



Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas  
Departamento de Engenharia de Produção,  
Administração e Economia



# **Agrotóxicos: aplicabilidade, impactos e alternativas para redução na utilização**

GABRIEL LIMA REIS CUNHA

Ouro Preto MG  
2023

Gabriel Lima Reis Cunha

# **Agrotóxicos: aplicabilidade, impactos e alternativas para redução na utilização**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau em Bacharel em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Prof. Dra. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino

Ouro Preto - MG  
2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C972a Cunha, Gabriel Lima Reis.

Agrotóxicos [manuscrito]: aplicabilidade, impactos e alternativas para redução na utilização. / Gabriel Lima Reis Cunha. - 2023.  
45 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Agricultura. 2. Produtos químicos agrícolas. 3. Milho - Doenças e pragas. 4. Sustentabilidade. 5. Pragas agrícolas - Controle biológico. I. Flausino, Bruna de Fátima Pedrosa Guedes. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Gabriel Lima Reis Cunha**

### **Agrotóxicos: aplicabilidade, impactos e alternativas para redução na utilização**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 03 de agosto de 2023

#### Membros da banca

DSc Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto  
DSc Magno Silvério Campos - Universidade Federal de Ouro Preto  
MSc Renato Fernandes Ferreira - Universidade Federal de Ouro Preto

Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/08/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/08/2023, às 19:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Magno Silverio Campos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/08/2023, às 20:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renato Fernandes Ferreira, COORDENADOR(A) DE PROCESSOS E PROJETOS ORGANIZACIONAIS**, em 04/08/2023, às 14:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0567985** e o código CRC **0CD6BFD1**.

*Dedico esse trabalho aos meus pais, Daniela e Carlos Eduardo, à Jakeline, minha tia, aos meus avôs, Ioláia e Paulo, e à minha parceira de vida Laís, por não medirem esforços todos os dias para me proporcionar o melhor. Obrigado por tornar possível esse sonho e nunca me deixar desistir, serei eternamente grato.*

## Resumo

A agricultura é um dos pilares mais importantes para a economia do Brasil. Devido ao seu extenso território e abundância de recursos, o país se tornou um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo. E, com o aumento populacional e a necessidade de produzir mais alimentos, desde a Revolução Verde, em 1970 o uso dos agrotóxicos tem se destacado com a justificativa de combate às pragas e doenças para o aumento da produtividade. Com isso, diversos problemas ambientais e na saúde humana advindos da utilização dos agrotóxicos podem ser destacados, como a contaminação do solo e da água, redução da biodiversidade e a morte de organismos benéficos para a produção, além disso, sua exposição para o ser humano pode acarretar doenças como câncer, distúrbios hormonais e danos ao sistema nervoso. Assim, para a redução na utilização desses produtos químicos, os produtores e pesquisadores tem buscado alternativas eficazes, como a utilização de bioinsumos, produtos menos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, e as práticas agrícolas contidas no Plano ABC, do governo brasileiro, que visa reduzir as emissões de GEE e conseqüentemente a redução do uso dos agrotóxicos, devido a melhor saúde do solo. Neste contexto, esse trabalho busca apresentar de forma clara e objetiva as características dos agrotóxicos, bem como seus efeitos adversos, além de apresentar alternativas que visam a redução ao uso dos agrotóxicos. Para o seu desenvolvimento, foi realizado um amplo estudo de literaturas, relatórios técnicos e bases de dados de diversas organizações, além de acompanhar um experimento prático comparando a ação da aplicação dos bioinsumos e dos agrotóxicos na cultura do milho. Entre os resultados obtidos, destaca-se a eficácia no emprego dos bioinsumos no tratamento da doença causada pelo fungo *Helminthosporium turcicum* na folha do milho, permitindo uma produtividade próxima àquela obtida com a utilização de 100% de agrotóxicos. Espera-se que este trabalho seja referência para pesquisas e estudos relacionados à eficácia dos bioinsumos como alternativa ao uso dos agrotóxicos e sirva de incentivo para uma melhor disseminação desta prática.

**Palavras-chave:** Agricultura, Agrotóxicos, Bioinsumos, Milho, Sustentabilidade.

## Abstract

The agriculture is one of the most important pillars of Brazil's economy. Due to its extensive territory and abundance of resources, the country has become one of the largest food producers and exporters in the world. And with the population increase and the need to produce more food, the use of pesticides has been increased since the Green Revolution in 1970, with the justification of combating pests and diseases to improve productivity. As a result, several environmental and human health problems arising from the use of pesticides arisen, such as contamination of soil and water, reduction of biodiversity and the death of beneficial organisms for production. In addition, their exposure to humans can lead to diseases such as cancer, hormonal disorders and damage to the nervous system. Thus, in order to reduce the use of these chemical products, producers and researchers have sought effective alternatives, such as the use of bioinputs, products that are less harmful to human health and the environment, and the agricultural practices contained in the ABC Plan, of the Brazilian government, which aims to reduce GHG (greenhouse gases) emissions and consequently reduce the use of pesticides, due to better soil health. In this context, this work aim to clearly and objectively present the characteristics of pesticides, as well as their adverse effects, and to present alternatives to reduce the use of pesticides. For its development, an extensive study of literature, technical reports and databases from different organizations was carried out. Additionally, it will be presented a practical experiment comparing the action of applying bioinputs and pesticides in the corn crop. Among the results obtained experimentally, the efficiency in the use of bioinputs in the treatment of the disease caused by the fungus *Helminthosporium turcicum* in the corn leaf stands out, allowing a productivity close to that obtained with the use of 100% of pesticides. It is hoped that this work will be a reference for research and studies related to the effectiveness of bioinputs as an alternative to the use of pesticides and will serve as an incentive for a better dissemination of this practice.

**Keywords:** Agriculture, Pesticides, Bioinsumos, Corn, Sustainability.

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Classificação geral dos produtos biológicos de controle.....	13
Figura 2. Agentes biológicos (macro e micro) registrados no Brasil .....	15
Figura 3. Doença Mancha Foliar no milho .....	24



## **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Limites máximos de resíduos permitidos no milho (em ppm).....	10
Tabela 2. Princípios ativos e suas classificações.....	11
Tabela 3. Caracterização da pesquisa .....	21
Tabela 4. Nomenclatura utilizada para as fases de aplicações .....	24
Tabela 5. Tratamentos detalhados .....	25
Tabela 6. Produtividade por tratamento .....	26

## Sumário

1	Introdução .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.2.1	Objetivo Geral .....	2
1.2.2	Objetivos Específicos .....	2
2	Revisão Bibliográfica .....	4
2.1	Contexto Histórico .....	4
2.2	Agrotóxicos: Legislação e aspectos gerais .....	6
2.3	Agrotóxicos: Princípios ativos .....	9
2.4	Bioinsumos .....	11
2.5	Agricultura de baixo carbono .....	15
2.6	Produção agrícola no Brasil .....	18
3	Metodologia .....	20
3.1	Caracterização da pesquisa .....	20
4	Resultados e discussões .....	22
4.1	Estudo de Caso: Bioinsumos versus Agrotóxicos .....	23
5	Considerações finais .....	29
	Referências .....	30

## 1 Introdução

A agricultura é praticada pela humanidade há milhares de anos, mas o uso intensivo de agrotóxicos teve início durante o período da Guerra Fria, nos Estados Unidos, em um movimento denominado Revolução Verde, o qual tinha como intuito erradicar a fome por meio de novas técnicas agrícolas. Essa nova fase, trouxe mudanças drásticas na agricultura tradicional, como a extensiva utilização dos agrotóxicos com a finalidade de controlar doenças e aumentar a produtividade (BURIGO, 2016). No Brasil, os impactos advindos da Revolução Verde se intensificaram na década de 1970, quando foi criado o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) com o objetivo de ampliar a produção de agrotóxicos.

Desde então o país tem utilizado intensivamente agrotóxicos e outros insumos químicos, o que resulta em uma série de externalidades negativas, tanto sob a ótica social e de saúde humana, como ambiental (contaminação da água e solo e redução da biodiversidade da macro e microfauna do solo) (IPEA, 2019).

O aumento no uso de agrotóxicos de forma indiscriminada trouxe à pauta algumas questões relacionadas à regulamentação desses produtos e na busca por alternativas sustentáveis, que possibilitem o incremento produtivo ao mesmo tempo em que reduzem os impactos socioambientais. De acordo com o relatório apresentado pelo IPEA (2019) existem três fatores que devem ser equilibrados quando se trata de produção e produtividade agrícola, sendo eles a performance agrônômica, a saúde pública e o meio ambiente.

Nesse sentido, conforme apontado por Furtado et al. (2017), a utilização de tecnologias que aperfeiçoem a produção agrícola com menos impacto ambiental tornou-se o desafio do novo milênio. Dentre essas novas tecnologias, destaca-se o uso de bioinsumos, que compreende uma técnica desejável dentro dos preceitos de agricultura sustentável.

Assim, em 2020, visando a sustentabilidade na produção agrícola, foi criado o Programa Nacional de Bioinsumos. Estes que, antes eram considerados produtos de uso alternativo para a agricultura orgânica, devido à escassez de insumos disponíveis, são utilizados de forma cada vez mais intensa na agricultura não orgânica, de forma a complementar as técnicas de manejo, reduzir custos e adotar um sistema produtivo mais sustentável quando comparado ao tradicional.

Buscando uma agricultura sustentável, o governo lançou em 2010 o Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura). Essa iniciativa tem como objetivo fomentar práticas agrícolas que visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e promover a mitigação das mudanças climáticas. Essas práticas envolvem o uso eficiente dos recursos naturais, a adoção de sistemas de produção sustentáveis e a implementação de tecnologias que reduzem as emissões e capturam carbono da atmosfera.

Dessa forma, o presente estudo aborda a problemática utilização excessiva dos agrotóxicos na agricultura e a busca por alternativas sustentáveis, como os bioinsumos. A crescente preocupação com os impactos ambientais e a saúde pública decorrentes do uso indiscriminado de agrotóxicos impulsiona a necessidade de encontrar soluções viáveis para o setor agrícola. A pesquisa investigará os benefícios dos bioinsumos, demonstrando através de um estudo de caso a eficácia no controle de pragas e doenças, bem como sua contribuição para a promoção da agricultura sustentável, visando uma abordagem mais equilibrada e ecologicamente responsável para a produção de alimentos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

A pesquisa realizada teve como objetivo apresentar um estudo de caso de aplicação de bioinsumos como alternativa aos agrotóxicos, visando a redução de seus impactos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar um breve contexto histórico do emprego de agrotóxicos no mundo e no Brasil;
- Apresentar a legislação pertinente aos agrotóxicos no Brasil;
- Analisar as características dos agrotóxicos e seus princípios ativos, bem como dos bioinsumos;

- Apresentar um estudo de caso a respeito da aplicação de bioinsumos versus agrotóxicos para tratamento da doença *Helminthosporium turcicum* na cultura do milho.
- Validar, através dos dados de produtividade obtidos, a eficácia dos bioinsumos como alternativa ao uso dos agrotóxicos.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Contexto Histórico

A agricultura surgiu no período neolítico e teve papel importante na formação das primeiras civilizações, marcando o início das moradias fixas, onde o homem passou a explorar a natureza de forma mais organizada e extensiva para a própria subsistência. Contudo, com a alta demanda de alimentos nos séculos XIX e XX, surgiu a necessidade da produção em larga escala, predominando o cultivo de monoculturas. Essa necessidade propiciou a destruição da vegetação nativa de forma maciça, afetando os biomas, e concomitantemente a disseminação de pragas e doenças nas lavouras (COSTA; PIRES, 2016).

Em consequência, no início do século XX, mais especificamente no período da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), substâncias orgânicas, atualmente utilizadas como agrotóxicos, passaram a ser sintetizadas. Entretanto, teve sua aplicabilidade incorporada apenas na Segunda Guerra Mundial (1939-1945), onde foi utilizada como arma química (BOZIKI et al., 2011).

No ano de 1939, a aplicabilidade da substância diclorodifeniltricloroetano, mais conhecido pela sigla DDT, foi descoberta. Com a necessidade de erradicar os insetos e combater as doenças transmitidas como a malária, tifo e a febre amarela, o inseticida foi amplamente utilizado pelas tropas norte-americanas. Por esse motivo, o DDT é considerado o precursor dos inseticidas e da agricultura química (FILHO, 2002; BRANCO, 2003).

Após o fim da Segunda Guerra e a consolidação das substâncias como parte eficiente no combate de pragas e patógenos de plantas, a indústria química passou a realizar altos investimentos no mercado agrícola. Nesse sentido, Rachel Carson, em sua “Primavera Silenciosa” (1962), explica:

“Tudo isso acontece em consequência do surto repentino e do prodigioso crescimento da indústria criada para a produção de produtos químicos, elaborados pela mão do homem, ou sintetizados, mas sempre dotados de propriedades mortíferas para os insetos. Esta indústria é um dos frutos da Segunda Guerra Mundial. No decorrer do desenvolvimento de agentes utilizáveis na guerra química, algumas das substâncias, criadas no laboratório, revelaram, ao que se descobriu, efeitos letais para os insetos. A descoberta não ocorreu por acaso; os insetos já vinham sendo amplamente usados nas experiências que se faziam para testar os agentes químicos de morte para o homem.”

Posteriormente a Segunda Guerra Mundial, um conflito ideológico entre o sistema econômico capitalista e socialista, colocou frente a frente duas potências mundiais, Estados Unidos (capitalismo) e União Soviética (socialismo), deixando o confronto conhecido como a Guerra Fria. Durante esse período, grandes corporações estadunidenses passaram a ofertar incentivos políticos, agrícolas e financeiros, importando insumos químicos, maquinários e capacitação técnica, com intuito de alinhar países em desenvolvimento aos interesses do capitalismo (SERRA et al, 2016). Nesse contexto, se deu a concepção da Revolução Verde, colocando a causa da fome e a instabilidade política nos países em desenvolvimento como sendo efeito do alto crescimento populacional em conjunto com a inadequada distribuição de alimentos. Assim, tinha como intuito introduzir inovações tecnológicas no campo para aumentar a produtividade agrícola e conseqüentemente reduzir os problemas advindos da falta de alimentos (CONWAY; BARBIER, 1990). Em seu livro “O Mundo Segundo A Monsanto”, Marie-Monique Robin relata o depoimento de Vandana Shiva:

“Não digo que a revolução verde não tenha começado com boas intenções, a saber, aumentar a produção alimentar nos países de terceiro mundo,” me explicou Vandana Shiva, “mas os efeitos perversos do modelo agrícola industrial que a sustenta tiveram conseqüências ambientais e sociais dramáticas, em particular para os pequenos camponeses.” (ROBIN, 2008, p.319)

A Revolução Verde no Brasil foi difundida durante a ditadura militar (1964-1985), com a criação do complexo agroindustrial e o Plano Nacional de Defensivos Agrícolas, o qual substituía a política de importação de venenos agrícolas. As ações foram propagadas com poucas exigências normativas, inexistência da classificação toxicológica, sem a utilização do receituário agrônomo e avaliado apenas pelo Ministério da Agricultura (SAMPAIO; NETO, 2018). Nesse sentido, Adeline M. Silva e Sueli M. de F. Alves (2007) afirmam:

“No Brasil, a introdução dos agrotóxicos foi feita de forma desorganizada, acompanhada de pacotes tecnológicos que introduzia a mecanização em larga escala, associada a outros fatores de produção. Neste quadro, o enfoque básico é o aumento da produtividade sem considerar riscos à saúde ou ao meio ambiente.”

No país, houve fortes investimentos em relação aos pacotes tecnológicos – conjunto de técnicas, práticas e procedimentos agrônômicos -, subsidiando linhas de

crédito destinadas aos produtores rurais para a aquisição, especialmente de defensivos químicos. Devido a esse viés, em 1973, foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com o objetivo de desenvolver a base tecnológica de um modelo de agricultura e pecuária genuinamente brasileira. Dessa forma, entre os anos de 1975 e 1979, cerca de 700 pacotes tecnológicos foram desenvolvidos pela Embrapa para a agricultura brasileira.

Devido a flexibilização no uso dos agrotóxicos, com a facilidade na aquisição, a falta de controle e de fiscalização, o incentivo governamental e a extensa área para produção, tornou o Brasil um dos maiores consumidores de agrotóxico do mundo (KHATOUNIAN, 2001). A utilização em larga escala teve seu foco inicial nas regiões Sul e Sudeste, e posteriormente a região Centro-oeste, tendo como principais culturas a soja, milho, algodão e arroz, seguido pela cana-de-açúcar.

O acentuado crescimento no uso dos agrotóxicos influenciou fortemente a adoção do uso de sementes transgênicas, definido como organismo geneticamente modificado (OGM). A argumentação para defender a utilização das sementes transgênicas se baseava na ideia da produção em larga escala com a diminuição do uso dos agrotóxicos (DUTRA; SOUZA, 2022; GUERRANTE, 2003). Porém, a utilização dos transgênicos resultou na grande concentração de poder latifundiário, no aumento da produção das commodities, como a soja, milho e a cana-de-açúcar, e na redução de alimentos básicos, como o arroz e o feijão. Destaca-se ainda o aumento do uso dos agrotóxicos e a manutenção da taxa produtiva, pela resistência das pragas aos princípios ativos de alguns agrotóxicos, gerando a necessidade da utilização em doses recorrentes e elevadas (DUTRA; SOUZA, 2018). Essa prática se tornou dominante na produção agrícola do país e as medidas econômicas se mostraram mais voltadas a atender aos interesses de setores de produção agrícola em detrimento aos interesses ambientais e de saúde. Logo, a utilização dos agrotóxicos permaneceu em ascensão, com a justificativa da necessidade de alta produção (DELGADO, 2012).

## **2.2 Agrotóxicos: Legislação e aspectos gerais**

O uso intensivo dos agrotóxicos na produção agrícola brasileira tem gerado amplos debates quanto aos impactos negativos no ambiente e na saúde humana



(PIGNATI, 2018). A lei básica atual que dispõe sobre o uso de agrotóxicos é a lei nº 7.802/1989 (BRASIL, 1989), a qual trata 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).

De acordo com o Decreto nº 4.074/2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, também conhecido como Lei dos Agrotóxicos, os agrotóxicos são definidos como:

produtos e 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 plantadas, e de outros ecossistemas e 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, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 2002).

O decreto supracitado foi alterado em 2021 pelo Decreto 10.833/2021, o qual trouxe uma série de atualizações às regras brasileiras previstas na lei 7.802/1989. Essas atualizações ocorreram, principalmente, pelo avanço científico e pela necessidade de estar em concordância com critérios e diretrizes adotados por outros países.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (2022) uma das vantagens trazidas pelo novo decreto é a racionalização do trabalho de análise de registro de agrotóxicos, evitando o retrabalho entre os órgãos Anvisa, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - (MAPA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - (IBAMA). Além disso, cita-se o estabelecimento de prazos factíveis de serem atendidos e a atualização dos procedimentos, incluindo a avaliação dos riscos de exposição à saúde humana, de forma que não sejam permitidos riscos inaceitáveis à população brasileira.

Ainda de acordo com a Anvisa (2022) o novo decreto prevê a obrigatoriedade do treinamento dos trabalhadores que atuam na aplicação de agrotóxicos, os quais serão certificados e cadastrados para que suas atividades sejam constantemente acompanhadas.

Mais recentemente, foi colocado em pauta o Projeto de Lei 1459/2022, também conhecido como “PL do Veneno”, o qual revogaria a lei 7.802/1989, e trouxe inúmeras discussões às questões ambientais, sobretudo a flexibilização do uso de algumas substâncias mais perigosas à saúde humana e ao ambiente. No entanto o Projeto de Lei não foi aprovado no Senado no final do ano de 2022, havendo a necessidade de que esse documento passe por melhorias.

Nesse sentido, Bressan (2015) observa que os agrotóxicos e demais insumos agrícolas devem ser ofertados aos produtores em quantidade e qualidade adequada, sendo fundamental o exercício da fiscalização (federal, estadual e municipal) para garantir os níveis de conformidade desses produtos.

Dados da EMBRAPA (2021) apontam que, anualmente, no mundo são utilizados 2,5 milhões de toneladas de agrotóxicos, sendo que no Brasil o consumo anual se aproxima a 300 mil toneladas de produtos comerciais, havendo um aumento de 700% nos últimos quarenta anos. A região que mais consome esses insumos é o Sudeste, com 38%, seguido pelo Sul e Centro-Oeste, com 31% e 23%, respectivamente.

Segundo o IPEA (2019) o Brasil passou de uma taxa de 1kg/ha de agrotóxicos no ano de 1991 para 4,3kg/ha em 2015. Estima-se que para o milho, em 2016, o consumo de agrotóxicos foi de R\$ 3,460 bilhões, representando 10% do total consumido no país, sendo a segunda cultura mais representativa nesse sentido, ficando atrás apenas da soja. Chama-se a atenção para o fato de que dos dez princípios ativos mais utilizados no Brasil, três são proibidos na União Europeia (acefato, atrazina e paraqueto), havendo ainda outras diferenças na regulação, dentre as quais citam-se os limites máximo de resíduos (LMR) permitidos nos alimentos (IPEA, 2019).

Segundo Almeida et al. (2017), entre os anos de 2007 e 2015 foram registrados 84.206 casos de intoxicação por agrotóxicos, ressalta-se, porém, que a subnotificação desses dados ainda é muito expressiva, não sendo possível obter uma dimensão real do problema no país. Dados da Agência Pública e Repórter Brasil (2022) estimam que mais de 14 mil pessoas foram intoxicadas por agrotóxicos no país no período de janeiro de 2019 a março de 2022, sendo registrados 439 mortes nesse período. O relatório do Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada - IPEA (2019) traz que os impactos sobre os seres humanos decorrentes do uso indiscriminado de agrotóxicos

vão desde náuseas, dor de cabeça e irritação na pele, até problemas crônicos como diabetes, câncer e malformações congênitas.

### 2.3 Agrotóxicos: Princípios ativos

Segundo o inciso II do artigo segundo da Lei nº 7.802/1989, os componentes dos agrotóxicos são os princípios ativos, produtos técnicos, suas matérias primas, os gradientes inertes e aditivos (BRESSAN, 2015). A definição de cada componente consta no artigo primeiro do decreto nº 4.074/2002 da seguinte forma:

I - **Aditivo** - substância ou produto adicionado a agrotóxicos, componentes e afins, para melhorar sua ação, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção;

XVII - **Ingrediente ativo ou princípio ativo** - agente químico, físico ou biológico que confere eficácia aos agrotóxicos e afins;

XVIII - **Ingrediente inerte ou outro ingrediente** - substância ou produto não ativo em relação à eficácia dos agrotóxicos e afins, usado apenas como veículo, diluente ou para conferir características próprias às formulações;

XXIV - **Matéria-prima** - substância, produto ou organismo utilizado na obtenção de um ingrediente ativo, ou de um produto que o contenha, por processo químico, físico ou biológico;

XXXVII - **Produto técnico** - produto obtido diretamente de matérias-primas por processo químico, físico ou biológico, destinado à obtenção de produtos formulados ou de pré-misturas e cuja composição contenha teor definido de ingrediente ativo e impurezas, podendo conter estabilizantes e produtos relacionados, tais como isômeros (BRASIL, 2022).

Dessa forma, entende-se que o princípio ativo é o ingrediente principal do agrotóxico e, dessa forma, havendo efeitos nocivos à saúde e ao ambiente, associados aos princípios ativos, esses devem ter a sua venda regulada e fiscalizada.

De acordo com a EMBRAPA (2021) as culturas agrícolas que mais fazem uso de agrotóxicos são a soja, milho, citros e cana-de-açúcar. A tabela 1 traz como exemplo os limites máximos de resíduos (LMR) permitidos de cinco princípios ativos utilizados na produção do milho, destacando o glifosato (princípio ativo mais utilizado no Brasil). O glifosato tem seu LMR inferior ao dos Estados Unidos e igual ao da União Europeia. Ao passo que o LMR do ingrediente ativo 2,4 – D (segundo princípio ativo mais utilizado no país) é quatro vezes superior ao permitido pela União Europeia, Estados Unidos e Japão.

Tabela 1. Limites máximos de resíduos permitidos no milho (em ppm)

<b>Ingrediente ativo</b>	<b>Codex</b>	<b>Brasil</b>	<b>China</b>	<b>Estados Unidos</b>	<b>Japão</b>	<b>União Europeia</b>
<b>2,4 – D</b>	0,05	0,2	-	0,05	0,05	0,05
<b>Clorpirifos</b>	0,05	0,1	0,05	0,05	0,1	0,05
<b>Deltametrina</b>	2	1	0,5	1	1	0,05
<b>Malationa</b>	0,05	8	1	8	1	8
<b>Glifosato</b>	5	1	1	5	1	1

Fonte: Handford, Elliot e Campbell (2015); Anvisa (2018).

Em 2019 existiam no Brasil cerca de 13.300 registros de agrotóxicos (AENDA, 2019), sendo um total de 504 princípios ativos de agrotóxicos com registro no país em agosto de 2022, dos quais 21,2% são de origem biológica (microrganismos, semioquímicos, feromônios e outros) (ANVISA, 2022). De acordo com Hess e Nodari (2022) entre janeiro de 2019 e junho de 2022 foram aprovados 1801 novos produtos para uso no país, sendo que, 80,4% possuem princípios ativos fabricados na China, como o fipronil, metomil e metsulfurom metílico, onde possuem sua venda proibida. No entanto, os autores também destacam que entre os 183 princípios ativos listados no período de janeiro de 2019 a junho de 2022, 72 não tem uso liberado na União Europeia em função dos seus efeitos adversos à saúde humana e outros organismos expostos a esses princípios ativos.

A Anvisa proibiu o uso de alguns princípios ativos no país, sendo essa suspensão justificada, principalmente, pela sua alta persistência ambiental, elevada periculosidade, alta toxicidade, carcinogenicidade, distúrbios hormonais e neurotoxicidade (ANVISA, 2019). Dentre os princípios ativos proibidos estão: Aldrim, BHC, Carbofurano, DDT, Endosulfan, Lindano, Metamidofos, Paration, Perationa Metilica e Pentaclorofenol.

Dentre os princípios ativos autorizados, dez (Tabela 2) correspondem a 70% do total consumido pela atividade agrícola no país.

Tabela 2. Princípios ativos e suas classificações

Princípio ativo	Classificação toxicológica*	Periculosidade ambiental	Quantidade (mil toneladas)	Grupo
Glifosato	IV	III	173	Herbicida
2,4 – D	I	III	57	Herbicida
Mancozebe	I	III	31	Fungicida
Acefato	II	II	27	Inceticida
Óleo Mineral	IV	IV	27	Adjuvante
Atrazina	III	II	25	Herbicida
Óleo Vegetal	IV	IV	13	Adjuvante
Paraquat	I	III	12	Herbicida
Imidacloprido	II	III	9	Inseticida
Oxicloreto de cobre	III	II	7	Fungicida
Outros	-	-	158	-
<b>Total</b>	-	-	<b>540</b>	-

\* Classificação toxicológica: Classe I – Extremamente tóxico, Classe II – Altamente tóxico, Classe III – Medianamente tóxico, Classe IV – Pouco tóxico.

Fonte: Adaptado IPEA (2019); Anvisa (2019).

Frente ao exposto, ressalta-se que alternativas sustentáveis ao uso de agrotóxicos vêm sendo pesquisadas com maior intensidade nos últimos anos. Bezerra et al. (2022) apontam que os bioinsumos, como são chamados, podem ser importantes para o avanço da sustentabilidade na agricultura, contribuindo para a redução do uso excessivo de agrotóxicos.

## 2.4 Bioinsumos

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020) conceituou os bioinsumos como sendo:

todo produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinados ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção agrícolas, pecuários, aquícolas e florestais, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de micro-organismos e de substâncias derivadas, que interagem com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (MAPA, 2020).

Em outras palavras, os bioinsumos são os produtos ou processos agroindustriais desenvolvidos a partir de enzimas, extratos (de plantas ou de microrganismos), microrganismos, macrorganismos destinados ao controle biológico.

Os autores Jorge e Souza (2017) descrevem o controle biológico como prática de controle alternativo de pragas e doenças que contrapõem ao modelo agroquímico de agricultura. O controle biológico pode ser conservativo, clássico ou aumentativo. Segundo os autores, o controle biológico conservativo é caracterizado pelo manejo de elementos ambientais para otimizar a sobrevivência e a atuação de inimigos naturais, isso é, trata-se de um controle que objetiva a menor interferência no sistema agrícola.

Já o controle biológico clássico faz uso de agentes de controle de uma região para outra com o objetivo de promover um equilíbrio entre a população de pragas e a do agente de controle biológico. Por fim, o controle aumentativo, os inimigos naturais são introduzidos em grande quantidade em uma determinada área (JORGE; SOUZA, 2017).

Nesse cenário, as maiores áreas sob controle biológico com bioinsumos registrados em 2022 foram, respectivamente, a soja, o milho, a cana-de-açúcar e o café. Informações da EMBRAPA (2023) ressaltam que o número de produtos biológicos registrados no país chegou a 482 em 2023, sendo que, atualmente, para cada doença de planta relevante já existe ao menos um produto de biocontrole - técnica de manejo que utiliza inimigos naturais para combater pragas e doenças das culturas.

Ainda segundo a EMBRAPA (2023), para atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável; ODS 3 – Saúde e bem-estar; ODS 6 – Água potável e saneamento; ODS 7 – Energia limpa e acessível; ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura; ODS 12 – Consumo e produção responsável; ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima; ODS 14 – Vida na água; e ODS 15 – Vida terrestre), é importante que haja um aumento na participação de insumos biológicos no controle de pragas e doenças, expansão do controle biológico conservativo, substituição dos insumos sintéticos e de fertilizantes cuja origem não é renovável.

Em 2020, através do Decreto nº 10.376/2020 foi instituído o Programa Nacional de Bioinsumos, com o objetivo de atender à essa crescente demanda do mercado de produtos sustentáveis. De acordo com os dados do MAPA, os bioinsumos representam uma economia anual ao país na ordem de R\$ 165 milhões através da sua aplicação para controle biológico.

De acordo com a Anvisa, os produtos biológicos para a agricultura podem ser classificados em três categorias: a) semiquímicos (INC <sup>1</sup> 1/2006); b) agentes biológicos de controle (INC 2/2006) e, c) agentes microbiológicos de controle (INC 3/2006) (BRASIL, 2006). Dados do MAPA (2019) indicam que, dos produtos biológicos utilizados no mercado, 60,4% são microbiológicos, sendo em sua maioria (53,2%) bioinseticidas. Os biofungicidas representam 11,7% desse valor. A figura 1 apresenta a classificação dos produtos biológicos de acordo com a sua formulação e efeitos nos cultivos agrícolas.

Figura 1. Classificação geral dos produtos biológicos de controle



Fonte: Adaptado de MAPA (2019).

No Brasil existe uma gama de bioinsumos que já vem sendo aplicados com sucesso em larga escala, a exemplo do *Baculovirus anticarsia*, utilizado no controle da lagarta da soja (JORGE; SOUZA, 2017) e o *Isaria fumosorosea* indicado para o manejo da cigarrinha-do-milho. Dados da EMBRAPA (2023) destacam que a expansão de mercado mais intensa para o controle biológico foi destinada ao manejo de nematóides, onde a técnica ultrapassou o mercado de nematicidas químicos e é, atualmente, o maior mercado de biocontrole no país.

Além disso, a utilização dos bioinsumos corrobora para reduzir a dependência e a utilização de fertilizantes químicos, compostos por nitrogênio, fosforo e potássio.

<sup>1</sup> INC - Instrução Normativa Conjunta

Por ser formulados a partir de organismos vivos, os bioinsumos interagem de forma sinérgica com as plantas e o solo, fixando nitrogênio atmosférico e solubilizando o fosfato e o potássio presente no solo, tornando esses nutrientes disponíveis para as plantas. Outro fator importante é a melhora na saúde do solo e a promoção do crescimento das raízes e o desenvolvimento radicular das plantas, permitindo uma melhor absorção dos nutrientes.

Os agentes biológicos de controle, tanto micro (vírus, bactérias, protozoários e fungos) quanto macro (ácaros, insetos e nematóides), constituem grande parte de produtos fitossanitários (produtos químicos ou biológicos que objetivam o controle de pragas e doenças nas lavouras), sendo incorporados às formulações de acordo com as culturas, e as pragas e doenças que as afetam.

Assim, demonstra-se que o modo de ação dos insumos que apresentam agentes biológicos como princípios ativos podem ser agrupados de acordo com o comportamento do organismo, seja em predadores, parasitóides e entomopatogênicos. Nesse sentido, conforme Jorge e Souza (2017) os agentes biológicos de controle são aqueles que desempenham o papel de parasita, predador ou competidor em relação à espécie que se pretende controlar, sendo conhecidos como inimigos naturais e promovendo benefícios ao produtor no trato da lavoura.

Na figura 2 estão indicados os agentes biológicos registrados no Brasil, de acordo com a sua origem (Vírus, fungos, ácaros, bactérias, nematóides e insetos).



Figura 2. Agentes biológicos (macro e micro) registrados no Brasil

**AGENTES BIOLÓGICOS REGISTRADOS NO BRASIL**

<b>Vírus</b>	<b>Fungos</b>
<i>Baculovirus Anticarsia gemmatalis multiple nucleopolyhedrovirus</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
<i>Baculovirus Autographa californica nuclear polyhedrosis</i>	<i>Isaria fumorosea</i>
<i>Baculovirus Chrysodeixis includens nucleopolyhedrovirus</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>
<i>Baculovirus Helicoverpa armigera</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
<i>Baculovirus Helicoverpa armigera nucleopolyhedrovirus</i>	<i>Paecilomyces lilacinus</i>
<i>Baculovirus Helicoverpa zea single nucleopolyhedrovirus</i>	<i>Pochonia chlamydosporia</i>
<i>Baculovirus Helicoverpa zea nucleopolyhedrovirus (VPN-HzSNPV)</i>	<i>Trichoderma asperellum</i>
<i>Baculovirus Spodoptera frugiperda</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Baculovirus Spodoptera frugiperda multiple nucleopolyhedrovirus</i>	<i>Trichoderma koningiopsis</i>
<i>Chrysodeixis includens multiple nucleopolyhedrovirus</i>	<i>Trichoderma stromaticum</i>
	<i>Hirsutella thompsonii</i>
	<i>Aspergillus flavus</i>

  

<b>Ácaros</b>	<b>Bactérias</b>	<b>Insetos</b>
<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	<i>Ceratitidis capitata</i>
<i>Phytoseiulus macropilis</i>	<i>Bacillus firmus</i>	<i>Cotesia flavipes</i>
<i>Stratiolaelaps scimitus</i>	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>
<i>Amblyseius tamatavensis</i>	<i>Pasteuria nishizawae</i>	<i>Orius insidiosus</i>
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Trichogramma galloi</i>
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Trichogramma pretiosum</i>
	<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Trissolcus basalidis</i>
	<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Telenomus podisi</i>

  

<b>Nematoides</b>
<i>Deladenus siricidicola</i>
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
<i>Steinernema puertoricense</i>

Fonte: MAPA (2019).

Bortoloti e Sampaio (2022) observam que os bioinsumos para controle biológico vêm ocupando espaço no âmbito de tecnologia sustentável alternativa e complementar aos agrotóxicos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais em termos de contaminação do solo, da água e de emissões de gases do efeito estufa.

Vários países ao redor do mundo têm adotado práticas de agricultura sustentável e a utilização de bioinsumos como parte de seus sistemas agrícolas. Cita-se a Dinamarca, Holanda, Índia e EUA, como exemplos de como a utilização de bioinsumos pode ser bem-sucedida e eficiente em promover práticas agrícolas mais sustentáveis, com menor impacto ambiental e benefícios tanto para agricultores como para a sociedade como um todo.

## 2.5 Agricultura de baixo carbono

A Agricultura de Baixo Carbono (ABC) surge no sentido de reduzir os impactos oriundos das atividades agrícolas empregando técnicas de manejo que adotam uma série de ações para mitigar as emissões de gases causadores do efeito estufa. Frente

à essa demanda já citada anteriormente quanto às produções mais sustentáveis, o governo propôs em 2010 o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também conhecido como Plano ABC, instituído de acordo com o artigo terceiro do decreto nº 7.390/2010.

O programa surge como estratégia do governo brasileiro para promover a agricultura sustentável e de baixo carbono. Tem como objetivo contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário brasileiro. Essa estratégia se alinha com os compromissos do Brasil no âmbito do Acordo de Paris, um tratado internacional assinado em 2015 durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

O Acordo de Paris estabelece metas globais para conter o aquecimento global e limitar o aumento da temperatura média do planeta. Os países signatários devem apresentar suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), que são planos detalhados de ações e metas para redução de emissões em seus setores econômicos, incluindo a agricultura.

Surgiu da necessidade de buscar soluções concretas para enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos com a participação de países de todo o mundo. O Brasil, como um dos maiores emissores de gases de efeito estufa provenientes da agricultura e do desmatamento, assumiu compromissos no âmbito do Acordo de Paris e, assim, desenvolveu o Plano ABC como parte de sua estratégia nacional de redução de emissões no setor agrícola.

O Plano ABC concentra-se em práticas agrícolas sustentáveis que incluem a recuperação de pastagens degradadas, o manejo integrado entre lavouras, pecuárias e florestas, o plantio direto na palha, o uso de sistemas agroflorestais, a fixação biológica de nitrogênio e o manejo sustentável de florestas plantadas. Ao promover essas práticas, o plano busca reduzir o desmatamento, aumentar o sequestro de carbono, melhorar a produtividade agrícolas fortalecer a resiliência do setor agropecuário às mudanças climáticas.

Cita-se também, nesse cenário legislativo, a lei federal nº 12.187/2009 que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) cujo objetivo é, entre outros, a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático, redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa,

preservação e conservação dos recursos naturais e consolidação e expansão de áreas protegidas.

Telles et al. (2021) concluíram que dentre os fatores que contribuíram para o incremento produtivo da agricultura do país, três técnicas se destacam: a) capacidade de produção de duas safras anuais, b) melhoramento genético das variedades de cultivo, visando o aumento da resistência às pragas e doenças que, conseqüentemente, levou a uma redução no uso de agrotóxicos (inseticidas e fungicidas), evidenciando a prática de Manejo Integrado de Pragas e Doenças e c) sistema de plantio direto, importante para o manejo e conservação do solo e da água.

Ressalta-se que o terceiro fator destacado acima, desenvolvimento do sistema de plantio direto, está baseado no uso de herbicidas, como o glifosato. Porém, de acordo com Telles et al. (2021), os benefícios oriundos do uso dessa técnica, em termos de redução de impactos ambientais e naturais, compensam o ônus, justificando que toda atividade produtiva sempre irá gerar impactos ao ambiente. Nesse contexto, um aspecto importante citado pelos autores é que o sistema de plantio direto possibilita uma racionalização no uso de agrotóxicos pelas ações de Manejo Integrado de Pragas e Doenças.

Outra técnica amplamente utilizada na agricultura de baixo carbono é a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), pois promove a retenção de carbono na biomassa do solo (SERRA et al., 2019). Destaca-se também que esse modelo agrícola permite que a propriedade rural seja explorada economicamente durante todo ano, favorecendo o aumento da oferta de produtos a um menor custo (SILVA; FILHO, 2020).

O ciclo biogeoquímico do carbono – processo natural que envolve a troca de carbono entre a atmosfera, os organismos vivos, oceanos e a litosfera – se associa às diversas transformações que o carbono sofre, estando, no meio terrestre, intimamente relacionado à respiração dos seres vivos e aos processos fotossintéticos. Pensando sob a ótica do ciclo biogeoquímico do carbono, o qual vem sendo constantemente alterado pelas atividades antrópicas, em especial pelas mudanças do uso da terra e pela queima de combustível fóssil, as técnicas de iLPF e plantio direto proporcionam um menor impacto ambiental pois possibilitam um maior acúmulo de carbono orgânico (SILVA et al., 2016).

A conversão de floresta em áreas de pastagem ou agricultura, além de gerar emissões de CO<sub>2</sub>, reduzem o estoque de carbono desses ambientes (TELLES et al.,

2021). Nesse sentido, esses modelos de plantio supracitados favorecem o sequestro de carbono, isso é, a retirada do gás carbônico da atmosfera, de forma espontânea e natural, tornando a aumentar o estoque de carbono por hectare (TELLES et al., 2021).

Nesse cenário, observa-se que a agricultura de baixo carbono apresenta inúmeras vantagens sob a ótica sustentável de produção, garantindo um meio ambiente equilibrado e uma economia favorável, tanto para o produtor, como para o consumidor. No entanto, Silva e Filho (2020), recomendam que para uma maior efetividade, são necessárias revisões no Plano ABC, principalmente no âmbito de conscientização dos produtores, capacitação para adoção das técnicas propostas e quanto as questões burocráticas, que dificultam a adesão ao programa.

## 2.6 Produção agrícola no Brasil

Nos últimos 20 anos, o Brasil teve a sua produção alimentícia aumentada para as mais diversas culturas e criações animais, tanto para os grandes produtores, quanto para as regiões com predominância de agricultura familiar (SAES, 2023).

Assim, pode-se dizer que as *commodities* agrícolas<sup>2</sup> têm exercido grande influência na economia brasileira, destacando que, somente em 2019, a produção do agronegócio representou aproximadamente 22% do PIB brasileiro (FIA, 2021). De acordo com Rodrigues (2015), a Confederação das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento indicou que as *commodities* são responsáveis por mais de 65% das exportações brasileiras.

No país, dentre as principais *commodities* citam-se a soja, o café, o milho e trigo, como alimentos de origem vegetal e a carne, leite e seus derivados, como proteína animal. Ressalta-se também, que essas culturas possuem natureza cíclica, sendo, portanto, influenciadas por fatores edafoclimáticos, mercadológicos e conjunturais (DUARTE, 2022).

Dentre os fatores edafoclimáticos, cita-se o exemplo das safras de milho e soja. Dados da CNA (2023) indicam que a safra de 2021/22 para o milho e soja sofreram perdas expressivas em função do fenômeno La Niña.

No entanto, mesmo diante desses efeitos climáticos, a soja somou uma produção de 125,5 milhões de toneladas e o milho totalizou, nos três ciclos, 112,8 milhões de toneladas, havendo um incremento produtivo de 30% em relação à safra

---

<sup>2</sup> As *commodities* agrícolas são produtos comercializados *in natura* ou com baixas taxas de industrialização, isso é, são produtos padronizados e baixa diferenciação de origem, os quais possuem demanda em escala global.

anterior. O mesmo documento ainda apontou que a produção de trigo fechou com um valor de 9,5 milhões de toneladas e o café teve a sua safra de 2022 limitada pelo déficit hídrico, geadas e chuva de granizo que ocorreram nas regiões sul e sudeste.

Dados da FAOSTAT (2020) indicam que o Brasil é o quarto maior produtor de grãos, ficando atrás de países como a China, Estados Unidos e Índia. Porém, para esse mesmo ano, o país foi o segundo maior exportador de grãos (123 milhões de toneladas de grãos) e, em termos de valores correntes do grão, o Brasil se tornou o maior exportador, com US\$ 37 bilhões (22,2% do valor mundial) (FAOSTAT, 2020). Para a safra de 2022/2023 são esperadas 155.736,5 mil toneladas, segundo levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023).

Mas como consequência da atuação do agronegócio na economia brasileira, esse setor, em 2020, produziu entre 477 e 577 milhões de toneladas de gases causadores do efeito estufa, representando aproximadamente 28% do total de gases emitidos no país (BRASIL; 2022; SEEG, 2021). O uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos levanta questões sobre a saúde humana e a sustentabilidade dos sistemas de produção. Além disso, o setor tem sido considerado um dos principais responsáveis pelo desmatamento e degradação ambiental (RAJÃO et al., 2020).

Diante desses desafios, têm surgido iniciativas e políticas voltadas para uma agricultura mais sustentável e responsável. Nesse contexto, a implantação de uma agricultura de baixo carbono e de sistemas de plantios como o plantio direto são fundamentais para garantir a sustentabilidade das produções agropecuárias no país.

### **3 Metodologia**

Neste capítulo será apresentado o método de pesquisa, demonstrando a caracterização da pesquisa de acordo com o objetivo, os procedimentos, a abordagem, finalidade, desenvolvimento e a natureza do trabalho.

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

A pesquisa classifica-se de acordo com o objetivo (GIL, 2008) como descritiva, possuindo o objetivo de coletar dados através de um estudo de caso demonstrando a eficiência na utilização dos bioinsumos para a problemática utilização extensiva e massiva de agrotóxicos na produção agrícola brasileira.

Em relação aos procedimentos técnicos (PRODANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2008), classifica-se a pesquisa como uma revisão bibliográfica por utilizar referências já publicadas como livros, artigos científicos, publicações em periódicos, relatórios técnicos, entre outros, para embasar seu conteúdo. Caracteriza-se, também, como revisão documental por utilizar-se de dados disponibilizados por organizações privadas para justificar a alternativa sustentável proposta, além da pesquisa participante devido a participação por meio de observações durante o estudo prático de pesquisa da organização privada.

De acordo com a abordagem da pesquisa (CRESWELL, 2014), classifica-se como qualitativa-quantitativa, pelo fato de ser realizada uma análise dos efeitos benéficos dos bioinsumos e se utiliza uma análise quantitativa em relação aos dados coletados pelo estudo prático para a geração de informações significativas a respeito da utilização dos bioinsumos na produção agrícola.

A pesquisa quanto a finalidade (FONTELLES et al., 2009) caracteriza-se como aplicada, devido ao fato de ser produzido conhecimento científico para aplicação prática, através dos resultados obtidos, voltado para solução de uma problemática concreta, trazendo melhorias na qualidade dos alimentos.

De acordo com o desenvolvimento no tempo (FONTELLES et al., 2009) caracteriza-se como transversal, pois a pesquisa é realizada em um curto período de tempo, definido pelo intervalo entre o plantio e a colheita do milho, sendo a análise dos dados realizada até o dado momento de desenvolvimento do presente trabalho.

E, por fim, a natureza do trabalho realizado, segundo Fontelles et al. (2009), é observacional, dado que a preocupação se restringe à coleta dos fatos acontecidos, sem interferir nos resultados.

Tabela 3. Caracterização da pesquisa

Critério	Classificação	Escolha
Objetivo (GIL, 2008)	Exploratória	
	Descritiva	X
	Explicativa	
Procedimentos Técnicos (PRODANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2008)	Pesquisa Bibliográfica	X
	Pesquisa Documental	X
	Pesquisa Experimental	
	Levantamento	
	Pesquisa de Campo	
	Estudo de Caso	
	Pesquisa-ação	
Abordagem (CRESWELL, 2014)	Pesquisa Participante	X
	Quantitativo	
	Qualitativo	
Finalidade (FONTELLES et al., 2009)	Qualitativo-Quantitativo	X
	Básica	
	Aplicada	X
Desenvolvimento no Tempo (FONTELLES et al., 2009)	Transversal	X
	Longitudinal	
Natureza (FONTELLES et al., 2009)	Observacional	X
	Experimental	

Fonte: Pesquisa Direta (2023)

#### 4 Resultados e discussões

No Brasil, os principais princípios ativos utilizados incluem o glifosato, o acefato, o paraquat, a atrazina e o cloripirifós. Essas substâncias são amplamente aplicadas nas lavouras visando o aumento da produtividade e o controle das ameaças aos cultivos. Outro quantitativo importante relaciona-se às principais culturas no qual são utilizados agrotóxicos no país, soja, milho, cana-de-açúcar, algodão e café, que apesar de serem commodities, também, apresentam-se no mercado interno como itens de cesta básica, o que significa estarem presentes na maioria das refeições dos brasileiros. Todavia, o uso contínuo e incorreto destes produtos químicos oferece perigos de contaminação de águas, solos, alimentos, atingindo espécies aquáticas e terrestres.

Sendo assim, não se pode relevar os perigos à saúde humana e ao meio ambiente que vem sendo estudados desde o início de sua utilização, como arma química na Segunda Guerra Mundial, e em consequente na sua aplicação no mercado agrícola como defensor agrícola, apresentando os mais diversos quadros de intoxicações.

Estudos científicos têm demonstrado que a exposição a essas substâncias está associada a diversos problemas de saúde, como câncer, distúrbios hormonais, danos ao sistema nervoso, defeitos congênitos e alterações no sistema imunológico. Os trabalhadores rurais e as comunidades próximas às áreas agrícolas são particularmente afetados pela exposição aos agrotóxicos.

Além dos impactos na saúde humana, os agrotóxicos também causam danos ao meio ambiente. A aplicação dessas substâncias contamina o solo, a água superficial e subterrânea, e afeta a biodiversidade. Seus resíduos podem persistir no ambiente por longos períodos, causando impactos negativos nos ecossistemas, incluindo a morte de organismos benéficos, como polinizadores, e a contaminação de cursos d'água.

Como apresentado na revisão, o Brasil possui um conjunto de normas que regulamentam o uso dos agrotóxicos. Os órgãos responsáveis pela regulamentação incluem a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Essas instituições estabelecem



critérios para o registro, a rotulagem, o armazenamento e o uso dos agrotóxicos, bem como para o controle de resíduos nos alimentos.

No entanto, é importante mencionar que tem havido recentes tentativas de aprovação de novas leis que flexibilizam as regulamentações existentes. Essas propostas têm gerado debates intensos sobre a segurança do uso de agrotóxicos e levantado preocupações entre especialistas e organizações de saúde e meio ambiente, pois sua flexibilização pode comprometer ainda mais a proteção da saúde humana e do meio ambiente.

Dessa forma, o presente trabalho traz um estudo de caso realizado acerca da aplicação dos bioinsumos e dos agrotóxicos na busca da construção de conhecimentos para validar os bioinsumos como alternativa viável à redução no uso dos agrotóxicos. Além disso, apresenta práticas agrícolas capazes de colaborar no processo de diminuição dos produtos químicos na produção agrícola brasileira.

#### **4.1 Estudo de Caso: Bioinsumos versus Agrotóxicos**

Os bioinsumos são produtos de origem biológica, como microrganismos, extratos vegetais e substâncias naturais, que podem ser utilizados para controle de pragas e doenças de forma mais seletiva e com menor impacto ambiental.

A utilização desses produtos como alternativa ao uso dos agrotóxicos tem se mostrado uma abordagem promissora para a agricultura sustentável. Conforme mencionado, para o desenvolvimento do presente trabalho, se fez necessário o acompanhamento à um estudo prático realizado por uma organização privada.

O presente estudo foi conduzido no centro de pesquisa da organização, localizado no município de Londrina, Paraná, no período de 15/03/2022, quando se realizou a primeira aplicação do experimento, até o momento da colheita, realizada no dia 06/09/2022.

A doença escolhida para o tratamento foi a Mancha Foliar, causada pelo fungo *Helminthosporium turcicum*, na cultura do milho. Essa doença, se não controlada, pode ocasionar perdas de rendimento acima de 50% da produção. A figura 4 demonstra a atuação do fungo na folha da planta.

Figura 3. Doença Mancha Foliar no milho



Fonte: Agrolink (2023)

O híbrido de milho utilizado para o estudo foi o ag 8480, com as seguintes características para plantio: 3 plantas por metro, espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade populacional de 66.666 plantas por hectare. Para acompanhamento das fases de aplicações na cultura para o combate da Mancha Foliar foi utilizado a seguinte nomenclatura:

Tabela 4. Nomenclatura utilizada para as fases de aplicações

NOMENCLATURA UTILIZADA	FASES DA CULTURA
A	Plantio
B	V4 – Quatro Folhas
C	V7 – Sete Folhas
D	V10 – Dez Folhas
E	Pré Pendoamento

Fonte: Elaboração própria

As aplicações mantiveram um intervalo, em média, de 15 dias entre as fases mencionada na tabela 4. Para a organização privada, o estudo previa avaliar a eficiência e praticabilidade agrônômica do produto PNB<sup>3</sup> para o controle do *turcicum*. Dessa forma, oito tratamentos em diferentes áreas devidamente separadas pelo croqui foram realizados.

<sup>3</sup> Produto de origem biológica com ingrediente ativo não informado devido a política de experimentos adotada pela empresa para produtos que não possuem aprovações para comercialização.

Para o presente estudo se fez necessário observar apenas quatro diferentes tratamentos (Tabela 5) dos oito realizados pela empresa, a fim de analisar aspectos relacionados ao combate da doença e a produtividade, atrelado a aplicação de agrotóxicos e bioinsumos.

Tabela 5. Tratamentos detalhados

TRATAMENTO	PRODUTOS	CARACTERÍSTICA	DOSE g ou mL/ha	FASE*
1	SuperBac	Fertilizante	250	A
	Mol Top	Biológico	5000	A
2	SuperBac	Fertilizante	250	A
	Mol Top	Biológico	5000	A
	Biofree	Biológico	300	B
	Biotrio	Biológico	200	B
	Bombardeiro	Biológico	300	B
	Openeem Plus	Extrato de Plantas	1000	B
	Biokato	Biológico	300	B
	Cartugen	Biológico	50	B
	Openeem Plus	Extrato de Plantas	1000	C
	Biokato	Biológico	800	C
	Wetcit	Adjuvante	150	C
	PNB	Biológico	1000	C
	Cartugen	Biológico	50	C
	3	SuperBac	Fertilizante	250
Mol Top		Biológico	5000	A
Azimet		Agrotóxico	500	B
Talisman		Agrotóxico	600	B
Biokato		Biológico	800	B
Premio		Agrotóxico	100	B
Aureo		Óleo Mineral	750	B
Premio		Agrotóxico	100	C
Aureo		Óleo Mineral	750	C
Sphere Max		Agrotóxico	200	C
Galil SC		Agrotóxico	400	C
PNB	Biológico	1000	D	
4	SuperBac	Fertilizante	250	A
	Mol Top	Biológico	5000	A
	Talisman	Agrotóxico	600	B
	Premio	Agrotóxico	70	B
	Aureo	Óleo Mineral	750	C
	Azimet	Agrotóxico	500	C
	Galil SC	Agrotóxico	400	C
	Premio	Agrotóxico	70	C
	Aureo	Óleo Mineral	250	D
	Sphere Max	Agrotóxico	200	D
	Talisman	Agrotóxico	600	D
	Premio	Agrotóxico	70	D
	Aureo	Óleo Mineral	750	E
	Orkestra SC	Agrotóxico	300	E

\* Fases detalhadas na tabela 4

Fonte: Elaboração própria

Através dos tratamentos citados na tabela 5, pode-se observar:

- Tratamento 01: Testemunha da pesquisa<sup>4</sup>, ou seja, houve apenas o plantio do híbrido de milho com a utilização do fertilizante e condicionador de solo, assim como em todos os outros tratamentos, mas sem nenhuma aplicação de defensivos, seja químico ou bioinsumo.
- Tratamento 02: Experimento com 100% da aplicação de produtos considerados bioinsumos. Havendo aplicações, apenas, nas fases A, B e C.
- Tratamento 03: Experimento mesclando o uso dos agrotóxicos e bioinsumos. Neste cenário, houve um incremento de aplicação, tendo sido realizado o manejo nas fases A, B, C e D para efetividade do combate.
- Tratamento 04: Experimento com 100% da aplicação com produtos químicos, ou seja, agrotóxicos. Sendo necessário aplicações em todas as 5 fases, A, B, C, D e E, para combate da doença estudada.

Diante do cenário exposto, é importante destacar que essa pesquisa não possui viés econômico, o trabalho é voltado para a eficiência dos bioinsumos. E, os resultados demonstrados na sequência se referem a esse experimento e as condições de manejo encontradas durante o estudo, como exemplo, condições climáticas.

Após feitas todas as aplicações de produtos e realizada a colheita, pode-se obter os resultados de produtividade com o combate à Mancha Foliar na tabela a seguir.

Tabela 6. Produtividade por tratamento

TRATAMENTO	PRODUTIVIDADE SACA 60kg/há
1	38,3
2	56,5
3	71,3
4	58,0

Fonte: Elaboração própria

Dessa forma, visto que essa doença afeta diretamente a produtividade, observa-se que o tratamento 3 obteve a melhor performance produtiva quando comparado aos demais tratamentos. Vale destacar que, nesse manejo houve uma alternância entre bioinsumos e agrotóxicos, além de necessitar uma aplicação a

<sup>4</sup> Testemunha da pesquisa: Tratamento base para servir de comparativo aos demais tratamentos realizados.

menos quando comparado ao tratamento que possui em sua totalidade defensivos químicos.

Ao fazer uma observação em relação à testemunha, é possível analisar um aumento de produtividade em torno de 86%. Tal número expressivo se deve ao fato do tratamento 1, não possuir nenhuma aplicação para o combate à doença tratada. Mas, quando analisamos os demais tratamentos (2 e 4), pode-se destacar um aumento em torno de 25% na produção. Ambos os tratamentos possuem aplicações de combate à doença analisada, enquanto o 2 possui em sua totalidade bioinsumos, o 4 possui produtos de origem química. Dessa forma, entende-se, através do experimento, uma vantagem produtiva quando se faz uma alternância na escolha dos produtos. Destacando a redução no uso dos agrotóxicos para o incremento de bioinsumos.

Mas, é importante observar que a usabilidade de 100% bioinsumos no tratamento da doença *Helminthosporium turcicum* permite chegar próximo à produtividade do manejo com 100% agrotóxicos, além de necessitar duas aplicações a menos nas fases de desenvolvimento da cultura.

Sendo assim, pode-se concluir que a utilização desse produto, aliado a diminuição dos produtos químicos mostrou-se uma alta performance na prática, evidenciando os bioinsumos como uma promissora alternativa para a redução no uso dos agrotóxicos.

Com isso, após o estudo prático, com base no tratamento da Mancha Foliar no milho, e o estudo aprofundado na literatura e em artigos científicos, pode-se considerar alguns pontos sobre os bioinsumos:

- Eficiência no controle de pragas e doenças: Os estudos analisados demonstraram que os bioinsumos incluindo agentes biológicos, extratos de plantas e substâncias naturais, apresentaram eficiência no controle de pragas e doenças agrícolas.
- Menor impacto ambiental: Uma das vantagens é o seu menor impacto ambiental em comparação com os agrotóxicos. Os estudos evidenciaram que os bioinsumos não deixam resíduos tóxicos persistentes nos solos, na água e nos alimentos. Além disso, esses produtos são geralmente menos prejudiciais para a biodiversidade, não afetando adversamente os insetos benéficos, aves e outros organismos não alvo.

- Preservação da saúde humana: Outro aspecto positivo é a redução dos riscos para a saúde humana. Ao contrário dos agrotóxicos, que podem causar intoxicações agudas e crônicas, os bioinsumos são considerados mais seguros para os trabalhadores rurais, consumidores de alimentos e comunidades próximas às áreas agrícolas.
- Sustentabilidade econômica: Benefícios a longo prazo incluem a redução da dependência dos químicos, o aumento da qualidade dos produtos agrícolas e a melhoria da saúde do solo, evitando o desequilíbrio nutricional e diminuindo a necessidade de aplicações em massa. Além disso, a crescente demanda por alimentos produzidos de forma mais sustentável pode abrir oportunidades de mercado para os agricultores que utilizam bioinsumos.
- Desafios e limitações: Apesar das vantagens, alguns desafios e limitações dos bioinsumos foram identificados nos estudos analisados. A eficácia pode variar dependendo das condições climáticas, dos sistemas de cultivo e da espécie alvo. Além disso, a disponibilidade comercial ainda pode ser limitada, exigindo maior investimento em pesquisa, desenvolvimento e capacitação técnica.

Em suma, os resultados obtidos demonstram que os bioinsumos são uma alternativa promissora e eficaz ao uso dos agrotóxicos. Esses produtos apresentam eficiência no controle de pragas e doenças, menor impacto ambiental, preservação da saúde humana e sustentabilidade econômica. No entanto, é necessário superar desafios e investir em pesquisa e desenvolvimento para ampliar a disponibilidade e a adoção dos bioinsumos. A promoção de políticas públicas e a conscientização dos agricultores sobre os benefícios e as técnicas adequadas de utilização dos bioinsumos são essenciais para uma transição bem-sucedida para uma agricultura mais sustentável e saudável.

## 5 Considerações finais

Ao longo deste trabalho, foi possível analisar e compreender os impactos dos agrotóxicos na saúde humana e no meio ambiente. Os resultados obtidos evidenciam a gravidade dessa questão e a necessidade de buscar alternativas mais sustentáveis para a agricultura.

Os agrotóxicos representam uma ameaça significativa à saúde, comprovadamente associados a diversos problemas. A exposição a essas substâncias não se restringe apenas aos produtores rurais, mas afeta também a população em geral através do consumo de alimentos contaminados. Essa realidade exige medidas efetivas para proteger a saúde pública e garantir alimentos seguros e saudáveis.

Além dos impactos na saúde humana, os agrotóxicos têm consequências ambientais preocupantes. A contaminação do solo, da água e dos ecossistemas afeta a biodiversidade e compromete a qualidade dos recursos naturais. O desequilíbrio ecológico causado pelos agrotóxicos também afeta a polinização, essencial para a produção de alimentos, e contribui para a perda da biodiversidade, um patrimônio inestimável.

Nesse contexto, o estudo de caso realizado evidenciou que os bioinsumos apresentam-se como uma alternativa promissora e complementar ao uso excessivo de agrotóxicos na agricultura. Através da análise dos resultados obtidos, foi possível constatar que esses produtos biológicos demonstraram eficácia no controle de pragas e doenças, além de contribuírem para a melhoria da saúde do solo e do meio ambiente. Sua aplicação revelou-se como uma estratégia viável para reduzir a dependência dos agrotóxicos, proporcionando uma abordagem mais sustentável e equilibrada na produção de alimentos.

Diante dos desafios contemporâneos relacionados à segurança alimentar e a preservação do meio ambiente, essas soluções surgem como uma importante alternativa, promovendo a transição para um sistema agrícola mais consciente e responsável. Nesse contexto, torna-se imprescindível incentivar a adoção e o aprimoramento dessas práticas na agricultura, a fim de alcançar um desenvolvimento agrícola sustentável e, ao mesmo tempo, proteger os ecossistemas e a saúde humana.

## Referências

AENDA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DEFENSIVOS GENÉRICOS. **Produtos registrados no Brasil** – fevereiro 2019. Aenda, 2019.

AGÊNCIA PÚBLICA E REPÓRTER BRASIL. 2022. 14 mil pessoas foram intoxicadas por agrotóxicos durante governo Bolsonaro. Acesso em: <<https://apublica.org/2022/12/14-mil-pessoas-foram-intoxicadas-por-agrotoxicos-durante-governo-bolsonaro>>. Acesso em: 27 jun 2022.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Listas de ingredientes ativos com uso autorizado e banidos no Brasil**. Anvisa, 20 jan. 2017

ANVISA. **Regularização de produtos** – agrotóxicos: monografias autorizadas. Anvisa, 2018.

ANVISA. Regulamentação. **Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos**. Brasília, DF: ANVISA, 2019.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2022. Agrotóxicos: confira as informações da Anvisa sobre o Decreto 10.833. Acesso em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/agrotoxicos-confira-as-informacoes-da-anvisa-sobre-o-decreto-10.833>>. Acesso em: 27 jun 2022.

ALMEIDA, M.D. et al. A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei no 3.200/2015. **Caderno de Saúde Pública**, v. 33, n.7, p. e00181016.

BEZERRA, M.C.L. et al. Redução de fungos e qualidade fisiológica de sementes de milho inoculadas com *Trichoderma harzianum*. **Nativa**, v.10, n.1, p. 69-73, 2022.

BORTOLOTTI, G.; SAMPAIO, R.M. Demandas tecnológicas: os bioinsumos para controle biológico no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n.1, p. e26927, 2022.

BRASIL. Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989. 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. Diário Oficial da União 1989

BRASIL. Decreto no 4.074, de 4 de janeiro de 2002. 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, e dá outras providências. Diário Oficial da União 2002



BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 6 ed. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-aneais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-aneais.pdf>.

BRANCO, Samuel Murgel. **Natureza e agroquímicos**. Moderna, 2003.

BOZIKI, Damiane; BEROLDT, L. S.; PRINTES, Rodrigo Cambará. **Situação atual da utilização de agrotóxicos e destinação de embalagens na área de proteção ambiental Estadual Rota do Sol**, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Vitas, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2011.

BRESSAN, M. **Agrotóxicos (Legislação Federal)**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Agrot%C3%B3xicos+-+Legisla%C3%A7%C3%A3o+Federal+-+Marcelo+Bressan.pdf/7fa2f519-2945-a6a6-dbe5-c141c487693c>>. Acesso em: 15 abr 2023.

BURIGO, André. **Impacto dos Agrotóxicos na alimentação, saúde e meio ambiente**. 2016. Disponível em: <<http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2016/08/Cartilha-Agrotoxicos-final.pdf>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2020.

CAMERA, J.N. et al. Aplicação preventiva e curativa de fungicidas para controle da Helmintosporiose em milho. **Holos**, v. 2, n.35, p. e6467, 2019.

CAMPBELL, C.L. & MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. John Willey, 1990.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1969.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2017). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, (4) Safra 2016/17 - Décimo segundo levantamento, Brasília. Recuperado de <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_09\\_12\\_10\\_14\\_36\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf)>

CONWAY, G.R.; BARBIER, E. B. **After the green revolution: sustainable agriculture for development Earthscan Publications**: London, 1990.

COSTA, Letícia Fancelli; DE PAULA PIRES, Gabriel Lino. **Análise Histórica sobre a Agricultura e o Advento do Uso de Agrotóxicos no Brasil**. ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498, v. 12, n. 12, 2016.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4. ed. Los Angeles: Sage Publications, 2014.

DELGADO, Guilherme Costa. **Do capital financeiro na agricultura à economia do agronegócio: mudanças cíclicas em meio século**, (1965-2012). UFRGS Ed., 2012.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira de. Cerrado, Revolução Verde e evolução do consumo de agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v. 29, p. 473-488, 2022.

EMBRAPA. **Como o Brasil se tornou o maior produtor e consumidor de produtos de biocontrole**. 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/79156418/artigo-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-consumidor-de-produtos-de-biocontrole#:~:text=milh%C3%B5es%20de%20hectares,-,As%20maiores%20%C3%A1reas%20sob%20controle%20biol%C3%B3gico%20co>> Acesso em 15 abr 2023.

EMBRAPA. **Agrotóxicos no Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil>> Acesso em: 15 abr 2023.

FAO/INRA. **Innovative markets for sustainable agriculture** - How innovations in market institutions encourage sustainable agriculture in developing countries. (Loconto, A., & Poisot, A.S. & Santacoloma, P., Edits.) Roma, Itália. 2016

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R. G. S.. **METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE PESQUISA**. 2009.

GIL, A. C. **MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA SOCIAL**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUERRANTE, Rafaela Di Sabato. **Transgênicos: uma visão estratégica**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

HANDFORD, C. E., ELLIOTT, C. T.; CAMPBELL, K. A review of the global pesticide legislation and the scale of challenge in reaching the global harmonization of food safety standards. **Integrated environmental assessment and management**, v. 11, n. 4, p. 525-236, 2015.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Agrotóxicos no Brasil: Padrões de uso, política de regulação e prevenção da captura regulatória**. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea. 2019.

JORGE, D.M.; SOUZA, C.A.V. O Papel da regulamentação dos produtos de origem biológica no avanço da agroecologia e da produção orgânica no Brasil. *In: A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável / organizadores: Regina Helena Rosa Sambuichi ... [et al.]. – Brasília : Ipea, 2017.*

KHATOUNIAN, Carlos Armênio. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Agroecológica, 2001.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Bioinsumos**. 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt->

br/assuntos/inovacao/bioinsumos/material-para-imprensa/pt/release-04-programanacionalbioinsumos\_divulgacao>. Acesso em: 15 abr 2023.

PIGNATI, W.A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde**, v.22, n.10, p. 3281-3293, 2017.

PIGNATI, W.A. Uso de agrotóxicos no Brasil: Perspectiva da saúde do trabalhador Ambiental. **Revista Brasileira de Medicina do trabalho**, v. 16 [SI], p. 1-44, 2018.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **TRABALHO CIENTÍFICO: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAJÃO, R. et al. **The rotten apples of Braz'l's agribusiness**. Science, v. 369, n. 6501, p. 246-248, 2020.

ROBIN, Marie-Monique. **O mundo segundo a Monsanto: da dioxina aos transgênicos, uma multinacional que quer o seu bem**. São Paulo: Radical Livros, 2008.

RODRIGUES, M. **Por Que o Brasil Surfou na Onda Das Commodities? Entenda Porque as Commodities São Tão Importantes Para Países em Desenvolvimento**. 2015. Disponível em: <https://exame.com/economia/por-que-o-brasil-surfou-na-onda-das-commodities>.

SAMPAIO, Rafaela Monique de oliveira; NETO, João Da Cruz Gonçalves. O paradigma da intensa utilização de agrotóxicos no brasil sob o contexto da mundialização da agricultura. **Revista Direito Agrário e Agroambiental**, v. 4, n. 1, p. 111-129, 2018

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970-2020**. 2021. Disponível em: [https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_9/OC\\_03\\_relatorio\\_2021\\_FINAL.pdf](https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf).

SERRA, A. D. et al. **Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura--pecuária-floresta com eucalipto**. In: ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa. 2019.

SERRA, Letícia Silva et al. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 1, n. 4, p. 2-25, 2016.

SILVA, A. M.; ALVES, S. M. F. **Análise Dos Registros De Intoxicação Por Agrotóxicos Em Goiás, No Período De 2001 A 2004**. Revista Eletrônica de Farmácia, Vol IV, 2007.

Silva, A. R., Sales, A., Veloso, C. A. C. (2016). **Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**, Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. Revista AGROTEC, 37(1), 96-104.

SILVA, F.P.; FILHO, J.E.R.V. **Avaliação de impacto do programa de agricultura de baixo carbono no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea, 2020.

SOUZA, L.C. Análise da legislação sobre agrotóxicos no Brasil: Regulação ou desregulação do controle do uso? **Revista Jurídica**, v.. 11, p. 41-74, 2017.

SUGANYA, A.; SARAVANAN, A.; MANIVANNAN, N. Role of Zinc Nutrition for Increasing Zinc Availability, Uptake, Yield, and Quality of Maize (*Zea Mays* L.) Grains: An Overview. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, n. 15, 2021.

TELLES, T.S. et al. **Desenvolvimento da Agricultura de Baixo Carbono no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. - Brasília: Rio de Janeiro : Ipea , 2021.

