuação no depósito de patentes sobre agrotóxicos, demonstrando seu envolvimento na pesquisa e inovação nessa área (IORIS, 2016, 2018).

Alguns fatores influenciam a posição do Brasil entre os países com maior número de patentes de agrotóxicos registradas, podendo-se atribuir ao fato do país ser uma das maiores áreas cultivadas do mundo e possuir uma agricultura diversificada, além disso, é uma

importante potência agrícola, sendo um dos principais produtores e exportadores de commodities agrícolas (PIGNATI et al., 2017; IORIS, 2016).

Pode-se também atribuir aos esforços para se desenvolver tecnologias e produtos que sejam adaptados às características da agricultura tropical, como exemplo: o clima, os tipos de pragas e a diversidade de culturas cultivadas, que podem ser os responsáveis em incentivar a pesquisa e inovação em agrotóxicos (SILVEIRA et al., 2018).

Ademais, é necessário ressaltar que o aumento do número de patentes de agrotóxicos não significa a qualidade ou segurança desses produtos, dessa forma é de extrema importância que o registro e o uso sejam regulamentados e monitorados para garantir que os produtos sejam eficazes e seguros para a saúde humana e o meio ambiente (DECONINCK, 2020).

Em que pese, o Brasil desempenhar um papel significativo no depósito de patentes de agrotóxicos, o que demonstra seu envolvimento na pesquisa e inovação nesse setor, todavia, é necessário um equilíbrio entre a promoção do desenvolvimento agrícola e a garantia da segurança e sustentabilidade no uso de agrotóxicos.

Fazendo uma comparação com a tabela 1, fica evidente que os países que mais consomem agrotóxicos são os que mais produzem estudos/patentes. E isso era de se esperar, pois a corrida pelo mercado fica cada vez mais acirrada (DECONINCK, 2020).

É possível observar que a publicação de patentes em agrotóxicos também foi realizada por meio de organizações, como o Escritório Europeu de Patentes (EP ou EPO) e a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WO ou WIPO) que apresentaram 996 e 639 publicações, respectivamente. A WIPO é uma agência vinculada às Nações Unidas, composta por 193 países-membros. Por esta organização é possível solicitar por meio de um único requerimento a proteção simultânea em diferentes países, através do chamado Tratado de Cooperação de Patentes (PCT). Pelo PCT, o requerimento internacional garante proteção nos estados contratantes associados ao tratado, agindo de forma similar a um requerimento de patente nacional depositado nos escritórios dos países nos quais se solicita proteção da tecnologia. Já a EP, analisa os requerimentos de patentes europeias, permitindo que inventores, pesquisadores e empresas de diversas partes do mundo obtenham proteção para suas invenções em até 44 países. No caso de países pertencentes à Convenção de Patentes Europeias, a aplicação internacional também pode ser requerida.

Outro indicador avaliado foram os principais inventores, responsáveis pelo desenvolvimento das tecnologias prospectadas, conforme apresentado na Figura 10.

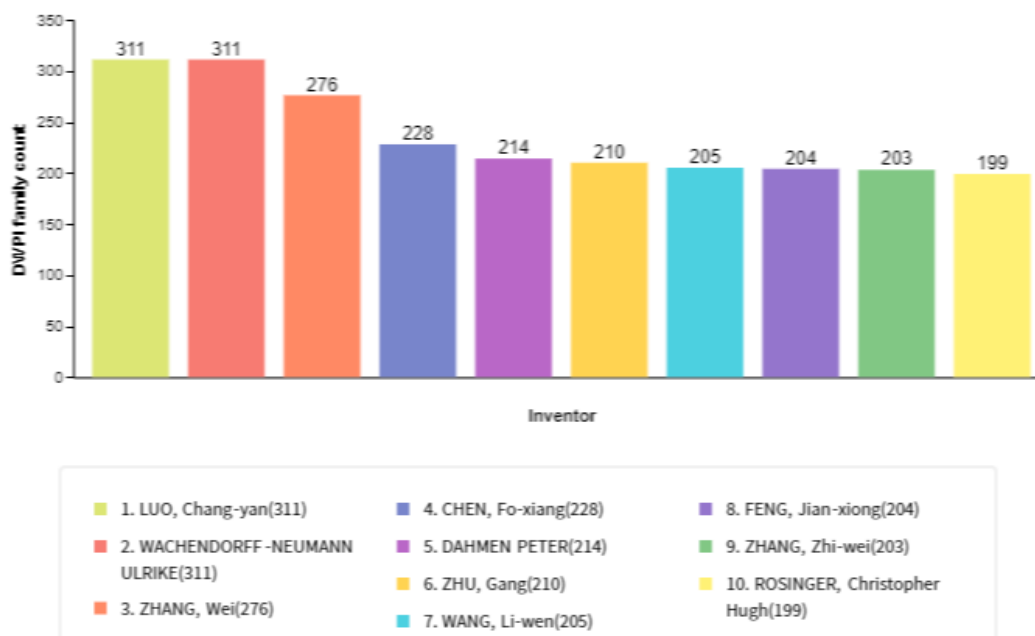


Figura 10. Principais inventores das tecnologias prospectadas.

Como pode ser observado na Figura 10, China e Alemanha são dois dos principais países inventores responsáveis pelo desenvolvimento das tecnologias prospectadas, os quais dominam as invenções no campo de agrotóxicos. Ambos os países têm indústrias agrícolas significativas e investem em pesquisa e desenvolvimento nesse setor (DECONINCK, 2020).

A China é conhecida por possuir grandes áreas de terras agrícolas e elevada demanda por produtos agrícolas, o que impulsiona a necessidade de soluções de proteção de cultivos. A Alemanha, possui tradição em pesquisa e inovação, principalmente no setor químico, contribuindo para o desenvolvimento de novos agrotóxicos e tecnologias relacionadas. Ademais, esses países possuem uma base científica e tecnológica sólida, bem como possuem recursos financeiros para investimento em pesquisa agrícola e desenvolvimento de patentes (AGROPAGES, 2021).

Enquanto a China é o maior consumidor de agrotóxicos, a Alemanha tem a sede das principais empresas no setor, como a BAYER e BASF.

A Figura 11 apresenta os principais aplicantes dos documentos de patentes prospectados, revelando algumas empresas líderes nesse campo. Os resultados mostram que

a Bayer Cropscience AG é a empresa com o maior número de documentos de patentes, totalizando 1229. Em seguida, temos a Basf SE, com 1184 documentos, e a Dow Agrosciences LLC, com 1124 documentos.

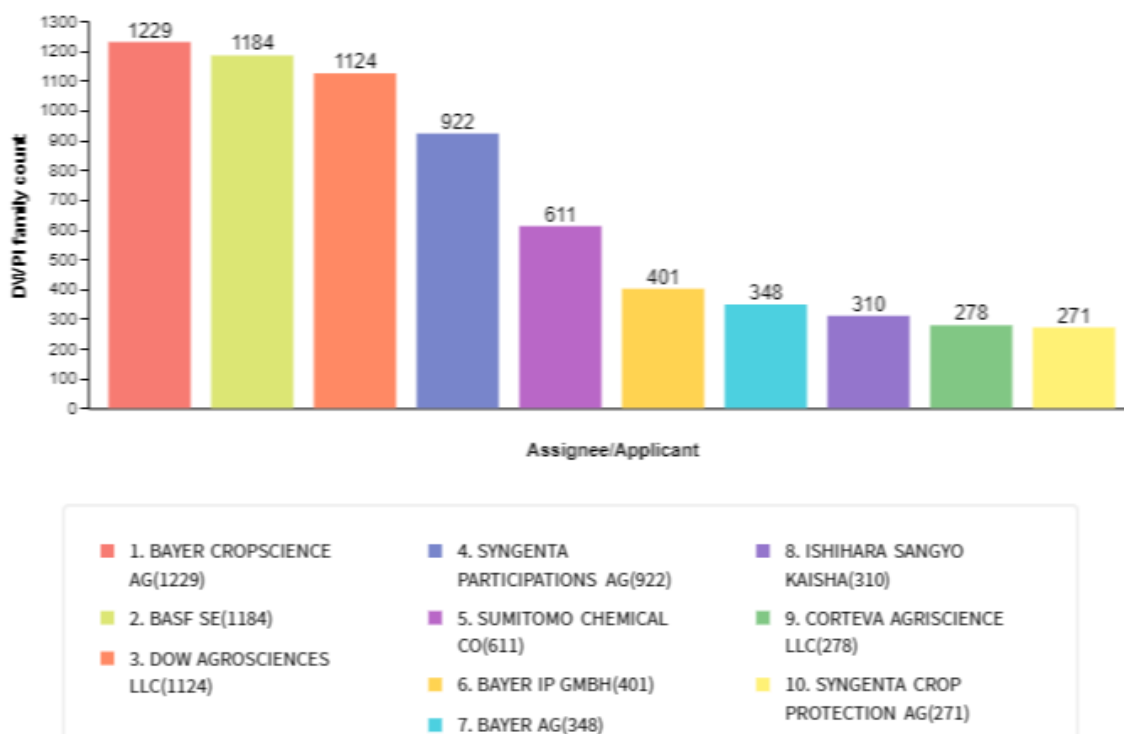


Figura 11. Principais publicadores das tecnologias prospectadas.

A Bayer Cropscience AG é uma empresa global no campo da ciência agrícola e faz parte do grupo Bayer, uma renomada empresa multinacional sediada na Alemanha. A empresa é especializada no desenvolvimento e comercialização de soluções para a proteção de cultivos e produtos para melhoramento genético de plantas. Além disso, a empresa está envolvida em várias áreas da agricultura, incluindo proteção de cultivos, sementes, tratamento de sementes e serviços relacionados. Seus produtos abrangem uma ampla gama de culturas, desde grãos e vegetais até frutas e culturas especializadas. A empresa se dedica a ajudar os agricultores a aumentar a produtividade e a qualidade de suas colheitas, protegendo-as contra pragas, doenças e ervas daninhas.

A BASF SE é uma empresa multinacional alemã e uma das principais fornecedoras de produtos químicos, materiais e soluções para uma ampla variedade de setores industriais.

Com portfólio mais variado, a empresa atua em diversas áreas de negócio, incluindo químicos, plásticos, produtos de desempenho, produtos funcionais, soluções agrícolas e petróleo e gás.

A Dow Agrosciences LLC é uma empresa líder no setor agrícola e faz parte do grupo Dow, uma empresa multinacional americana de ciência dos materiais e soluções especializadas. A companhia é especializada no desenvolvimento e fornecimento de soluções inovadoras para agricultura sustentável, sendo focada no fornecimento de soluções para proteção de cultivos, sementes e biotecnologia agrícola, desenvolvendo e comercializando uma ampla gama de produtos agrícolas, incluindo pesticidas, herbicidas, fungicidas e inseticidas.

As três empresas são reconhecidas como as líderes neste setor e exercem um papel importante no desenvolvimento e na inovação de produtos para proteção das lavouras. A presença significativa no campo de patentes demonstra o investimento sucessivo em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para atender às demandas agrícolas. É necessário salientar que existem outras empresas relevantes no setor, além das mencionadas, que também contribuem com inovações e patentes relacionadas aos agrotóxicos, conforme apresentado na Figura 11.

O ano de expiração das patentes também foi um indicador avaliado na prospecção, conforme apresentado na Figura 12, onde é possível observar que no ano de 2034 ocorrerá a expiração do maior número de patentes encontradas (2059 documentos).

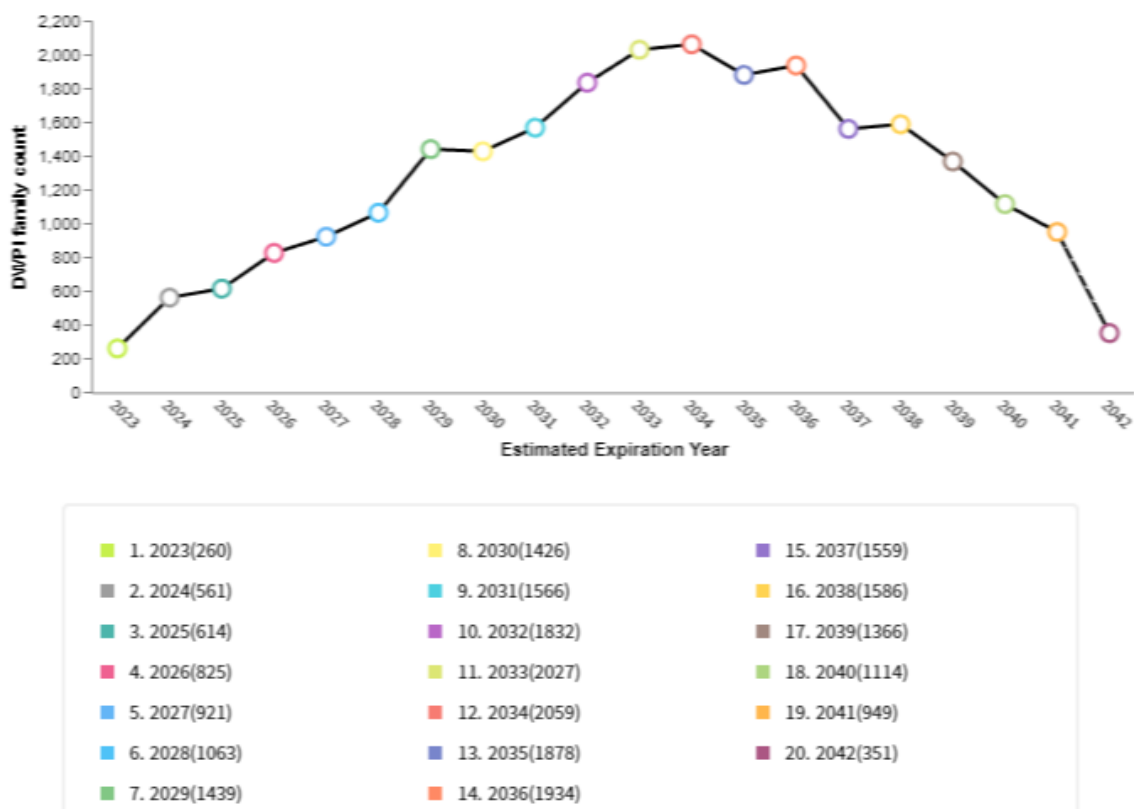


Figura 12. Ano de expiração dos documentos de patentes prospectados.

A grande quantidade de expiração de patentes em um determinado ano pode proporcionar o estímulo à concorrência e a possibilidade de uma maior diversidade de opções disponíveis para os agricultores. Isso ocorre porque com a expiração das patentes outras empresas podem utilizar a tecnologia protegida, o que pode ocasionar no aumento da concorrência no mercado, tornando os preços mais competitivos e criando mais opções para os agricultores.

É necessário destacar que a expiração de patentes não significa a disponibilidade imediata de produtos concorrentes, pois a comercialização dos novos produtos ainda depende de registro e aprovação pelos órgãos reguladores.

Assim, a análise do ano de expiração das patentes é um instrumento importante para avaliar o potencial de transformações e inovações no setor de agrotóxicos, já que as partes interessadas podem antecipar o cenário futuro e promover o planejamento no setor agrícola e a tomada de decisões estratégicas, favorecendo o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis e eficazes no controle de pragas e doenças na agricultura.

Como último indicador avaliado, a Figura 13 apresenta os principais CIPs (Classificação Internacional de Patentes) utilizados na classificação dos documentos. É possível observar que outros códigos de classificação, não utilizados na estratégia de busca, também foram aplicados aos documentos, além da presença de códigos selecionados previamente, a exemplo do A01P3/00 relacionado a fungicidas e A01P13/00 relacionado a herbicidas, encontrados em 12277 documentos e 6317 documentos, respectivamente.

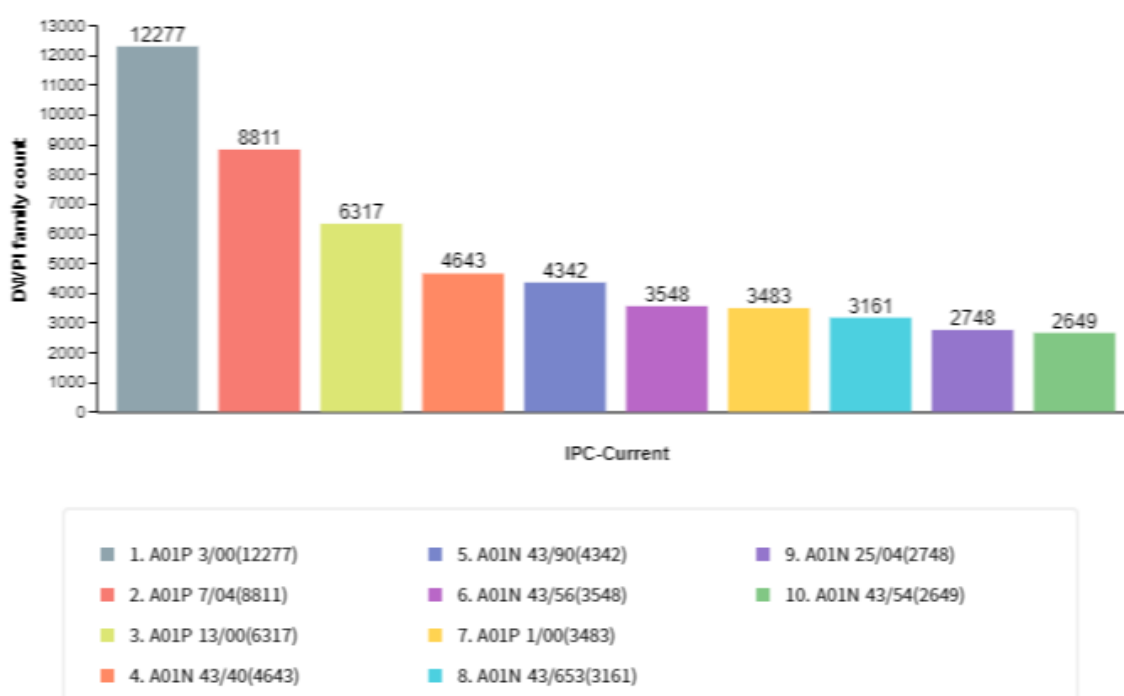


Figura 13. Principais CIPs utilizados na classificação dos documentos de patentes prospectados.

A grande quantidade de códigos de classificação indica que os agrotóxicos abrangem diversas categorias e aplicações específicas, bem como a análise revelou interesses em áreas específicas de pesquisa e desenvolvimento: o código relacionado a fungicidas aparece em um número significativo de documentos, o que indica o foco da pesquisa no desenvolvimento de produtos para controle de doenças fúngicas que afetam as lavouras; já o código relacionado a herbicidas destaca, também, o interesse na pesquisa e desenvolvimento na criação de agrotóxicos eficazes para o controle de ervas daninhas, as quais competem com as plantas cultivadas por nutrientes, luz solar e espaço (HERMIDA et al., 2015).

A análise dos principais CIPs usados na classificação dos documentos de patentes de agrotóxicos fornece insights importantes sobre as áreas de foco de pesquisa nesse campo, o que pode guiar futuros esforços de inovação e direcionar recursos para a agricultura no controle de pragas, doenças fúngicas e ervas daninhas.

4.6 Estudo de caso: soluções para a redução dos impactos negativos ao uso indiscriminado de agrotóxicos

Após a pesquisa técnico-científica, foi possível identificar que são inúmeros os impactos do uso indiscriminado dos agrotóxicos, na saúde humana, no meio ambiente e na redução dos inimigos naturais, sendo necessária a implantação de estratégias governamentais e outras medidas para a redução deste consumo exagerado. Tais medidas devem ser pautadas nas três principais formas de se reduzir esse consumo: informação, controle biológico como um dos alicerces ao manejo integrado de pragas e os princípios da agroecologia. Mais especificamente sobre o contexto da agroecologia, ressalta-se uma perspectiva ecológica, social, política, cultural, ambiental, e ética a busca por uma produção livre de agrotóxicos, sendo estes substituídos por um sistema de plantio sustentável que não aplica agrotóxicos e nem fertilizantes industriais nas lavouras.

Como estudo de caso para essa problemática, apresenta-se o projeto Biofal que tem como objetivo viabilizar uma agricultura orgânica aliada ao emprego de tecnologias limpas para gerar cada vez menos impactos ambientais.

Conectada a esse contexto, ressalta-se que a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015, divulgou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), para a erradicação da pobreza, a proteção do meio ambiente e o clima, deste modo, visando os próximos 07 anos, com 169 metas conexas em promover a prosperidade econômica, desenvolvimento social e proteção ambiental, ficou conhecida como Agenda 2030. Para tanto, 193 Estados-membros, entre eles o Brasil, concordaram e acordaram sobre ser necessária a elaboração de tais premissas para o desenvolvimento sustentável (OKADO, QUINELI, 2016).

No objetivo 2.4 é apresentado a necessidade de assegurar normas sustentáveis de produção de alimentos e efetivar condutas agrícolas flexíveis, que expandam a produtividade e a produção, que colaborem em manter os ecossistemas, no aprimoramento progressivo da qualidade da terra e do solo (ONU,2019). Nesse sentido, observa-se que o objetivo 12.4

acrescenta a possibilidade de se conseguir a condução ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, pautando-se nas metas internacionais estabelecidas. Estabelecendo, daí, a minimização dos impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente (ONU,2019).

Alinhado nesse contexto e conforme destacado por Molina (2019) é inegável que deve existir um comprometimento de cada setor para que se torne possível, ao mesmo tempo, haver uma população saudável, uma preservação dos recursos naturais e uma eficiência da produção. Nesse ínterim, compreende que o Brasil é um parâmetro internacional, uma vez que legisla a respeito do tema abalizado nesses três fundamentos. Afirma ainda que: "são necessários novos estudos para que tenhamos cada vez mais e melhores dados e evidências para subsidiar a tomada de decisões e ajudar no desenvolvimento de novas tecnologias" (MOLINA, 2019, p. 80).

É importante destacar que recentemente (2021) foi produzido um relatório por diversas entidades da sociedade civil, que formaram um grupo para demonstrar o grau de implementação das ODS. O referido relatório demonstrou que o Brasil não atingiu satisfatoriamente nenhuma das 169 metas dos 17 objetivos da ODS para a Agenda 2030 (GTSC, 2023). Das 169 metas, 54,4% estão em retrocesso, 16% estagnadas, 12,4% ameaçadas e 7,7% mostram progresso insuficiente. Novo Relatório foi produzido em 2022 (VI Relatório Luz 2022), mostrando que houve uma piora da situação, ocorrendo um aumento de 92, em 2021, para 110 em 2022, das metas consideradas em retrocesso, aumentando o percentual para 65,47%.

Para fundamentar este estudo de caso realizou-se a análise das metas ODS 2 e ODS 12, especificamente as metas 2.4 e 12.4, ambas demonstram retrocesso nos últimos anos (2015-2022), tendo em vista o aumento da liberação dos novos agrotóxicos, e o aumento da utilização dos mesmos no Brasil (VI RELATÓRIO LUZ, 2022). Assim, tendo em vista que as metas são diretamente afetadas pelas atividades econômicas, é necessário que empresas privadas adotem práticas e modelos de negócio que estejam alinhados com os ODS. Diante de tantos retrocessos, o setor privado surge como um agente fundamental no compartilhamento de pesquisas, conhecimento e tecnologias.

Nessa perspectiva, em atenção aos objetivos da ODS, surge a importância da criação de projetos, no caso deste estudo, a BIOFAL, para a redução dos impactos negativos do uso

indiscriminado de agrotóxicos, em benefício da sociedade, favorecendo a agricultura sustentável pautada na premissa da responsabilidade ambiental, buscando o equilíbrio entre a melhoria da rentabilidade dos produtores com a qualidade de vida das pessoas, bem como a preservação dos ecossistemas, através da divulgação de informação para o uso correto dos produtos, preservação do meio ambiente, segurança do trabalhador rural e consumidores, bem como a intensificação de boas práticas agrícolas, como o manejo integrado de pragas e doenças, através do controle biológico.

4.6.1 Projeto de Implantação de Unidade Agroindustrial – Produção de Insumos Orgânicos e Biológicos

Desse modo, considerando este cenário em ascensão que surgiu a Bioenergia Insumos Orgânicos – BIOFAL, a qual trata-se de empresa de produção de Insumos Orgânicos e Biológicos, prevendo um investimento de mais de R\$ 20 milhões de reais em inovação para a agricultura por meio de tecnologias e soluções sustentáveis.

A BIOFAL trata-se de uma empresa criada da demanda insatisfeita do mercado de Insumos Agrícolas, produtos que apontam para uma tendência mundial de redução/substituição de agrotóxicos e de adubos químicos, para a qual, o Brasil encontra-se em uma posição de vanguarda. Como existiam limitações legais e insegurança jurídica para a produção destes insumos de origem biológica, em 26 de maio de 2020 foi sancionado Decreto nº 10.375, criando o Programa Nacional de Bioinsumos, um importante marco legal que abriu oportunidades para o setor. O Programa Nacional de Bioinsumos tem por objetivo ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos para promoção do desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira.

A recente crise nas matérias-primas dos agrotóxicos e fertilizantes químicos serviu para apontar as fragilidades do modelo atual, extremamente dependente de produtos importados e fornecidos por um número restrito países oligopolizados. Grande parte das matérias-primas dos fertilizantes e defensivos agrícolas fabricados no Brasil são importados da China, Rússia e Índia, sendo que o atual cenário de crise tem ocasionado diversos problemas de oferta de insumos agrícolas, o que afetou o planejamento da safra 2022/2023 (DECONINCK, 2020). Paralelamente a isso, e contribuindo para a piora da crise, tem-se a

ascensão dos preços (em dólar), aumentando muito os custos de produção, especialmente, com relação aos fertilizantes e agrotóxicos (FAO, 2022).

É importante destacar que a produção de bioinsumos trata-se de uma atividade com demanda insatisfeita, que o mercado aponta para um crescimento nos próximos anos. Esse segmento cresce alicerçado nos anseios dos consumidores por alimentos saudáveis livres de agrotóxicos e de fertilizantes químicos. Apesar do uso de agrotóxicos auxiliarem a produtividade agrícola, o seu uso intensivo gera uma gama de situações negativas conforme apresentado anteriormente. Com capacidade de aumentar a produtividade e reduzir impactos ambientais, os bioinsumos são a aposta para o futuro, diante do cenário atual de desequilíbrio ecológico e agressão à saúde humana e ao meio ambiente, por conta do uso abusivo dos agrotóxicos. Assim, em atenção aos pleitos dos agricultores, das indústrias e da sociedade, a BIOFAL formalizou parceria com a EMBRAPA, na qual os pesquisadores buscam o desenvolvimento de diversas pesquisas relacionadas aos insumos biológicos.

Os insumos biológicos são pautados no princípio “menos insumos sintéticos, mais economia e maior sustentabilidade”, buscando equilibrar três fatores: o desempenho agrônômico, a saúde pública e o meio ambiente. O crescimento da busca pelas tecnologias sustentáveis para controle de pragas e doenças, para o crescimento das plantas e a fertilização dos solos é uma realidade que já rende e que pode ainda render bilhões de reais em economia. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021): “um bioinsumo é considerado qualquer produto, processo ou tecnologia de origem biológica — animal, vegetal ou microbiana — para uso na produção, no armazenamento ou no beneficiamento em sistemas agrícolas, pecuários, florestais e aquáticos”. O conceito de bioinsumos, segundo a Embrapa:

“os insumos biológicos são os produtos ou processos agroindustriais desenvolvidos a partir de enzimas, extratos (de plantas ou de microrganismos), microrganismos, macrorganismos (invertebrados), metabólitos secundários e feromônios, destinados ao controle biológico. Esses insumos são também os ativos voltados à nutrição, os promotores de crescimento de plantas, os mitigadores de estresses bióticos e abióticos e os substitutivos de antibióticos” (EMBRAPA, 2020)

Hoje, o mercado mundial de bioinsumos está em crescimento, os dados de 2020 demonstram que chegou a movimentar US\$ 9,9 bilhões, sendo o valor de aproximadamente US\$ 5,2 bilhões representado por insumos biológicos (IHS Markit, 2021). As expectativas apontam para uma previsão de que até 2027, o mercado mundial de bioinsumos permaneça

em alta de crescimento, extrapolando a marca dos US\$ 3 bilhões para bioestimulantes e US\$ 10 bilhões para insumos biológicos.

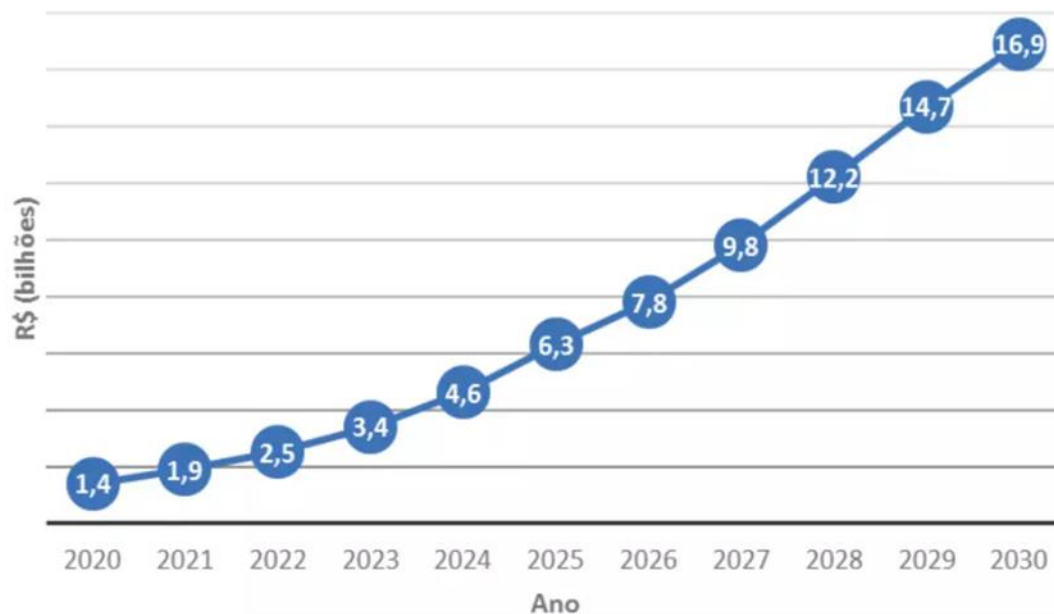


Figura 14. Estimativa da evolução do mercado de insumos biológicos no Brasil. Fonte: IHS Markit, 2021.

O crescimento do mercado brasileiro para os bioinsumos está pautado em vários fatores relacionados às questões regulatórias, de mercado e de manejo das culturas (IHS Markit, 2021). A quantidade de produtos biológicos tem avançado espantosamente, conforme se observa na Figura 14. De acordo com a IHS Markit (2021), o mercado de produtos biológicos no Brasil está em crescimento acelerado, chegando a uma taxa anual de 42%. A expectativa é que em 2030, o setor chegue à marca de aproximadamente R\$ 16,9 bilhões, analisando uma taxa de crescimento acumulada de 35% até 2025 e de 25% até 2030.

4.6.1.1 Localização do empreendimento e características

Uma análise microrregional apontou aspectos vantajosos para este empreendimento se localizar em Wagner-BA. Uma vez decidido o local, os gestores da BIOFAL procuraram a Prefeitura de Wagner e firmaram uma parceria, através da qual a Prefeitura disponibilizou para o empreendimento uma gleba de 60.000 m², no km 80 da Rodovia BA 142.

O município baiano de Wagner, que tem como sede a cidade homônima situada a 460 metros de altitude em relação ao nível do mar, dista 390 km de Salvador e 68 km de Lençóis.

Com aproximadamente 417,59 km², este município encontra-se inserido na bacia hidrográfica do Rio Utinga, além de integrar o Território de Identidade da Chapada Diamantina, a Mesorregião Centro-Sul Baiana e a Microrregião de Seabra. No entorno de Wagner situam-se os Municípios de Bonito, Utinga, Ruy Barbosa, Lajedinho e Lençóis, conforme mostra a Figura 15.



Figura 15. Município de Wagner – BA - Mapa de localização. Fonte: Wikipédia, 2023.

A produção agropecuária se caracteriza por ser oriunda majoritariamente da Agricultura Familiar, sendo o café o produto de maior destaque, seguido pela banana, cana-de-açúcar e olerícolas. O local do empreendimento dista cerca 122 km de Itaberaba e 114 km de Seabra, metrópoles regionais. A Figura 16 apresenta a localização do empreendimento BIOFAL em Wagner-BA.



Figura 16. Localização do Empreendimento BIOFAL, Wagner – BA. Fonte: Google Maps, 2020.

Com apenas 5% da população formalmente empregada, o empreendimento BIOFAL gerando cerca de 50 empregos diretos e mais de 150 indiretos, poderá representar um importante fator de incremento na renda municipal e na qualidade de vida da população.

4.6.1.2 Plano de negócio

Segundo a ONU, a previsão é de que até 2030 deverá se alcançar a marca de 8,6 bilhões de pessoas no mundo, assim, se tornando cada vez mais desafiador garantir a oferta de alimentos, sendo necessário o aumento da produção e da produtividade agrícola, através de investimentos em inovação e sustentabilidade da agricultura (ONU,2019).

A missão de alimentar o planeta está nas mãos dos agricultores, tendo em vista que para a existência da vida humana a produção de alimentos é fator essencial, assim, a BIOFAL definiu seu propósito e promoveu a reflexão sobre o presente e futuro do empreendimento:

(i) Visão: ser uma empresa de inovação, promovendo a agricultura sustentável, para o desenvolvimento de soluções e tecnologias em prol da sustentabilidade, incentivando o uso de recursos naturais, em benefício de todos: produtores, consumidores, sociedade e meio ambiente; (ii) Missão: oferecer diversas soluções interligadas, cooperando para aperfeiçoar o

potencial produtivo das lavouras, atendendo as necessidades dos agricultores e da população consumidora; (iii) Valores: apoiar os agricultores na implantação das boas práticas agrícolas, alcançando os requisitos de sustentabilidade conforme padrão do mercado internacional.

Com o apoio da EMBRAPA, foi delineado um Plano de Negócios para a BIOFAL, o qual visa a Implantação de Biofábrica para a Produção dos Bioinsumos: Bokashi, Biofertilizantes, Biocaldas e Organismos Úteis, além da instalação de Laboratórios para realização de análises dos seus produtos, de solo, de água e foliar. A implantação do Empreendimento, conforme concebido, demandará Investimentos em construções civis; instalações; máquinas e equipamentos; móveis e utensílios; veículos e capital de giro. As Figuras 17 e 18 apresentam as futuras instalações, quando técnicos da Embrapa avaliavam o local.



Figura 17. Galpões para abrigar as futuras instalações do Empreendimento BIOFAL, Wagner – BA. Obras sendo validadas pelos técnicos da Embrapa. Fonte: Produção própria, 2022.



Figura 18. Galpões para abrigar as futuras instalações do Empreendimento BIOFAL, Wagner – BA. Obras sendo validadas pelos técnicos da Embrapa. Fonte: Produção própria, 2022.

4.6.1.3 Produtos

A BIOFAL visando a redução de riscos à saúde humana e aos danos ambientais, bem como buscando maior qualidade dos alimentos produzidos com o melhor custo-benefício à longo prazo para os agricultores, traz em seu portfólio: Bokashi, biofertilizante, biocaldas, bem como o incentivo ao controle biológico através da produção de fungos entomopatogênicos e predadores naturais das pragas (joaninhas), conforme elencado no Quadro 10.

Quadro 10. Portfólio de produtos BIOFAL.

| Categoria | Produto | Função |
|-----------|---------------------------|---|
| Fungos | <i>Beauveria bassiana</i> | Colonizados internamente os tecidos dos insetos e promovem acúmulo de substâncias tóxicas. Inicialmente, o tecido gorduroso é o mais atacado pelo fungo <i>beauveria bassiana</i> , seguido pelo tecido intestinal e os demais tecidos. |

| Categoria | Produto | Função |
|------------------|--|---|
| Fungos | <i>Metarhizium anisopliae</i> | Age quando os esporos assexuados (chamados conídios) do <i>metarhizium anisopliae</i> entram em contato direto com o corpo de um inseto hospedeiro e germinam. Após isso, rapidamente o inseto é morto, ao final de alguns dias, devido à produção de compostos tóxicos com ação inseticida, como as destruxinas. |
| Fertilizante | Bokashi | Trata-se de um adubo que, além de nutrir a plantar de forma gradativa e equilibrada, se apresenta como um importante revitalizador de solo, já que contribui para ampliar a diversidade de organismos edáficos. |
| Fertilizante | Biofertilizante | Trata-se de um adubo na forma líquida, à semelhança do bokashi, elaborado a partir de componentes orgânicos e minerais, fermentados. Rico em macro nutrientes, micronutrientes, microrganismos benéficos e em fitormônios, este insumo além de nutrir contribui para o controle de pragas e doenças. |
| Biocaldas | Calda bordalesa | Eficiente no controle de doenças com ação fungicida de forma secundária, pode ser utilizada para combater bacterioses e se usada como repelente contra alguns insetos. |
| Insetos | <i>Cryptolaemus montrouzieri mulsant</i> (joaninha) | Tem como função o controle biológico de pragas, pois se alimentam de afídeos (pulgões), cochonilhas e outros insetos que ocasionam prejuízos às plantas quando em desproporção. Pode-se, ainda, mencionar que sua atuação eficaz conduz a um controle da população desses insetos-praga. |

Fonte: Elaboração própria, 2023.

O Bokashi trata-se de adubo sólido, organo-mineral, fermentado. Composto elaborado a partir de uma mistura de diversos ingredientes orgânicos e minerais (pós-de-rocha), que ao sofrerem fermentações resultarão em um insumo rico em macro e micronutrientes e, principalmente, em microrganismos benéficos (LASKOWSKA et al., 2018).

Trata-se de um adubo que, além de nutrir a planta de forma gradativa e equilibrada, se apresenta como um importante revitalizador de solo, já que contribui para ampliar a diversidade de organismos edáficos. O solo equilibrado e a planta bem nutrida, traduzem-se em um ambiente de baixa manifestação de pragas (LASKOWSKA et al., 2018).

O adubo Bokashi, trata-se de um farelo específico adaptado, que não atrai pragas e não possui cheiro, sendo uma mistura equilibrada de matérias de origem vegetal e/ou animal e mineral que passam por uma fermentação (CURI et al., 2017). No Brasil, ao adubo Bokashi é concedido o título de “Fermento da Vida”, já que aumenta a diversidade dos microrganismos que vivem no solo (CURI et al., 2017).

Diferente dos métodos de compostagem tradicionais, o Bokashi é feito através da fermentação dos resíduos orgânicos decorrendo em uma decomposição rápida, baseado na

adição de solução líquida de microrganismos efetivos, que são bactérias anaeróbicas e fermentos do ácido láctico. O adubo Bokashi é um concentrado, rico em nitrogênio, fósforo e potássio (CURI et al., 2017).

Assim, diante desse cenário, o adubo Bokashi segue ganhando espaço na agricultura a cada dia, para a mudança dos fertilizantes químicos tradicionais, podendo ser aplicado nos plantios ou em cobertura, pois sua proposta basilar é de aumentar a produtividade das plantas e a qualidade dos produtos agrícolas (HIKAMAH; SUDIARTI; HASBIYATI, 2019; RESMAN et al., 2018; SHIN et al., 2017; HANAFIAH et al., 2017; FERREIRA et al., 2017; LIMA et al., 2015).

Os insumos biológicos são compostos por diversos materiais orgânicos, por exemplo: adubos de esterco de animais, compostagem, microrganismos, fertilizantes orgânicos, biofertilizantes, entre outros. Já o biofertilizante trata-se de um adubo na forma líquida, à semelhança do Bokashi, elaborado a partir de componentes Orgânicos e Minerais, fermentados. Rico em macronutrientes, micronutrientes, microrganismos benéficos e em fitormônios, este insumo além de nutrir contribui para o controle de pragas.

Os biofertilizantes contêm nitrogênio, solubilização de fosfato e microrganismos que favorecem o desenvolvimento de plantas (GOEL, 1999), além de conter microrganismos vivos ou compostos naturais que são derivados de organismos como algas, fungos e bactérias que aperfeiçoam as propriedades do solo, melhorando sua fertilidade e incitando o crescimento da planta (ABDEL-RAOUF et al., 2012).

As biocaldas são eficientes no controle de doenças e de pragas, a BIOFAL pretende produzir duas caldas principais, uma para o controle de doenças (ação fungicida/bactericida) e outra para controle de pragas (ação inseticida/acaricida). Biocalda é uma mistura líquida composta de vários componentes minerais e materiais orgânicos (esterco, melão ou açúcar, plantas, etc). Essas substâncias misturadas produzem um composto rico em nutrientes, contendo vitaminas e hormônios importantes para o equilíbrio das plantas (SILVA, et al., 2007).

As Biocaldas podem ser aplicadas tanto no solo como nas folhas, vez que a capacidade de absorção de nutrientes ocorre através das raízes e folhas. Importante destacar que as Biocaldas além de fornecerem nutrientes às plantas, atuam como uma defesa natural contra insetos, ácaros, fungos, bactérias, nematóides entre outros, pois permitem que as plantas fiquem nutridas e fortes inibindo o ataque das pragas (TRAUTENMÜLLER, 2016).

Os fungos entomopatogênicos são uma importante opção orgânica no controle de pragas, serão produzidos em laboratórios apropriados e devidamente equipados, em condições controladas, em conformidade com todas as normas de qualidade e de segurança (ALVES; PEREIRA, 1998). Os fungos entomopatogênicos são microrganismos que contaminam e eliminam diferentes espécies de insetos e ácaros que são considerados pragas na agricultura. As contaminações fazem com que as populações de pragas fiquem abaixo do nível de dano. Acarretam a morte das pragas, pois interferem em sua alimentação, reprodução e desenvolvimento (KIM et al., 2010).

Para a etapa inicial do empreendimento foram selecionadas duas espécies, cuja biologia já é bastante conhecida, com técnicas de cultivo estabelecidas. Estes fungos são a *Beauveria bassiana* e o *Metarhizium anisopliae*. O cultivo se dará em substrato apropriado conforme as exigências de cada espécie. Tendo em vista o seu alto potencial biótico, aptidão de busca, predação em maior parte do ciclo de vida (fases larvais e adulta), bem como pela possibilidade de criação em laboratório (OBRYCKI; KRING, 1998), as joaninhas predadoras possuem um excelente potencial para o controle biológico (LIXA, 2008).

Para a fase inicial do empreendimento, o grupo de insetos selecionados para criação massal foi o das joaninhas, insetos pertencentes à Ordem Coleoptera e à Família Coccinellidae, que se caracterizam por serem predadores de importantes insetos-praga, a exemplo de pulgões e cochonilhas. A espécie *Cryptolaemus montrouzieri* é a candidata inicial para ser utilizada na Biofal, em vista de sua voracidade e potencial de produção massal.

Diversos são os efeitos adversos do uso prolongado de agrotóxicos, assim, a agricultura biológica surgiu como alternativa para a crescente demanda por alimentos saudáveis e sustentabilidade (REDDY, 2013). Sabe-se que nunca haverá a extinção total dos agrotóxicos, mas deve-se abrir oportunidades para o crescimento da agricultura biológica (MACILWAIN, 2004). Assim, os setores público e privado devem juntos se aliar na busca de um serviço ecossistêmico em prol da sociedade e da sustentabilidade.

5. Conclusão

Em conclusão, o estudo demonstra que a preservação dos insetos benéficos e o controle de pragas devem ser priorizados na agricultura, levando em conta o papel vital dos insetos na biodiversidade e na cadeia alimentar. Ressalta, ainda, a necessidade de abordar o tema do

uso indiscriminado de agrotóxicos e seus impactos negativos no agroecossistema. A pesquisa exploratória e a revisão bibliográfica foram fundamentais para a compreensão desses efeitos, destacando a relação entre o uso de agrotóxicos e a redução dos insetos benéficos, bem como os problemas na saúde humana.

A prospecção tecnológica, por sua vez, trouxe uma visão do cenário de produção e desenvolvimento de agrotóxicos por meio da análise de patentes, revelando um intenso investimento nesse setor.

Para reverter essa situação, medidas como a redução do uso de agrotóxicos e o incentivo a métodos sustentáveis de produção agrícola, como a agricultura orgânica e o controle biológico, são recomendadas. Além disso, é necessário promover o conhecimento e a conscientização sobre os impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos, buscando alternativas mais sustentáveis.

O estudo de caso (BIOFAL), representa uma iniciativa promissora no sentido de oferecer soluções inovadoras para a produção de alimentos saudáveis e sustentáveis, substituindo os agrotóxicos por bioinsumos. Essa abordagem busca promover a sustentabilidade e utilizar de forma responsável os recursos naturais. A empresa está comprometida em contribuir para a redução dos impactos negativos do uso de agrotóxicos e fortalecer o mercado de bioinsumos.

Por fim, a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU é fundamental para promover a prosperidade econômica, o desenvolvimento social e a proteção ambiental. É necessário que o Brasil avance na consecução dessas metas, adotando práticas agrícolas mais sustentáveis e priorizando a saúde humana e a conservação do meio ambiente.

O estudo fornece uma base para a compreensão dos desafios e a busca por soluções para reduzir os impactos negativos do uso indiscriminado de agrotóxicos, contribuindo assim para a promoção de um sistema agrícola mais sustentável e resiliente.

6. Referências

ABBAS, A., ZHANG, L., & KHAN, S. U. (2014). A literature review on the state-of-the-art in patent analysis. *World Patent Information*, 37, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2013.12.006>.

AGAPITO-TENFEN S, VILPERTE V, BENEVENUTO R, ROVER C, TRAAVIK T, NODARI R (2014) Effect of stacking insecticidal cry and herbicide tolerance epsps transgenes on transgenic maize proteome. BMC Plant Biol 14:346.doi:10.1186/s12870-014-0346-8.

AGROPAGES. Ranking List of Global Top 20 Agrochemical Enterprises for FY2020: 15 realize sales growth, 11 chinese enterprises contribute to 37% of total sales. 15 Realize Sales Growth, 11 Chinese Enterprises Contribute to 37% of Total Sales. 2021. Disponível em: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---40437.htm>. Acesso em: 14 junho 2023.

AGROPAGES. Top 10 Brazilian Agrochem Companies in 2019: mark 'Record Sales'. 2020. Disponível em: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---36910.htm>. Acesso em: 14 junho 2023.

AGROPAGES. Top 20 Brazilian agrochem companies in 2016: market concentration drops - correction. Market concentration drops - correction. 2017. Disponível em: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---24711.htm>. Acesso em: 22 junho 2023.

AGROPAGES. Top 20 Global Seed Companies in 2018. 2019. Disponível em: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---32780.htm>. Acesso em: 15 junho 2023.

AGROSTAT, Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro (MAPA). Indicadores Gerais AGROSAT. 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ALMEIDA, L.M. & RIBEIRO-COSTA, C.S. Coleópteros predadores (Coccinellidae). In: PANIZZI, A. R. & PARRA, J. R. P. (eds). Bioecologia e Nutrição de Insetos. Brasília: EMBRAPA, 2009, p. 931-968.

ALTIERI, MIGUEL. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.

ALVES-FILHO, J. P. Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos. São Paulo: Annablume, Fapesp, 2002.

AMIGOS DE LA TIERRA. Agroecología: innovaciones para sistemas agrícolas y alimentarios sustentables. Serie Quien se beneficia? 2018. Disponível em: <<https://www.foei.org/es/recursos/publicaciones/agroecologia-innovaciones-para-sistemas-agricolas-y-alimentarios-sustentables>>. Acesso em 19/11/2018.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos. Brasília, DF: Anvisa, 2019. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-aprova-novo-marco-regulatorio-paraagrototoxicos/219201. Acesso em: 10 jul. 2023.

ANVISA 2002. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. Relatório Anual 4/06/2001 – 30/06/2002. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília.

APORAL, FRANCISCO R.; COSTABEBER, JOSÉ A. Agroecologia: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

AUGUSTO, L. G. S.; CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; FARIA, N. M. X.; BÚRIGO, A. C.; FREITAS, V. M. T.; GUIDUCCI FILHO. Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 2 - Agrotóxicos, Saúde. Ambiente e Sustentabilidade. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012.

BALDI I, ROBERT C, PIANTONI F, et al. Agricultural exposure and asthma risk in the AGRICAN French cohort. *Int J Hyg Environ Health* 2014; 217: 435–442.

BEATSON, P. Mapping Human Animal Relations. In: TAYLOR, N.; SIGNAL, T. *Theorizing animals: re-thinking humanimal relations*, p. 21-58, 2003.

BELCHIOR, D. C. V; SARAIVA, A. S; LOPEZ, A. M. C; SCHEIDT, G. N. Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. Brasília: Cadernos de Ciência e Tecnologia, v. 34, n. 1, 2014.

BENBROOK CM (2016) Trends in glyphosate herbicide use in the united states and globally: Supporting data. *Environ Sci Eur*. doi:10.1186/s12302-016-0070-0.

BERRYMAN, A. A. Pest management decisions. In: BERRYMAN, A. A. *Forest insects: principles and practices of population management*. Plenum Press: 2012, p. 294.

BESSI, N. et al. Informação tecnológica: mapeando documentos de patentes e organizações atuantes no desenvolvimento de instrumentação agropecuária. *InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação*, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 107-128, 17 jun. 2013. Disponível em: <http://www.periodi> DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O. de. Impactos negativos do uso de agrotóxicos à saúde humana.

BOCHNER, R. Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (Sinitox) e as intoxicações humanas por agrotóxicos no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, p. 73-89, 2007.

BOHNER, T. O. L.; ARAÚJO, L. E. B.; NISHIJIMA, T. O impacto ambiental do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. *Revista Eletrônica do Curso de Direito – UFSM*, v.8, Edição Especial - I Congresso Internacional de Direito Ambiental e Ecologia Política – UFSM, p. 329-341, 2013.

BOTELHO, A. C. B.; SANTOS, T. M. dos; WAQUIL, J. M. Biologia da joaninha *Cycloneda sanguinea* (L. 1763) (Col. Coccinellidae) em pulgao verde, *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) obtidos em sorgo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991. Sete Lagoas, 1992. p. 62-63.

BOTELHO, A. C. B.; SANTOS, T. M. dos; WAQUIL, J. M. Biologia da joaninha *Cycloneda sanguinea* (L. 1763) (Col. Coccinellidae) em pulgao verde, *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) obtidos em sorgo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991. Sete Lagoas, 1992. p. 62-63.

BRASIL. [Decreto nº 4.074 (2002)]. Decreto, que regulamenta a Lei de Agrotóxicos, nº 4.074 de 2002. Brasília, DF: Presidência da República, [2002]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acesso em: 1 set. 2020.

BRASIL. [Lei nº 7.802 (1989)]. Lei de Agrotóxicos nº 7.802 de 1989. Brasília, DF: Presidência da República, [1989]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm. Acesso em: 1 set. 2020.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências, Brasília: Diário Oficial da União: seção 1, 8 jan. 2002, 139, n. 5, p. 1-12.

BRASIL. Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021. Altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.

BRASIL. Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm. Acesso em: 25. março. 2023.

BROUWER, M. et al. Assessment of residential environmental exposure to pesticides from agricultural fields in the Netherlands. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*: 2018, v. 28, n. 2, p. 173.

Burigo AC, Porto MFS. Trajetórias e aproximações entre a saúde coletiva e a agroecologia. *Saúde debate*. 2019 [acesso em 2023 jun 13]; 43(esp8):248-62. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019001300248&tlng=pthttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019001300248&tlng=pt.

BURIGO AC, VAZ BA, LONDRES F, et al. Caderno de estudos: saúde e agroecologia. Rio de Janeiro: Fiocruz; ANA; ABA-Agroecologia; 2019. [acesso em 2023 junho 19]. Disponível em: https://agroecologia.org.br/wpcontent/uploads/2019/11/Saude_e_Agroecologia_web.pdf

CARDOSO, P., BARTON, P. S., BIRKHOFFER, K., CHICHORRO, F., DEACON, C., FARTMANN, T., FUKUSHIMA, C.S., GAIGHER, R., HABLE, J.C., HALLMAN, C.A., HILL, M.J., HOCHKIRCH, A., KWAK, M.L., MAMMOLA, S., NORIEGA, J.A., ORFINGER, A.B., PEDRAZA, F., PRYKE, J.S., ROQUE, F.O., SETTELE, J., SIMAIKA, J., STORK, N.E., SUHLING, F., VORSTER, C., & SAMWAYS, M. J. Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation*, 2020.

CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; RIZOLLO, A.; FARIA, N. M. X.; ALEXANDRE V. P.; FRIEDRICH, K.; MELLO M. S. C. Dossiê da ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: ABRASCO, 30 abril de 2012. 1ª. Parte, 98p.

CARSON, R. Primavera Silenciosa. São Paulo: Gaia, 2015.

CARO, T. M. Conservation by Proxy: Indicator, umbrella, keystone, flagship, and other surrogate Species. Island Press: Washington, Covelo, London, 2010.

CARSON, R. Primavera silenciosa. São Paulo: Gaia Editora, 2010.

CARSON, Rachel, (1964). Primavera silenciosa. Tradução de MARTINS, Claudia Sant'Anna. São Paulo: Gaia, 2010.

CHAN, A. A. Y. Anthropomorphism as a conservation tool. Biodivers., Conserv., v.21, p.1889–1892, 2012.

CHAVES PREZA, D. L.; SILVA AUGUSTO, L. G. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 37, n. 125. 2012.

CLUCAS, B.; et al. Flagship species on covers of US conservation and nature magazines. Biodivers., Conserv., v.17, p. 1517–1528, 2008.

COLLINS M. MUSAFIRI, MILKA, KIBOI JOSEPH, MACHARIA, ONESMUS K. NG'ETICH, DAVID KOSGEI, BETTY MULIANGA, MICHAEL, OKOTI, NGETICH, FELIX K. (2021). Enhancing Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices by Smallholder Farmers: Insights from the Groundnut Sector in Malawi. Sustainability. Disponível:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021027808>. Acesso em 02 jul 2023.

DECONINCK, K. Concentration in Seed and Biotech Markets: extent, causes, and impacts. Annual Review Of Resource Economics, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 129-147, out. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-resource-102319-100751>. Acesso em: 22 junho. 2023.

DICKS, L. V. et al. Ten policies for pollinators. Science: 25 Nov. 2016, v. 354, n. 6315, p. 975-976.

DIRZO, R.; et al.. Defaunation no Antropoceno. Science: v.345, n.6195, p. 401-406, 2014.

DUHAN, J. S.; KUMAR, R.; KUMAR, N.; KAUR, P.; NEHRA, K.; DUHAN, S. Nanotechnology: the new perspective in precision agriculture. Biotechnology Reports, v. 15, p. 11-23, Sept. 2017. DOI: 10.1016/j.btre.2017.03.002.

DUHAN, J.S., KUMAR, R., KUMAR, N., KAUR, P., NEHRA, K., DUHAN, S., 2017. Nanotechnology: the new perspective in precision agriculture. Biotechnol. Rep. 15, 11–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>.

DUTRA, L. S.; FERREIRA, A. P. Associação entre malformações congênitas e a utilização de agrotóxicos em monoculturas no Paraná, Brasil. Saúde em Debate: 2017, v. 41, p. 241-253.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Marco referencial em Agroecologia. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

EPA (Environmental Protection Agency). Pesticide safety for farmworkers. Washington DC: United States Environmental Agency, Office of Pesticide Programs, 2020.

EPLEY, N.; et al. When we need a human: motivational determinants of anthropomorphism. *Social Cognition*, v.26, n.2, p.143-155, 2008.

EVANGELOU, E. et al. Exposure to pesticides and diabetes: a systematic review and metaanalysis. *Environment international*, v. 91, p. 60-68, May. 2016.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2018). Núcleo de conhecimento da agroecologia: os 10 elementos da agroecologia. <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/en/> Acessado em 10 de janeiro de 2023.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2017). Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia. <https://www.fao.org/familyfarming/detail/es/c/1074398/#:~:text=Texto%20completo%20disponível%20em%3A%20https%3A//web.archive.org/web/20210904064155/https%3A//conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05%2Dlarissa%2Dbombardi%2Datlas%2Dagrotxico%2D2017.pdf>. Acessado em 22 de janeiro de 2023.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2022). Glossário de termos fitossanitários. Disponível em: <https://www.fao.org/3/mc891e/mc891e.pdf>. Acesso: em 30 de maio. 2023.

FAO. Glossary of phytosanitary terms. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. ISPM No 5. Secretariat of the International Plant Protection Convention. Rome. 2006. 23p. <https://www.fao.org/3/mc891e/mc891e.pdf>. Acesso em: 30 de maio.2023.

FAOSTAT - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2016) Culturas de produção 2016. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Acessado em 10 de janeiro de 2023.

FERREIRA, M. L. P. C. A. (2013). Regulação Do Uso Dos Agrotóxicos No Brasil: uma proposta para um direito de sustentabilidade. 2013. Tese (Doutorado em Direito). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

FIGUEIREDO, G.M. Efeitos na saúde de trabalhadores expostos a longo prazo a agrotóxicos atendidos no ambulatório de toxicologia do hospital de clínicas da UNICAMP nos anos de 2006 e 2007. Dissertação [Mestrado] Campinas, 2009.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2017.

FRANÇA, F. M., FERREIRA, J., VAZ-DE-MELLO, F. Z., MAIA, L. F., BERENQUER, E., FERRAZ, PALMEIRA A. BARLOW, J. 2020. El Niño impacts on human-modified tropical forests:

Consequences for dung beetle diversity and associated ecological processes. *Biotropica*, 52(2), 252-262. doi:10.1111/btp.12756.

FREITAS, C. M.; GIATTI, L. L. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 1251-1266, jun. 2009.

FRIEDRICH, K.; ALMEIDA, V. S.; AUGUSTO, L. G. S; GURGEL, A. M.; SOUZA, M.M. O.; ALEXANDRE, V. P. CARNEIRO, F. F. Agrotóxicos: mais venenos em tempos de retrocessos de direitos. *Revista: OKARA: Geografia em debate*, v. 12, n. 2 p. 326-347, 2018.

GAUPP-BERGHAUSEN M, HOFER M, REWALD B, ZALLER JG (2015) Glyphosatebased herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. *Sci Rep* 5:12886. doi:10.1038/srep12886

GERLAND, P., RAFTERY, A.E., ŠEVCÍKOVÁ, H., LI, N., GU, D., SPOORENBERG, T., ALKEMA, L., FOSDICK, B.K., CHUNN, J., LALIC, N., BAY, G., BUETTNER, T., HEILIG, G.K., WILMOTH, J., 2014. World population stabilization unlikely this century. *Science* 346, 234–237. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1257469>.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GIRALDO, OMAR F.; ROSSET, PETER M. La agroecología en una encrucijada: entre la institucionalidad y los movimientos sociales. *Guaju*, v. 2, nº 1, pp. 14-37, 2016.

GIRALDO, OMAR. *Ecología política de la agricultura. Agroecología y posdesarrollo*. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur, 2018.

GODOY, A. S. Estudo de caso qualitativo. In: GODOI, Christiane K.; BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; SILVA, Anielson B. (org.). *Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais*. São Paulo: Saraiva, 2006.

GRAVENA, S. & SANTOS, A. C. dos. Técnica de criação e liberação de *coccidophilus citricola* brèthes 1905 (coleoptera, coccinellidae) visando o controle biológico de diaspidídeos (homoptera, diaspididae) em citros. *São Paulo: Arq. Instituto de Biologia*, v.71, n.1, p. 57-62, jan./mar., 2004.

GRIGORI, P. Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo?. *Revista Galileu, Meio Ambiente*, online, 2019. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2019/06/afinal-o-brasil-e-o-maior-consumidor-de-agrotoxico-do-mundo.html>. Acesso em: 10 jul. 2023.

GUIMARÃES, JR, P.R., PIRES, M. M. JORDANO, P. J. BASCOMPTE, J.N. Thompson Indirect effects drive coevolution in mutualistic networks *Nature*, 550, 2017, p. 511-514, 10.1038/nature24273.

HAJEK, A. E., HURLEY, B. P., KENIS, M., GARNAS, J.R., BUSH, S.J., WINGFIELD M.J , et al. Exotic biological control agents: a solution or contribution to arthropod invasions? *Biol. Invasions*, 18, 2016, p. 953-969.

HALLMANN, C. A., SORG, M., JONGEJANS, E., SIEPEL, H., HOFLAND, N., SCHWAN, H., DE KROON, H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. doi:10.1371/journal.pone.0185809.

HASSAL, A. K. *The biochemistry and uses of pesticides: structure, metabolism, mode of action and uses in crop protection.* (2a ed.), Weinheim: VCH, 1990.

HAYES, T. B., HANSEN, M. From silent spring to silent night: agrochemicals and the anthropocene. *Elem. Sci. Anth.*, 5, 2017, p. 57.

HERMIDA, C., V. PELAEZ & L. DA SILVA. 2015. Limites de resíduos de agrotóxicos e barreiras técnicas comerciais. *Agroalimentaria*. 151-170p.

HODEK I., HONEK, A. *Ecology of Coccinellidae*, Kluwer Academic Press, 1996.

HOME, R.; et al. Selection criteria for flagship species by conservation organizations. *Environmental Conservation*, Foundation for Environmental Conservation, p. 1-10, 2009.

IBERATO Portillo M.; VIGUERAS, Ana Lilia G. «Natural Enemies of Cochineal (*Dactylopius coccus* Costa): Importance in Mexico: de 26 de março de 2009.

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Manual de Patentes. [s.d.] (2020c). Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/arquivos/manual-para-o-depositante-de-patentes.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2023.

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Programa Prioritário de Patentes Verdes. [s.d.] (2020d). Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tramite-prioritario/modalidades-de-tramite-prioritario-de-patentes>. Acesso em: 1 set. 2020.

IORIS, A. A. R. Interrogating the advance of agribusiness in the Amazon: production, rent and politics. *Revista Nera, Presidente Prudente*, n. 42, p. 74-97, mar. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.47946/rnera.v0i42.5682>. Acesso em: 05 junho. 2023.

IORIS, A. R. Rent of agribusiness in the Amazon: A case study from Mato Grosso. *Land Use Policy*, [s.l.], v. 59, p.456-466, dez. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.019>. Acesso em: 06 jun. 2023.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória*, Rio de Janeiro: IPEA, 2019. 84p.

JAIME CARO, D. L. et al. Monitoring Application for Farmer Pesticide Use. In: 2019 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION, INTELLIGENCE, SYSTEMS AND APPLICATIONS (IISA), PATRAS, Greece, 2019. p. 1-3. *Anais [...]*. Greece, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8900734> Acesso em: 12 ago. 2020.

JARDIM, I. C. S. F. Andrade, J. A. Queiroz, S. C. N. Residues of pesticides in food: a global environmental preoccupation - Focussing on apples. *Quim. Nova*, 32(4).

KAMAL, Khadka; HOM, Gartaula, ASIS, Shrestha, DEEPAK; Upadhay, PASHUPATI Chaudhary, KIRIT, Patel, RACHANA Devkota. Farmers' seed networks and agrobiodiversity conservation for sustainable food security: a case from the mid-hills of Nepal. (2018). Disponível em: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/57417>. Acesso em 02 jul 2023.

KIJEK, T. et al. Agricultural total factor productivity changes in the new and old European union members. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE RURAL DEVELOPMENT, 7., 2015, Kaunas, Lituânia. Proceedings Kaunas: EIP-Agri, 2015.

KNISS, A.R., 2017. Long-term trends in the intensity and relative toxicity of herbicide use. *Nat. Commun.* 8, 14865. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms14865>.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*: v. 43, p. 243-270, 1998.

KÖHLER, H. R.; TRIEBSKORN, R. Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? *Science*: 2013, v. 341, n. 6147, p. 759-765.

KULICK, D. Animais gordos e a dissolução da fronteira entre as espécies. *Mana*, v.15, n.2, 2009. KUNDOO A.A, KHAN A.A.A, Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *JOURNAL OF ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY STUDIES*, January 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/debor/Downloads/CoccinellidsasBiocontrolagent.pdf>. Acesso em: 01 de julho de 2023.

LAMARRE, G. P., PARDIKES, N. A., SEGAR, S., HACKFORTH, C. N., LAGUERRE, M., VINCENT, B., BASSET, Y. (2022). More winners than losers over 12 years of monitoring tiger moths (Erebidae: Arctiinae) on Barro Colorado Island, Panama. *Biology Letters*, 18(4). doi:10.1098/rsbl.2021.0519.

LAMBOLL, NELSON, Valerie, GEBREYES, Million, KAMBEWA, Daimon, CHINSINGA, Blessings, KARBO, Naaminong. Stakeholder Engagement for Sustainable Agriculture in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review. *Sustainability*. (2021) Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14735903.2021.1913898>. Acesso em 1 julh 2023.

LARSEN, A. E.; GAINES, S. D.; DESCHÊNES, O. Agricultural pesticide use and adverse birth outcomes in the San Joaquin Valley of California. *Nature communications: ago*. 2017, v. 8, n. 1, p. 302, 29.

LEWINSOHN, T. M., AGOSTINI, K., FREITAS, Lucci, A. V., & MELO, A. S. 2022. Insect decline in Brazil: An appraisal of current evidence. *Biology Letters*, 18(8). doi:10.1098/rsbl.2022.0219.

LISTER, B. C., & GARCIA, A. 2018. Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(44). doi:10.1073/pnas.1722477115.

LONDRES F. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro: Articulação Nacional de Agroecologia; 2011. [acesso em 2020 set 3]. Disponível em: <http://contraosagrototoxicos.org/wp-content/uploads/2016/12/Agrototoxicos-no-Brasil--INTERNET.pdf>. <http://contraosagrototoxicos.org/wp-content/uploads/2016/12/Agrototoxicos-no-Brasil--INTERNET.pdf>.

LONDRES, F. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro, RJ. Rede Brasileira de Justiça Ambiental, 2011, 191p.

LOWRANCE, R.; STINNER, B. R.; THRUPP, L.A. Agricultural ecosystems: unifying concepts. New York: John Wiley, 1984.

MAGGI, Blairo. PL 6299/2002 Projeto de Lei. NOVA EMENTA: Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de pesticidas, de produtos de controle ambiental e afins; altera a Lei Delegada nº 8, de 11 de outubro de 1962; revoga as Leis nºs 7.802, de 11 de julho de 1989, e 9.974, de 6 de junho de 2000, partes de anexos das Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 9.782, de 26 de janeiro de 1999, e dispositivo da Lei nº 12.873, de 24 de outubro de 2013; e dá outras providências. 13/03/2002. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=46249>. Acesso em: 02 abril 2023.

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. Agrotóxicos. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/agrototoxicos>. Acesso em: 30 de maio.2023.

MARANHÃO, R. L. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A dinâmica do crescimento do agronegócio brasileiro. Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2249).

MARCHAND, G. Les conflits hommes/animaux sauvages sous le regard de la géographie. *Carnets de géographes*, v.5, 2013.

MEIRELES, Luiz Claudio. Entenda o que é o glifosato, o agrotóxico mais vendido do mundo. 2019. Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=node/987>. Acesso em: 10 maio. 2023.

MILNER, A. M.; BOYD, I.L. Toward pesticidovigilance. *Science*: 2017, v. 357, n. 6357, p. 1232-1234.

MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento. Pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: HUCITEC, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. Convenção Sobre Diversidade Biológica – CDB. 1998. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/convencao-sobre-diversidade-biologica>. Acesso 02 junho 2023.

MONTENEGRO, Marcelo e SIMONI, Joana (Org). Atlas dos insetos: fatos e dados sobre as espécies mais numerosas da Terra. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2021.

MORAES, R. F. Agrotóxicos no Brasil: Padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Texto para discussão/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2019. Contrabando de agrotóxicos no Brasil: o perigo é real? uma análise com base em laudos periciais de produtos apreendidos (2008-2018). Texto para discussão/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2021. ONU - Nações Unidas. (2017). Relatório do relator especial sobre o direito à alimentação. Assembléia Geral: Conselho de Direitos Humanos Venzon M.

MOREIRA, J. C. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 7, p. 299-311, 2002.

MOSSA, A.-T.H., 2016. Green pesticides: essential oils as biopesticides in insect-pest management. *J. Environ. Sci. Technol.* 9, 354–378. <http://dx.doi.org/10.3923/jest.2016.354.378>.

MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and applied pharmacolog*: abr. 2013, v. 268, n. 2, p. 157-177.

MYERS JP, ANTONIOU MN, BLUMBERG B, CARROLL L, COLBORN T, EVERETT LG, HANSEN M, LANDRIGAN PJ, LANPHEAR BP, MESNAGE R, VANDENBERG LN, VOM SAAL FS, WELSHONS WV, BENBROOK CM (2016) Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health*. In press *Research and Markets* (2012) *Outlook for China glyphosate industry 2012–2016*.

NISHIMORI, Luiz. PL 6299/2002 Projeto de Lei. 2022. lei que permite a concessão de registro temporário de agrotóxicos no Brasil se o prazo de dois anos não for cumprido para analisar o pedido. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/931590-DEPUTADOS-APROVARAM-ALTERACOES-NAS-REGRAS-DE-REGISTRO-DE-AGROTOXICOS>. Acesso: 02 abril 2023.

NORIEGA J. A, J. HORTAL, F. M. Azcárate, BERG, M. P. N. BONADA, M. J. I. BRIONES, et al. Tendências de pesquisa em serviços ecossistêmicos fornecidos por insetos. *Apl. Básico Eco.*,26, 2018, p. 8 – 23.

ONDARZA-BENEITEZ, M. A. biopesticidas: tipos y aplicaciones en el control de plagas agrícolas. *Agro Productividad*, v. 10, n. 3, p. 31-36, 2017.

PARANHOS BJ, NAVA DE, MALAVASI A. Biological control of fruit flies in Brazil. *ENTOMOLOGY Pesq. agropec. bras.* 54. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.26037>. Acesso em: 01 de julho de 2023.

PASCHOAL, Adilson D. O porquê do termo agrotóxico. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Centro de Ciências da Saúde – NUPPRE, 21.10.2021.

PELAEZ, V. et al. A dinâmica do comércio internacional de agrotóxicos. *Revista de Política Agrícola, Brasília/DF*, v. 25, n. 2, p.39-52, 2016.

PELAEZ, V.; MIZUKAWA, G. Diversification strategies in the pesticide industry: From seeds to biopesticides. *Ciência Rural, Santa Maria*, v. 47, n. 2, p. 1-7, jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160007>. Acesso em: 05 jun. 2023.

PENTEADO, S. R. C.; R. F. TRENTINI; E. T. IEDE & W. R. FILHO. Ocorrência, distribuição, danos e controle de pulgões do gênero *Cinara* em *Pinus* spp. no Brasil. *Revista Floresta* 30(1/2), 2008, p. 55-64., F. SILVA, J. J. O. ROSA, H. V. D. LUCCA, S. R. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos. *Artigo Article*, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2005.v10suppl0/27-37/pt/> Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. É VENENO OU É REMÉDIO? *Agrotóxicos, Saúde e Ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2003.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. In: *É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente*. PERES, F.; MOREIRA, J. C. (organizadores). Rio de Janeiro, RJ. Editora FIOCRUZ, 2003, pp. 21-41.

PEREZ, O. Normative creativity and global legal pluralism: reflections on the democratic critique of transnational law. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, v. 10, n. 2, p. 25-64, 2003.

PETERSEN, P.; SILVEIRA L. M.; FERNANDES G. B.; ALMEIDA S. G. Método de análise econômico-ecológica de Agroecossistemas. *Articulação Nacional de Agroecologia (Brasil)*. 1. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017, 246 p.

PETERSEN, PAULO; SILVEIRA, LUCIANO M. da; FERNANDES, Gabriel B.; ALMEIDA, Silvio G. Método de análise econômico-ecológica de Agroecossistemas. *Articulação Nacional de Agroecologia (Brasil)*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017.

PHILIP et al. (2020). Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation*. Volume 242, February 2020, 108426. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320719317823>. Acesso em: 02 maio 2023.

PIGNATI, W. A, F. A. N. SOUZA E LIMA, S. S. LARA, M. L. M. CORREA, J. R. BARBOSA, L. H. C. LEÃO & M. G. PIGNATTI. 2017. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*. 3281-3293p.

PINTO, C. L.; BAMPI, A. C.; GALBIATI, C. Importância das abelhas para a biodiversidade na percepção de educandos de Cáceres, MT. *Revista IberoAmericana de Ciências Ambientais*, v. 9, n.1, p. 152-163, 2018.

PIRES, D. X.; CALDAS, E. D.; RECENA, M. C. P. Uso de agrotóxicos e suicídios no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*: v. 21, p. 598-604, 2005.

PROCÓPIO, D. P.; FERNANDES, E. A. Investimento direto estrangeiro e exportações do agronegócio brasileiro. *Revista Brasileira de Economia de Empresas*, v. 12, n. 1, 2012.

RAMPTON, S.; STAUBER, J. Trust us, we're experts PA: how industry manipulates science and gambles with your future. *TarcherPerigee*, 14 Jan. 2002. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, [s.l.], v. 13, n. 24, p. 127-140, 22 jun. 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/34540>. Acesso em: 15 ago.2020.
[cos.usp.br/incid/article/view/59104](http://www.seer.ufu.br/incid/article/view/59104). Acesso em: 10 jul. 2023.

ROBERTS, R. History and memory: the power of statist narratives. *The International Journal of African Historical Studies*, v. 33, n 3, p. 513-522, 2000.

ROOT-BERNSTEIN, M.; et al. Anthropomorphized species as tools for conservation: utility beyond prosocial, intelligent and suffering species. *Biodiversity and Conservation*, 2013.

ROSE, M. Activism in the 90s: changing roles for public relations. *Public Relations Quarterly*, v. 36, n. 3, p. 28, 1991.

RUDOLF, V. H e RASMUSSEN, N. L. Diversidade funcional ontogenética: a estrutura de tamanho de um predador fundamental impulsiona o funcionamento de um ecossistema complexo. *Ecology*: 2013, p. 94, 1046–1056.

RUDOLF, VH. A interação de canibalismo e onivoria: Consequências para a dinâmica da comunidade. *Ecology*: 2007, 88: 2697–2705.

SALCIDO, D. M., FORISTER, M. L., GARCIA LOPEZ, H., & DYER, L. A. 2020. Loss of dominant caterpillar genera in a protected tropical forest. *Scientific Reports*, 10(1). doi:10.1038/s41598-019-57226-9.

SAMWAYS et al. (2020), Solutions for humanity on how to conserve insects *Biological Conservation* Volume 242, February 2020, 108427. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320719317793>. Acesso em: 05 abril 2023.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Impacts of pesticides on honey bees. In: E. D. Chambo (Ed.) *Beekeeping and bee conservation - Advances in research*. Rijeka: In Tech, 2016. p.77-97.

SÁNCHEZ-BAYO, FRANCISCO; HUYS, KRIS A.G. WYCKHUYS, Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers, 2019. Disponível em: <http://bit.ly/34gcbxM>, <http://bit.ly/2smgzOl>. Acesso em: 05 abril 2023. Pesticide residues and bees - a risk assessment. *PLoS One*, v.9, n.4, p. e 94482, 2014.

SANTOS SF. A questão agrária no Brasil: da modernização conservadora ao agronegócio. In: Novaes H, Mazin ÂD, Santos L, organizadores. Questão agrária, cooperação e agroecologia. São Paulo: Outras Expressões; 2015. p. 41-63.

SANTOS, D. A.; MARTINEZ, M. E. M.; REIS, P. C.; OSAWA, C. C.. Programa das patentes verdes no Brasil: aliança verde entre o desenvolvimento tecnológico, crescimento econômico e a degradação ambiental. XV Congresso Latinoibero-americano de gestão de tecnologia (ALTEC 2013), Porto, 2013.

SANTOS, T.M.; FIGUEIRA, L.K.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; LARA, F.M.; CRUZ, I. Efeito da alimentação de *Schizaphis graminum* com genótipos de sorgo no desenvolvimento do predador *Cycloneda sanguinea*. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, n. 5, p. 555-560, 2003.

SCHEBESTA, H., e CANDEL. J. J. L. Potencial revolucionário da estratégia Farm to Fork da UE. *Nature Food* 1: 586-588. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/S43016-020-00166-9>. Acesso em: 01 junho 2023.

SCHUMACHER, S. O. R.; ANTUNES, A. M. S.; RODRIGUES, R. C. Panorama dos depósitos de patentes de defensivos agrícolas no Brasil. *Cadernos de Prospecção*, Salvador, v. 9, n. 4, p. 441-451, 2016. Disponível em: https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/17922/pdf_197. Acesso em: 10 jul. 2023.

SCOTT, C. Governing without law or governing without government? New-ish governance and the legitimacy of the EU. *European Law Journal*, v. 15, n. 2, p. 160-173, 2009.

SHEPHERD, L. J. Visualising violence: legitimacy and authority in the “war on terror”. *Critical Studies on Terrorism*, v. 1, n. 2, p. 213-226, 2008.

SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and metasyntheses. *Annual Review of Psychology*, v. 70, n. 1, p. 747–770, 2019.

SILVA, W. DE V. R. DA, & SILVA-MANN, R. (2020). Precision Agriculture in Brazil: current situation, challenges and perspectives. *Research, Society and Development*, 9(11), e1979119603. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9603>.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL (SINDIVEG). Balanço 2015. Setor de agroquímicos confirma queda de vendas. São Paulo: Sindiveg, 2016.

SMITH, R. J.; et al. Identifying Cinderella species: uncovering mammals with conservation flagship appeal. *Conservation Letters*, v.5, n.3, p. 205-212, 2012.

SOARES, W. I, PORTO, M. F. S. Uso de agrotóxicos e impactos econômicos sobre a saúde. *Rev. Saúde Pública*. 2012.

SOARES, W. L. Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura. Rio de Janeiro: s.n., 2010.

SOBREIRA, Antonio E. G.; ADISSI, Paulo J. Agrotóxicos: falsas premissas e debates. *Rev C S Coletiva* 2003; 8(4): 985-990.

STAMOU, G.P., KONSTADINOU, S., MONOKROUSOS, N., MASTROGIANNI, A., ORFANOUDAKIS, M., HASSIOTIS, C., MENKISSOGLU-SPIROUDI, U., VOKOU, D., PAPTAEODOROU, E.M., 2017. STÉDILE, JOÃO P.; CARVALHO, HORACIO M. de. Soberania alimentar: Uma necessidade dos povos. In: BRASIL (Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome). *Fome Zero: Uma história Brasileira*. Brasília, DF, Assessoria Fome Zero, v. 3, 2010, p. 144 a 156.

STRANGE, N., GELDMANN, J., BURGESS, N. D., and BULL, J. W. Policy responses to the Ukraine crisis threaten European biodiversity. *Nature Ecology & Evolution*. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01786-z>. Acesso em: 01 junho 2023.

The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and essential oil on soil microbial community and N-related enzymes during the fungal early colonization phase. *Microbiology* 3, 938–959. <http://dx.doi.org/10.3934/microbiol.2017.4.938>.

THOMAS, K. O homem e o mundo natural: mudanças de atitudes em relação as plantas e aos animais (1500-1800). São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

VALE, Alessandra. Joanelha é indicada para controle biológico de pragas. *Pelotas: Revista Cultivar*, 2016.

VALIENTE-BANUET, A. AIZEN, A., ALCÁNTARA M.A., J.M., ARROYO, J., COCUCCI, A., GALETTI, M., et al. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world *Funct. Ecol.*, 29, 2015, p. 299-307, 10.1111/1365-2435.12356.

VAN KLINK, R., BOWLER, D. E., GONGALSKY, K. B., SWENGEL, A. B., GENTILE, A., & CHASE, J. M. 2020. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 368(6489), 417-420.

VAUGHAN, P. Flagship species create Pride. In: SODHI, N. S.; EHRLICH, P. R. *Conservation for all*. Oxford: Oxford University Press, p. 223-224, 2010.

VEIGA, M. M. et al. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 22, p. 2391-2399, 2006.

VEIGA, Marcelo Motta. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1):145-152, 2007.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas. Brasília & Rio de Janeiro: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2223).

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro, GASQUES, José Garcia; CARVALHO, Alexandre Xavier Ywata de. et al. (Org). *Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade*. Brasília: Ipea, 2016, p. il., gráfs., mapas color.

VIGNA BRASIL E MALI COMUNICAÇÃO. Cresce o número de registros de biopesticidas no Brasil. 2019. Disponível em: <https://www.vignabrasil.com.br/2019/11/19/cresce-o-numero-de-registros-de-biopesticidas-no-brasil/>. Acesso em: 1 set. 2020.

WALLACH, A. D, DEKKER, A. H, LURGI, M., MONTOYA, J. M, FORDHAM, D. A e RITCHIE, E. G. Cascatas tróficas em 3D: análise de rede revela como predadores de ponta estruturam ecossistemas. *Methods in Ecology and Evolution* 8(1): 2017, p. 135–142.

WANG, S. L. et al. Agricultural productivity growth in the United States: measurement, trends, and drivers. [s.l.]: USDA, 2015. (Report Paper, n. ERR-189).

WARE, G. W.; WHITACRE, D. M. An introduction to insecticides. (4th edition). In: WARE, G. W. (Ed.). *The pesticide book*. Willoughby: Meister. Ohio, University of Minnesota: 2004. Disponível em: <https://ipmworld.umn.edu/ware-intro-insecticides>. Acesso em: 4 abr. 2023.

WIPO - World Intellectual Property Organization. International Patent Classification (IPC). [s.d.] (2020a). Disponível em: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/preface.html>. Acesso em: 10 jul. 2023.

YAN, D. et al. Pesticide exposure and risk of Alzheimer’s disease: a systematic review and metaanalysis. *Scientific Reports*: 1 Sept. 2016, v. 6, n. 32222.

ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., PEREIRA, A.A. & CHAVES, G.M. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: Vale, F.X.R. & Zambolim, L. (Eds.) *Controle de doenças de plantas*. Viçosa, Minas Gerais. Suprema Gráfica e Editora. 2004. p. 83-180.