



JOÃO PEDRO VIGILATO PALUDETTI

INDÚSTRIAS AGROQUÍMICAS: UMA ABORDAGEM GERAL

**LAVRAS – MG
2023**

JOÃO PEDRO VIGILATO PALUDETTI

INDÚSTRIAS AGROQUÍMICAS: UMA ABORDAGEM GERAL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof.^a Dr.^a Natália Maira Braga Oliveira
Orientadora

LAVRAS – MG
2023

JOÃO PEDRO VIGILATO PALUDETTI

INDÚSTRIAS AGROQUÍMICAS: UMA ABORDAGEM GERAL

AGROCHEMICAL INDUSTRIES: A GENERAL APPROACH

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 08 de março de 2023.

Prof.^a Dr.^a Natália Maira Braga Oliveira – UFLA

Prof. Dr. Luciano Jacob Corrêa – UFLA

Dr. Felipe Moreira Pinto - UFLA

Prof.^a Dr.^a Natália Maira Braga Oliveira
Orientadora

LAVRAS – MG
2023

RESUMO

A agroquímica se trata de uma área de estudo da química, particularmente a química orgânica e bioquímica, visando abordagens voltadas para a área da agricultura, tratando-se também de desenvolvimento de processos relativos a essa área, na busca por melhoria, sendo estudadas as composições químicas e reações presentes na produção, proteção e uso de culturas. Nesse sentido, a indústria agroquímica abrange duas imensas áreas de atuação, sendo a área da agricultura e a área da química. A parte química visa a produção de substâncias utilizadas para o controle sustentável de plantas ou animais de daninhos, buscando a melhoria das colheitas, no que se trata de maior quantidade e melhor qualidade. Já a parte da agricultura visa a produção de fertilizantes, tendo como base compostos de nitrogênio, fósforo e potássio, responsáveis pelo fornecimento de nutrientes ao solo. Com o objetivo de apresentar uma visão macro relacionada aos agroquímicos, foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica sobre a evolução dos processos e a influência de cenários na história, que impactam no setor AGRO e econômico. Este trabalho aborda diversos tópicos, todos relacionados com as indústrias agroquímicas, desde processos de fabricação ao quesito econômico, discutindo inclusive a influência de questões globais nas importações do Brasil, além de regulamentações e o uso de produtos no mercado nacional que não são autorizados em outros países. Foi identificado que o Brasil é maior consumidor de defensivos agrícolas e o maior produtor de fertilizantes, importados principalmente da China. No cenário nacional, o principal produto consumido é o herbicida glifosato, para aplicação principalmente em cultura de soja. Nesse sentido, o trabalho apresenta uma abordagem geral das indústrias agroquímicas, destacando sua relevância para a sociedade.

Palavras-chave: Defensivos agrícolas. Fertilizantes. Fabricação de agroquímicos. Impactos ambientais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Países líderes no consumo agrícola de agroquímicos no mundo em 2020	13
Figura 2 – Lagarta Helicoverpa armigera.....	14
Figura 3 – Comercialização de inseticidas no Brasil.....	16
Figura 4 – Venda de acefato no Brasil.	17
Figura 5 – Importação e exportação de acefato.....	18
Figura 6 – Produção nacional e vendas totais de acefato.	18
Figura 7 – Comercialização de fungicidas no Brasil.....	20
Figura 8 – Venda de carbendazin no Brasil.....	21
Figura 9 – Esquema ilustrativo para os fundamentos à aplicação de herbicidas.....	23
Figura 10 – Comercialização de fungicidas no Brasil.....	24
Figura 11 – Venda de glifosato no Brasil	25
Figura 12 – Importação e exportação do glifosato no Brasil.....	26
Figura 13 – Produção de glifosato nacional.	26
Figura 14 – Mercado de fertilizantes no Brasil (em volume).....	28
Figura 15 – Fórmula estrutural do acefato.....	32
Figura 16 – Fórmula estrutural da carbendazim.....	32
Figura 17 – Fórmula estrutural da glifosato	33
Figura 18 – Esquema ilustrativo para os fundamentos à aplicação de herbicidas.....	35
Figura 19 – Cadeia produtiva da indústria de fertilizantes.....	37
Figura 20 – Esquema da produção industrial de amoníaco, processo de Haber-Bosch	39
Figura 21 – Processo de fabricação DDT.....	41
Figura 22 – Processo de cloração	42
Figura 23 – Processo de destilação.....	43
Figura 24 – Processo de secagem e moagem	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais grupos químicos de herbicidas e a época de descobrimento	22
Tabela 2 – Limites máximos de resíduos permitidos em alimentos – milho (Em ppm)	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Inseticidas classificados de acordo com o método de ação	16
Quadro 2 – Nutrientes essenciais para o crescimento das culturas.	19
Quadro 3 – Nutrientes essenciais para o crescimento das culturas	29
Quadro 4 – Produtos comercializados no Brasil e não autorizados na Europa.	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA DO TRABALHO.....	10
3 DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO.....	11
3.1 História dos agroquímicos	11
3.2 Defensivos agrícolas	12
3.2.1. Inseticidas.....	14
3.2.2. Fungicidas	19
3.2.3. Herbicidas	21
3.3 Fertilizantes.....	27
3.4 Agroquímicos e seus riscos	29
3.4.1. Acefato.....	32
3.4.2. Carbendazim.....	32
3.4.3. Glifosato	33
3.5 Regulamentações da produção de agroquímicos e impactos ambientais.....	33
3.6 Processos de fabricação	35
3.6.1 Produção de fertilizantes	36
3.6.2 Produção do DDT	40
3.7 Base das indústrias agroquímicas.....	44
3.8 Impactos de cenários adversos e panoramas	46
3.9 Influência da Rússia no mercado nacional de fertilizantes	48
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

O trabalho realizado na área agrícola é dito como perigoso, devido ao alto número de intoxicações agudas e crônicas causadas pelos agroquímicos. A exposição aos agroquímicos pode causar uma série de doenças quando a aplicação feita erroneamente. Por outro lado, a agricultura é uma das principais atividades econômicas do mundo, no Brasil o setor AGRO se faz responsável por 25% do PIB, responsável por assegurar a disponibilidade de alimentos dos países (CEPEA, 2022).

Com o decorrer do tempo, a atividade agrícola deixou de ser de subsistência para se tornar atividade a nível industrial, a qual demandava mão de obra de várias pessoas, com o decorrer dos anos os processos evoluíram e reduziram a quantidade de pessoas e aumentaram a produtividade (SHREVE; BRINK JR., 1980).

Para atender a alta demanda que se tem no mercado agrícola, os agroquímicos, que podem ser produtos químicos sintéticos, já que possibilitam melhorias de solo, regulação de crescimento da vegetação, combate a pragas, insetos, larvas, carrapatos e fungos, amenizando as perdas de produção (BRASIL, 2002; INCA, 2021).

A engenharia tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento do setor agroquímico nos últimos anos. O uso de técnicas menos agressivas e tecnologias avançadas de engenharia têm permitido que os agricultores aumentem a eficiência da produção agrícola, melhorem a qualidade dos alimentos e reduzam o impacto ambiental (UNESCO, 2021).

Uma das principais contribuições da engenharia no setor AGRO é o desenvolvimento de processos de fabricação dos agroquímicos. A utilização de agroquímicos e tecnologias tem permitido que os agricultores realizem tarefas com maior precisão e rapidez, aumentando a eficiência da produção e reduzindo os custos. Além disso, essas tecnologias também possibilitam o uso mais preciso de agroquímicos, reduzindo o impacto ambiental (MAPA, 2016).

Outra contribuição importante da engenharia no setor agroquímicos é o desenvolvimento de novos métodos para melhorar a qualidade dos alimentos. A engenharia genética tem permitido que os agricultores desenvolvam variedades de plantas resistentes a doenças e pragas, o que aumenta a produtividade e melhora a qualidade dos alimentos. Como afirmado por Braibante e Zappe (2012), sempre houve maneiras para combater as pragas que atacavam as plantações, desde compostos básicos e empíricos até o desenvolvimento dos agroquímicos.

Com o desenvolvimento das culturas e o crescimento na quantidade dos plantios, ocorre o aumento de possíveis riscos, onde os danos se tornam irreparáveis em caso da não tomada de ação pelo produtor. A ferramenta de controle em cultivos, como o uso de agroquímicos é uma estratégia indispensável no setor AGRO para o combate aos possíveis problemas em cultivos (CORTEVA, 2019).

Uma estratégia para diminuir os riscos dos problemas em cultivos, segundo Pereira (2010), afirma que o dióxido de carbono (CO_2) é um agente bactericida e fungicida que tem como consequência a desaceleração do crescimento, neste caso em específico e reduz a proliferação de bactérias aeróbicas e mofo, mediante a falta de oxigênio, dessa maneira o cultivo possui maiores proteções aos riscos.

Este trabalho aborda diversos tópicos, relacionados com as indústrias agroquímicas. Inicia-se com uma abordagem sobre a história dos agroquímicos, a importância e o que são os defensivos agrícolas e fertilizantes, os impactos ambientais e econômicos no Brasil, relações de importações e consumo, os órgãos regulamentadores, os cenários adversos impactam o setor AGRO e a economia. O trabalho tem como objetivo realizar uma análise da importância dos agroquímicos no decorrer dos anos e seus impactos.

Para isto ser possível, foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica, com o uso de livros didáticos, como o de Shreve e Brink Jr. (1980), artigos científicos, teses e dissertações para o embasamento de argumentos.

2 METODOLOGIA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento de pesquisas científicas, com intuito de aprimorar e atualizar informações pertinentes mediante determinado assunto, tem-se a pesquisa bibliográfica para obter resultados e comparativos com o tema a ser abordado. A pesquisa bibliográfica, onde recorreu a diversos autores e materiais disponíveis sobre o assunto, “trata-se de um método teórico focado em analisar os ângulos distintos que um mesmo problema pode ter, e onde são consultados autores com diferentes pontos de vista sobre um mesmo assunto” (MUNIZ, 2022).

Com a leitura de publicações sobre o tema pesquisado, foi desenvolvida uma análise e interpretação, dando origem a uma análise da pesquisa a divulgação de resultados e considerações finais. Com isto, além da apresentação das informações encontradas, também foram expostas análises e interpretações sobre a temática em questão. A importância da pesquisa bibliográfica está relacionada ao fato de se buscar novas informações e realizar uma análise sobre os dados.

3 DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

3.1 História dos agroquímicos

A criação dos agroquímicos adveio durante a Primeira Guerra Mundial, porém a utilização deles ocorreu de maneira ampla apenas durante a Segunda Guerra Mundial sendo tratados como um tipo de arma química, e, finalizando-se a guerra, começaram a ser utilizados como defensivos agrícolas. (SANÁGUA, 2014)

A história desses agroquímicos remonta a muitos anos, o primeiro agroquímico que era um composto orgânico DDT (diclorodifeniltricloroetano) foi desenvolvido no ano de 1874 por Othomar Zeidler. Contudo somente em 1939 que Paul Herman Muller, um químico suíço, desenvolveu o composto para ser utilizado como um tipo de inseticida (SANÁGUA, 2014).

Com a necessidade de obter aumento em produção com qualidade e segurança dos cultivos para abastecer a população com a alta demanda em relação aos alimentos, os avanços tecnológicos se fizeram presentes, principalmente em se desenvolver na área da genética, onde possibilitou o crescimento e o avanço dos processos de fabricação e da produtividade em cultivos (EMBRAPA, 2019).

Sobre a importância dos produtos desenvolvidos, é afirmado por Velasco e Capanema (2006) que para o controle em grandes e pequenas produções de culturas, se tornou inevitável o uso de agroquímicos tanto para o controle das pragas no cenário nacional quanto mundial. Conseqüentemente, o setor AGRO se torna cada vez mais influente no cenário econômico, devido a sua importância, tanto financeira quanto tecnológica.

Ressalte-se que o consumo de agroquímicos sofre influência de diversos fatores, tanto naturais – como variações climáticas, tipo e intensidade da infestação de pragas e qualidade do solo – quanto não-naturais, como o comportamento da área plantada com as diversas culturas, a disponibilidade de maior ou menor volume de crédito agrícola ao produtor e o grau de conhecimento tecnológico do agricultor (CAPANEMA; VELASCO, 2006).

Com o decorrer dos anos, ocorreu um grande crescimento na utilização de herbicidas, gerando redução na utilização de fungicidas e inseticidas. De acordo com Velasco e Capanema (2006), o aumento da utilização dos agroquímicos pode ter ocorrido devido a dois fatores:

- aparecimento de produtos, para a classe dos herbicidas, configurados como não-seletivos, ou seja, que além de atacar as plantas daninhas podem causar efeitos drásticos a planta em cultivo também;
- novas práticas e tecnologias incorporadas à agricultura em todo o mundo, como a

monocultura e a agricultura intensiva, que exigiu controle maior das plantas concorrentes.

Quando a Segunda Guerra Mundial terminou, os empresários decidiram investir para poder expandir o seu negócio, conforme Sanágua (2014) afirma. O momento que os europeus estavam passando, era de muita fome devida a falta de alimento, onde se viu a necessidade de investir em novas pesquisas para o desenvolvimento de novas estratégias e técnicas de produção, assim, o movimento foi chamado de “Revolução Verde”.

Como afirmado por Sanágua (2014), no Brasil esse estímulo à agricultura chegou em meados de 1960, onde a indústria dos agroquímicos teve um impulso muito grande devida a oportunidade que estava acontecendo naquele momento, o financiamento bancário foi para todos aqueles que realizassem a compra de adubo e agroquímicos, com isso houve um aumento da produtividade de alimentos e impulsionou o crescimento do setor AGRO. Com a oportunidade criada pelo governo como incentivo fiscal para aumento de produtividade aos produtores com o uso de agroquímicos, a alta contaminação do meio ambiente foi uma consequência gerada não apenas no Brasil, mas na Europa e em outros continentes pelo uso excessivo de agroquímicos.

3.2 Defensivos agrícolas

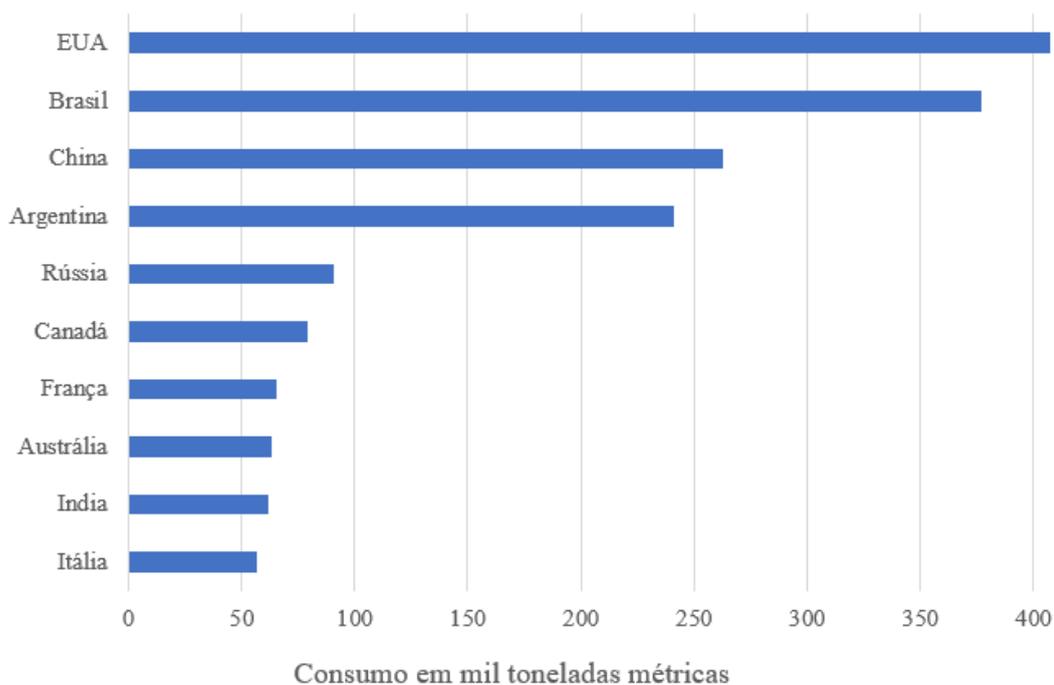
A agricultura tem como grande desafio obter um aumento em sua produtividade com uma redução de custos e implementação de sistemas de produção sustentável com objetivo de aumentar a qualidade sem prejudicar o meio ambiente. O processo de uso de defensivos agrícolas se faz presente uma grande necessidade mediante a grande demanda, mas o uso correto influencia na qualidade da produção e do produto ao cliente (EMBRAPA, 2020).

Com o decorrer dos anos se tornou cada vez mais necessário o uso de agroquímicos para acompanhar a necessidade de uma produção com qualidade e ter uma segurança ao consumidor. O grande desafio da agricultura se torna em uma linha tênue de encontrar um equilíbrio da quantidade necessária de uso e encarar possíveis consequências negativas do uso quando ocorrer manipulação de forma inadequada (MORAES, 2019).

Países com grande extensão territorial se fazem presentes em consumo agrícola, devida a oportunidade para o cultivo de culturas. Sendo assim, Estados Unidos da América, Brasil e China em 2020 foram os três maiores consumidores de agroquímicos no mundo, a partir Figura 1 é possível identificar o consumo por país em 1.000 toneladas métricas, na qual o Brasil está em segundo lugar dos maiores consumidores mundiais. Dentro desse cenário as empresas que

mais se destacaram foram a Sygenta e a Bayer CropScience, a receita somada pelas empresas atingiram US\$ 21,2 bilhões em vendas no ano de 2022 (STATISTA, 2023).

Figura 1 - Países líderes no consumo agrícola de agroquímicos no mundo em 2020.



Fonte: Statista (2023).

Em todo o mundo, o consumo de agroquímicos foi de 2,66 milhões de toneladas em 2020 segundo a Figura 1, onde o Brasil representa 14,7% do consumo mundial.

Segundo Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), no ano de 2022 a indústria química teve um faturamento estimado total de US\$ 187 bilhões. O faturamento do setor de defensivos foi de US\$ 20 bilhões, representando 10,70% do faturamento total. (ABIQUIM, 2022)

Segundo Shreve e Brink Jr. (1980), estima-se que “as perdas anuais mundiais atribuídas às pestes agrícolas sejam maiores que 10 bilhões de dólares, dos quais 1 bilhão é causado por insetos, 3 bilhões se devem a doenças, 1 bilhão é devido a ratos e roedores, 1 bilhão a fungos e 4 bilhões são devidos a ervas daninhas”. Provando a necessidade real da utilização de meios e ferramentas da engenharia para otimizar e obter uma maior produtividade, mediante ao combate dessas pragas e assim, conseqüentemente, trazer maior segurança aos produtos para não ter tanta perda em sua cultura.

3.2.1 Inseticidas

Os inseticidas são substâncias químicas utilizadas para eliminar insetos indesejáveis. Eles funcionam através de um mecanismo de ação química, que pode matar diretamente os insetos ou inibir o seu crescimento. Os inseticidas são usados principalmente em agricultura, mas também podem ser usados em casas ou em ambientes externos. Segundo Corteva (2020), os insetos possuem uma sensibilidade especial no sistema nervoso, com isso, os inseticidas geralmente atuam nessa área, para provocar o dano colateral à praga-alvo.

Para se evitar a resistência de pragas, comumente é utilizada a rotação e a associação de defensivos agrícolas, com isto, “conhecer os diferentes modos de ação dos inseticidas é essencial para não aplicar repetidamente produtos com o mesmo modo de ação sobre uma mesma praga-alvo, pois essa prática causa a seleção de indivíduos resistentes e afeta a eficiência do ingrediente ativo” (CORTEVA, 2020).

Uma das principais pragas que reside em milho, soja e algodão ao redor do mundo, é a lagarta *Helicoverpa armigera* (AGROLINK, 2013).

Figura 2 - Lagarta *Helicoverpa armigera*.



Fonte: AgroLink (2013).

Para o combate dos insetos em culturas, há grupos de inseticidas para atuar especificamente com cada possível praga em determinada cultura, para assim ter uma eficácia maior e atuar em inúmeras situações já comprovadas com o decorrer dos anos. Nesse sentido, toda produção precisa ser otimizada e, com isso, os grupos de inseticidas para o melhor desempenho na atualidade são os listados a seguir (EMBRAPA, 2020).

- Inibidores de Acetilcolinesterase (AChE);
- Antagonistas de Canais de Cloro Mediados pelo Gaba;
- Moduladores de Canais de Sódio;
- Agonistas de Receptores Nicotínicos da Acetilcolina;
- Ativadores Alostéricos de Receptores Nicotínicos da Acetilcolina;
- Ativadores de Canais de Cloro;
- Mímicos do Hormônio Juvenil;
- Miscelânea – Inibidores Não Específicos (Múltiplos Sítios);
- Bloqueadores Seletivos da Alimentação;
- Disruptores Microbianos da Membrana do Mesêntero;
- Inibidores de ATP Sintetase Mitocondrial;
- Desaclopadores da Fosforilação Oxidativa via Disrupção do Gradiente de Próton;
- Bloqueadores de Canais dos Receptores Nicotínicos da Acetilcolina;
- Inibidores da Biossíntese de Quitina, Tipo 0, Lepidoptera;
- Inibidores da Biossíntese de Quitina, Tipo 1, Hemiptera;
- Disruptores da Ecdise, Diptera;
- Agonistas de Receptores de Ecdisteroides;
- Agonistas de Receptores de Octopamina;
- Inibidores do Complexo III da Cadeia de Transporte de Elétrons na Mitocôndria;
- Inibidores do Complexo I da Cadeia de Transporte de Elétrons na Mitocôndria;
- Bloqueadores de Canais de Sódio dependentes da Voltagem;
- Inibidores do Complexo IV da Cadeia de Transporte de Elétrons na Mitocôndria;
- Inibidores do Complexo II da Cadeia de Transporte de Elétrons na Mitocôndria;
- Moduladores de Receptores de Rianodina;
- Moduladores dos Órgãos Cordotonais Local Alvo Indefinido.

No Quadro 1, está apontado as classes de cada inseticida conforme a sua atuação e sua composição. Há três tipos de classes, estomacais, de contato e fumigantes. Nestas classes há o componente BHC (sigla do hexaclorobenzeno) presente em todas elas, mostrando a sua importância, assim como o DDT, que se faz muito presente em diversos países, assim como foi também extinto em outros países.

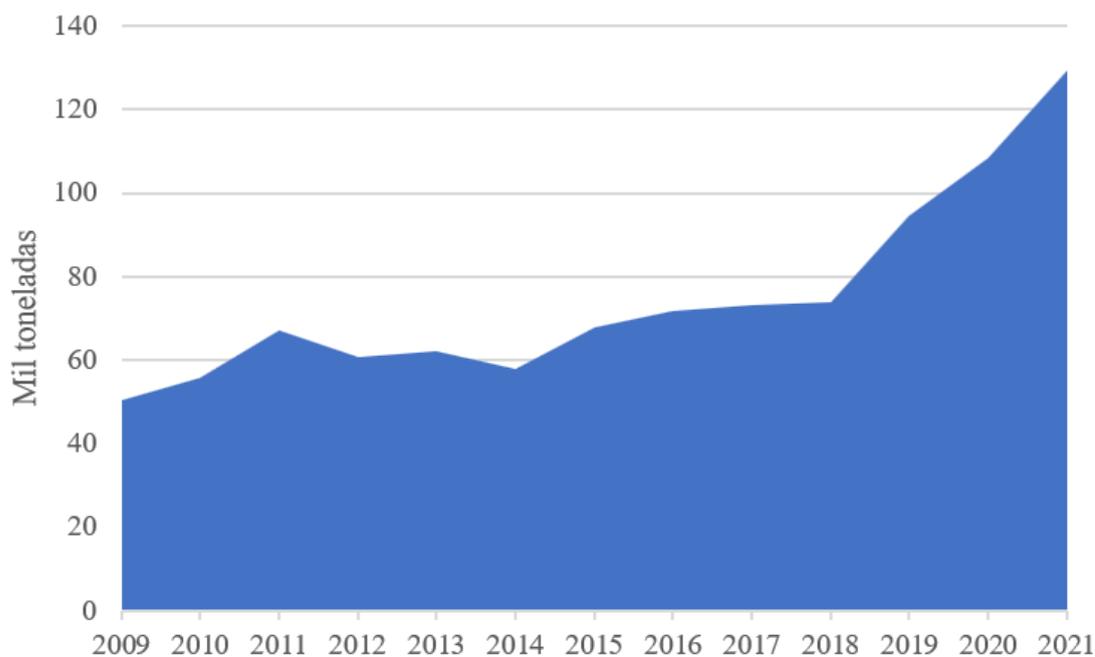
Quadro 1 – Inseticidas classificados de acordo com o método de ação.

Venenos estomacais	Inseticidas de contato	Fumigantes
BHC, DDT, metoxicloro, Meta Systox, arsenato de chumbo, arsenato de cálcio, verde-paris, fluoreto de sódio, filossilicatos, compostos de fósforo e de mercúrio.	BHC, DDT, toxafeno, clordano, dieldrin, aldrin, lindano, metoxicloro, preparados nicotínicos, cal-enxofre, emulsões de óleo, piretrinas, rotenona, tiocianatos sintéticos, fosfatos orgânicos, como o TEPP, malation, paration e Meta Systox Sevin supervisionado	BHC, cianeto de hidrogênio, dissulfeto de carbono, <i>p</i> -diclorobenzeno, nicotina, naftaleno, óxido de etileno, e dicloreto de etileno, brometo de metila.

Fonte: Adaptado de Shreve e Brink Jr. (1980).

Do que se trata das vendas dos inseticidas entre o período dos anos 2009 até 2021 no Brasil, se tem o seguinte gráfico, representado na Figura 3, o qual mostra o grande crescimento nas suas vendas (totais em toneladas) que está acontecendo no decorrer dos anos (IBAMA, 2023).

Figura 3 – Comercialização de inseticidas no Brasil.



Fonte: IBAMA (2023).

Pela Figura 3, é possível observar o crescimento de vendas ao longo dos anos com um crescimento gradativo do consumo dos inseticidas. Com o desenvolvimento das tecnologias da engenharia, foi possível aumentar a produção dos inseticidas, com a maior demanda na produção agrícola, buscando assim ter menos perdas de produtos e maior rentabilidade ao agricultor, evitando grandes perdas para insetos, os quais se tornavam problemas.

A Figura 4 informa a quantidade acumulada vendida de 2009 a 2021 do princípio ativo acefato, valor acumulado de 309,80 mil toneladas e sua distribuição de uso no território brasileiro. O acefato ($C_4H_{10}NO_3PS$) é um organofosforado foliar presente nos inseticidas que tem como mecanismo de ação a inibição da enzima acetilcolinesterase no evento da sinapse, provando a passagem contínua dos impulsos nervosos, levando o inseto à fadiga e consequentemente a morte.

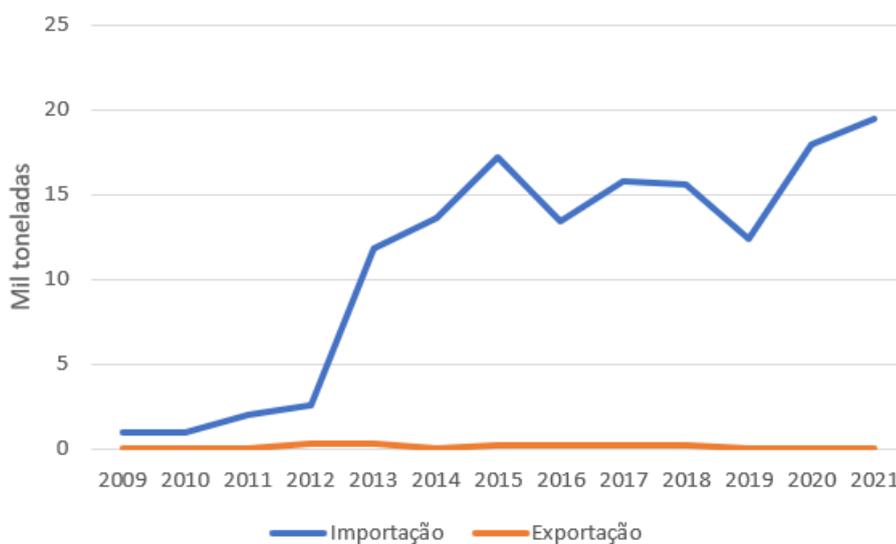
Figura 4 – Venda de acefato no Brasil.



Fonte: IBAMA (2023).

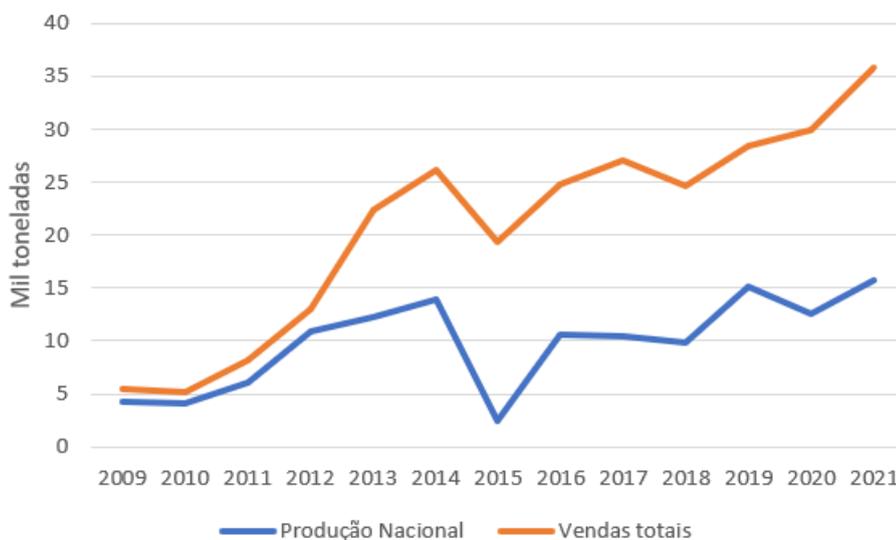
Com o grande volume de utilização em território brasileiro, importante o fator da importação, onde é presente no cenário de consumo. No ano de 2021, conforme apresentado na Figura 5, o Brasil importou 19.459 Mil toneladas de Acefato e exportou 60 mil toneladas. A produção nacional apresentada na Figura 6 mostra a quantidade de Acefato em 2021 foi de 15.483 mil toneladas (IBAMA, 2023).

Figura 5 – Importação e exportação de acefato.



Fonte: IBAMA (2023).

Figura 6 – Produção nacional e vendas totais de acefato.



Fonte: IBAMA (2023).

3.2.2 Fungicidas

Os fungicidas são produtos químicos utilizados para controlar e prevenir doenças fúngicas em plantas. Essas doenças podem causar sérios danos às colheitas, afetando a qualidade e a quantidade dos produtos agrícolas. Garcia (1999) define os fungicidas como sendo produtos químicos capazes atuar como forma preventiva a infecção de tecido de plantas vivas, por fungos, causadores de prejuízos irreparáveis.

Existem vários tipos de fungicidas, como os naturais e sintetizados quimicamente. Os fungicidas naturais são derivados de fontes naturais, como plantas e minerais, e os sintetizados quimicamente. Em certos casos, os compostos químicos acabam não dizimando os fungos, apenas os inibindo por certo tempo, para que ocorra a germinação dos esporos (GARCIA, 1999).

Os fungicidas são aplicados de várias maneiras, incluindo pulverização foliar, adubação do solo e tratamento de sementes. A escolha do método de aplicação depende do tipo de planta, da doença e do estágio da infecção, com intuito de ter um maior rendimento (GARCIA, 1999).

Caso não se fizesse uso dos fungicidas, de acordo com dados de Menten e Banzato (2016), se reduziria mundialmente em 7,3% a produção vegetal, o que demonstra a importância da utilização destes produtos. No Quadro 2, são informados dois tipos de ação e alguns exemplos.

Quadro 2 – Fungicidas classificados de acordo com o método de ação.

Sistêmicos	Contato
Capacidade de penetração e translocação e podem ser imunizantes, protetivos, curativos ou erradicantes. Exemplos: benzimidazóis, carboxamidas, triazóis, imidazóis, morfolinas e algumas estrobilurinas, carbendazim.	Não penetram na planta, são apenas adsorvidos e permanecem no local de aplicação. Exemplos: Cúpricos, sulfurados, ditiocarbamatos (Mancozeb) e isoftalonitrila (Clorotalonil).

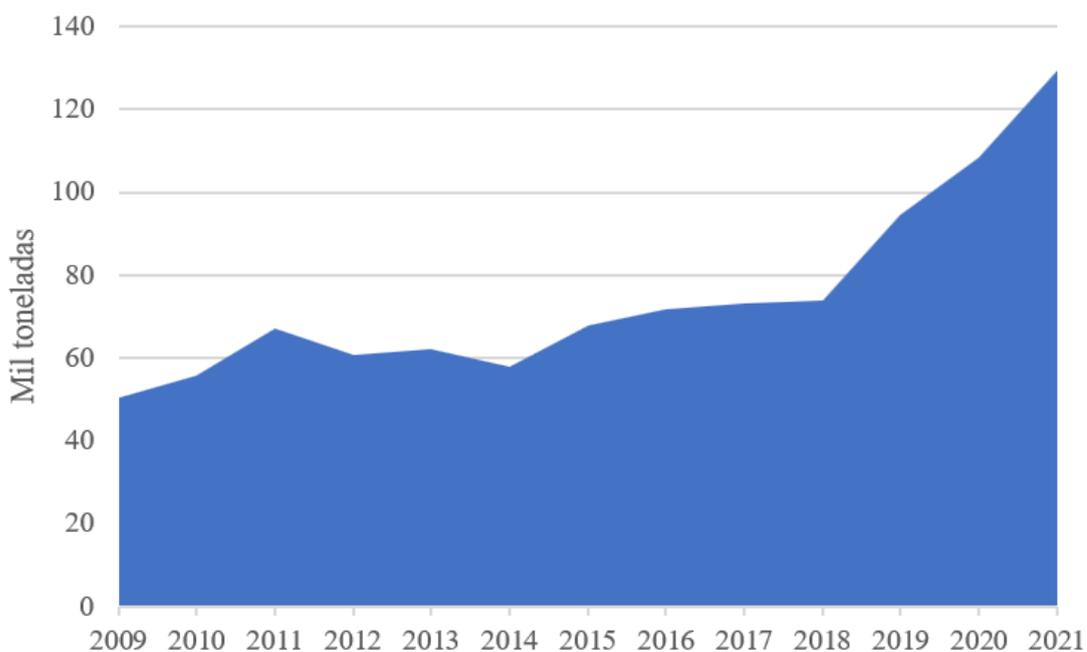
Fonte: Baptistella (2021).

O carbendazim ($C_9H_9N_3O_2$) é um fungicida sistêmico, que possui como função a ação de proteger e curar em geral. Seu mecanismo de ação é caracterizado por atuar em tubos germinativos causando a sua inibição. O carbendazin é indicado como forma de pulverização nas seguintes culturas: algodão, citros, feijão, soja e trigo. (AGROLINK, 2013)

Segundo Garcia (1999), fungistase é a inibição temporária da germinação e crescimento fúngico, podendo levar à morte do fitopatógeno, pelo impedimento de sua nutrição.

Do que se trata das vendas dos fungicidas entre o período dos anos 2009 até 2021 no Brasil, se tem o seguinte gráfico, representado na Figura 7, o qual mostra o crescimento gradativo nas suas vendas (totais em toneladas) que está acontecendo no decorrer dos (IBAMA, 2023).

Figura 7 – Comercialização de fungicidas no Brasil.

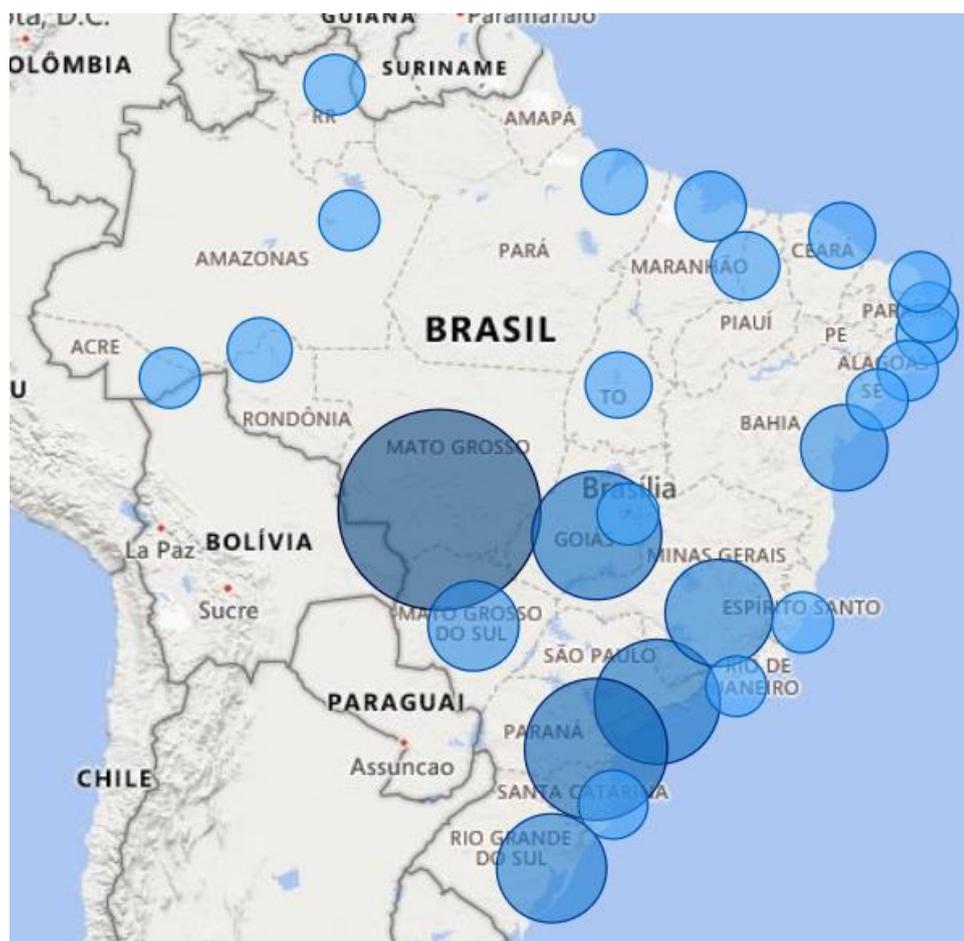


Fonte: IBAMA (2023).

Pela Figura 7, é possível observar o crescimento gradativo ao longo dos anos dos fungicidas no Brasil segundo IBAMA (2023). No ano de 2021, teve em vendas de fungicidas um total de 129.412,62 toneladas, sendo o acumulado de 2009 a 2021 totalizando 1.313.695,97 toneladas de fungicidas vendidos.

A Figura 8 informa a quantidade acumulada vendida de 2009 a 2021 do princípio ativo carbendazim, valor acumulado de 80,80 mil toneladas e sua distribuição de uso no território brasileiro.

Figura 8 – Venda de carbendazin no Brasil.



Fonte: IBAMA (2023).

O Governo de São Paulo (2023), em fevereiro de 2023, declarou que a venda de carbendazim se tornou proibida para os comerciantes de agroquímicos. A medida foi estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), tendo como base as evidências de estudos a respeito dos efeitos negativos à saúde por consequência do uso desse produto em cultivos.

3.2.3 Herbicidas

Para Azania (2021), os herbicidas são produtos químicos usados para matar ou controlar o crescimento de plantas indesejadas. Eles são usados para controlar plantas daninhas, ervas daninhas, plantas infestantes, plantas resistentes a insetos, plantas invasoras e outras plantas indesejadas. Os herbicidas possuem a grande vantagem de um ágil controle, custo menor em comparação com os demais defensivos, porém, também possuem suas desvantagens. A

principal delas é o uso inadequado pode levar ao controle sem eficiência das plantas daninhas, onde há o favorecimento de biótipos resistentes e contaminação do ecossistema.

Com o uso correto dos herbicidas, torna-se uma ferramenta poderosa e eficaz, entregando otimizações e reduzindo as desvantagens mediante a comparação dos outros defensivos agrícolas, segundo Azania (2021).

Os principais grupos químicos de herbicidas estão listados na Tabela 1, juntamente com o ano de descobrimento e a quantidade de herbicidas em cada grupo presente.

Tabela 1 - Principais grupos químicos de herbicidas e a época de descobrimento.

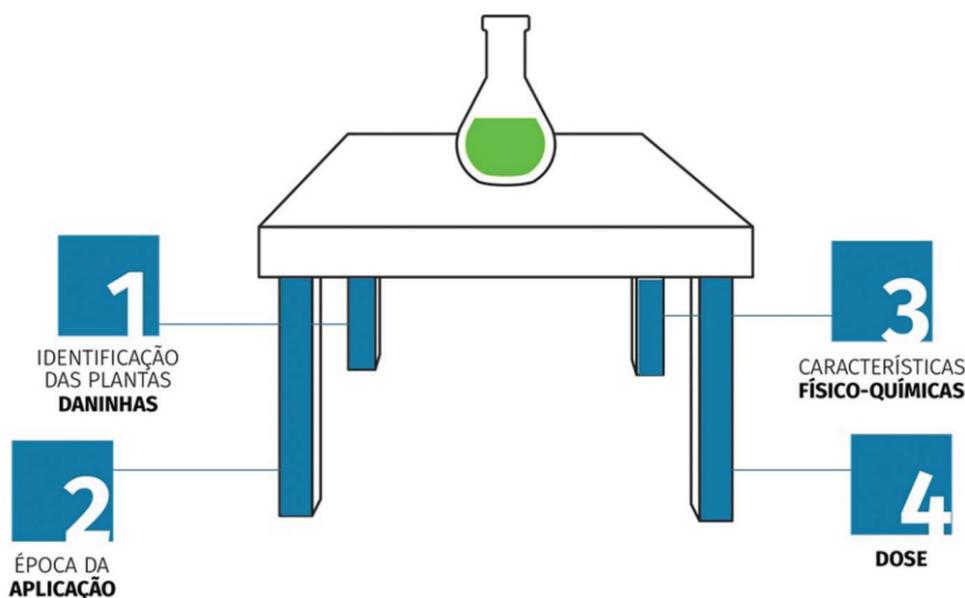
Ano de descobrimento	Grupo Químico	Número de herbicidas no grupo
1945	Fenoxiacéticos	17
1954	Carbamatos	16
1956	Triazinas	29
1965	Dimitroanilinas	22
1970	Difenileteres	29
1980	Sulfonilureias	16

Fonte: Victoria Filho (2017).

Azania (2021) afirma que a recomendação dos herbicidas precisa ser baseada em quatro pilares fundamentais, sendo estes as identificações e representado pela Figura 9 o esquema para a recomendação do herbicida:

- espécies dominantes na comunidade infestante, identificação das plantas daninhas;
- regime pluviométrico dos meses seguintes à aplicação;
- herbicidas para o controle das espécies levantadas e de suas características físico-químicas;
- dose a ser utilizada.

Figura 9 - Esquema ilustrativo para os fundamentos à aplicação de herbicidas.



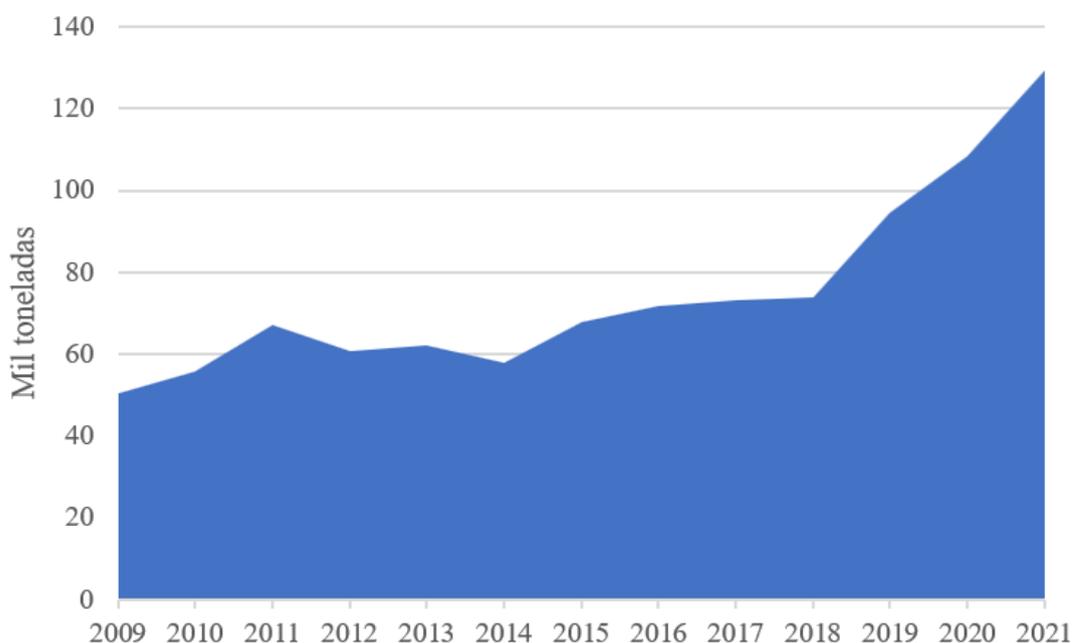
Fonte: Azania (2021).

O glifosato ($C_3H_8NO_5P$) é um herbicida de grande importância no cenário devido a sua efetividade e utilização em todo o mundo. É um composto organofosforado utilizado para eliminar plantas indesejadas, ervas daninhas que competem a outras culturas que não sejam desejadas. Uma das formas de uso é por pulverização sobre o cultivo e então absorvido pelas plantas, ela tem como mecanismo de ação a interferência em sistemas enzimáticos (ANVISA, 2022c).

O glifosato é um herbicida sistêmico, que se movimenta das folhas para os pontos de crescimento da planta, ele pode ser aplicado em culturas geneticamente modificadas resistentes ao herbicida para não prejudicar a planta do cultivo em si (AEGRO, 2022).

Do que se trata das vendas dos herbicidas entre o período dos anos 2009 até 2021 no Brasil, se tem o seguinte gráfico, representado na Figura 10, o qual mostra o crescimento gradativo nas suas vendas que está acontecendo no decorrer dos anos pela quantidade de vendas totais em toneladas. (IBAMA, 2023).

Figura 10 – Comercialização de fungicidas no Brasil.

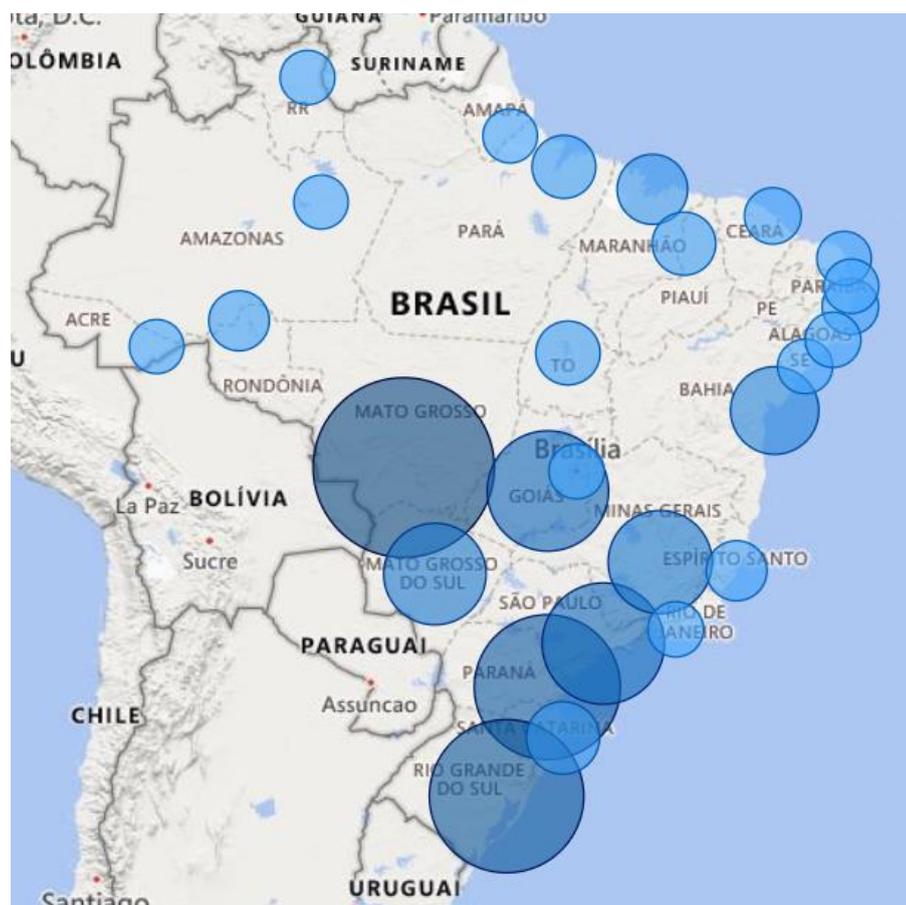


Fonte: IBAMA (2023).

Pela Figura 10, é possível observar o crescimento ao longo dos anos gradativo até o ano de 2020 e então uma queda no ano de 2021 dos herbicidas no Brasil segundo IBAMA (2023). No ano de 2021 teve em vendas de fungicidas um total de 407.462,72 toneladas. Um acumulado de 2009 a 2021 totalizando em vendas de 5.509521,63 toneladas de herbicidas.

A Figura 11 informa a quantidade acumulada vendida de 2009 a 2021 do princípio ativo Glifosato, valor acumulado de 2.214,65 Mil toneladas e sua distribuição de uso no território brasileiro.

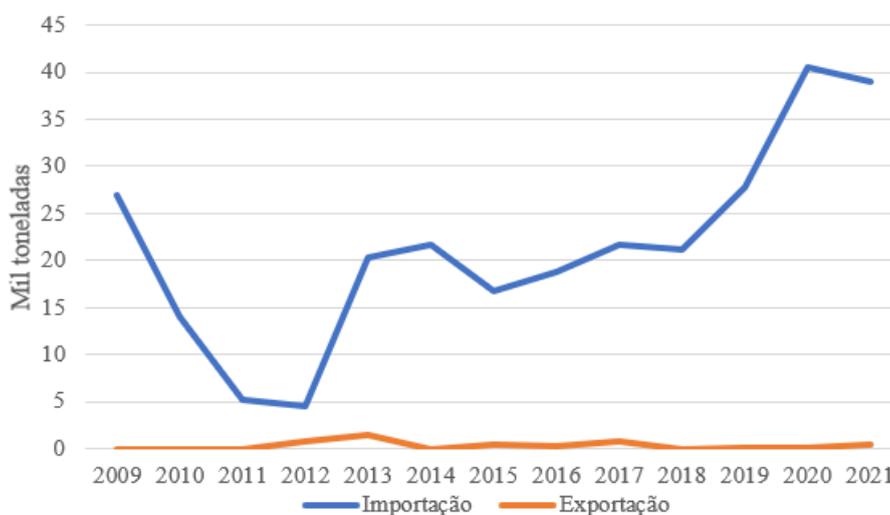
Figura 11 – Venda de glifosato no Brasil.



Fonte: IBAMA (2023).

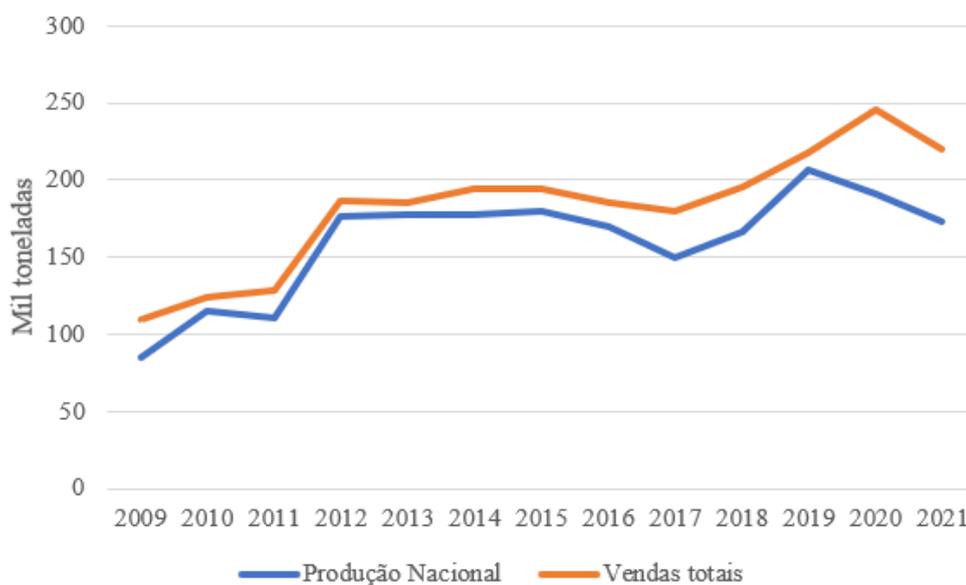
Com o grande volume de utilização em território brasileiro, importante o fator da importação, onde é presente no cenário de consumo. No ano de 2021, conforme apresentado na Figura 12, o Brasil importou 38.937 mil toneladas de glifosato e exportou 365 mil toneladas. A produção nacional de Acefato representado na Figura 13 em 2021 foi de 173.400 mil toneladas (IBAMA, 2023).

Figura 12 – Importação e Exportação do glifosato no Brasil.



Fonte: IBAMA (2023).

Figura 13 – Produção e consumo nacionais de glifosato.



Fonte: IBAMA (2023).

Com o decorrer dos anos e os incentivos fiscais pelos governos e a necessidade de obter maiores produções seguindo as regulamentações corretas, com foco e o objetivo de aumento de produtividade e qualidade em produções de culturas, realizando uma análise das últimas duas décadas, vem ocorrendo crescimento em produção de agroquímicos.

3.3 Fertilizantes

Os fertilizantes são substâncias que contêm nutrientes essenciais para o desenvolvimento e crescimento de plantas. Estes nutrientes podem ser obtidos a partir de diferentes fontes, incluindo fertilizantes sintéticos (obtidos por processos industriais, como a uréia), orgânicos e de fontes naturais, os organo-minerais são resultantes da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais. Os fertilizantes são usados para aumentar os níveis de nutrientes no solo, melhorando assim a qualidade do solo e aumentando a produção das plantas (REETZ JR, 2017).

Conforme Pereira (2020), tem como denominação de fertilizantes ou adubos todos aqueles produtos que, ao serem aplicados nos solos, têm como objetivo fornecer aos vegetais os nutrientes necessários para a sua evolução e melhor desempenho de crescimento.

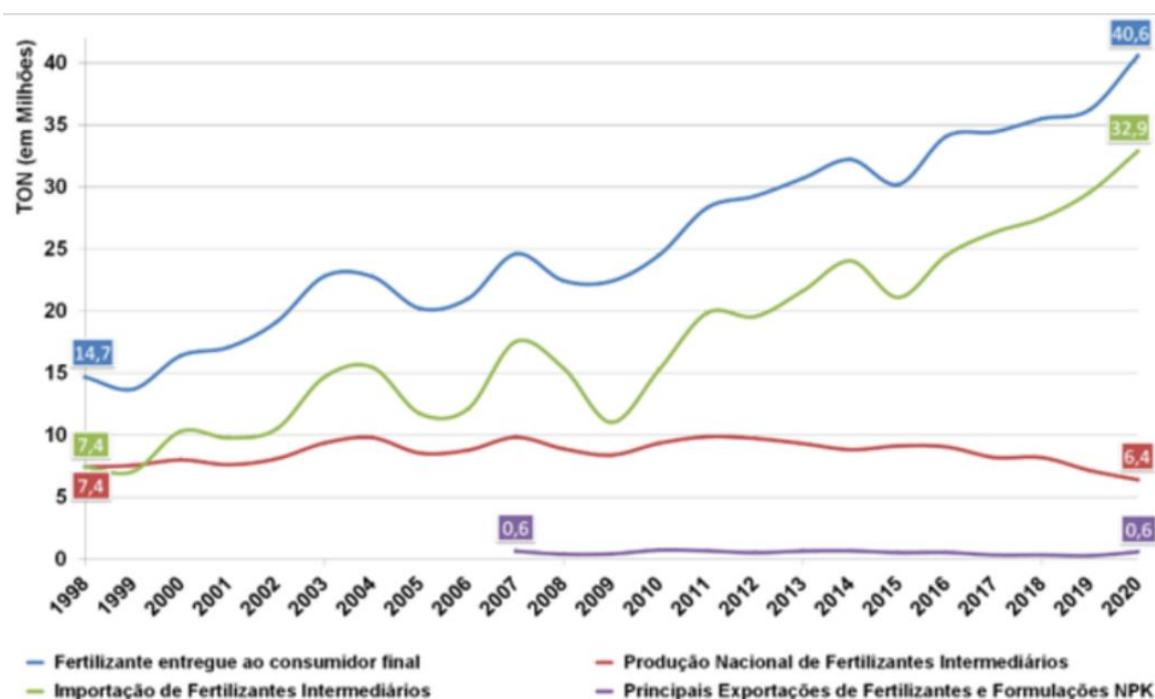
Como afirmado por Shreve e Brink Jr. (1980), dada a necessidade no século XX devido o cenário de alta demanda de alimentos o fornecimento de com a elevada taxa de produção que existe no cenário no século XX, o fornecimento para o consumo se torna grande devida a enorme demanda. Com isso, a obtenção de alimentos e de fibras depende, em grande parte de uso de fertilizantes que contenham diversos nutrientes para gerar uma maior produtividade e uma rica qualidade, em paralelo com a segurança do produtor para com as necessidades na produção.

Os fertilizantes podem ser sólidos ou fluidos. Os fertilizantes sólidos são os mais comuns, encontrados no mercado na forma de pó ou de grânulos. Já os fertilizantes fluidos, podem ser encontrados na forma gasosa ou líquida. Na forma gasosa, se tem a amônia anidra (82% de N) que, conforme informado por Pereira (2010), é armazenada e aplicada na forma liquefeita. E na forma líquida, subdivide-se em soluções e suspensões.

Alguns fertilizantes são produzidos a partir de fontes naturais. Exemplos destes incluem o nitrato de cálcio, que é obtido a partir de rochas e minerais. Estas fontes de nutrientes naturais também são usadas para aumentar os níveis de nutrientes no solo.

O principal nutriente aplicado no Brasil é o potássio, com 38%, seguido por fósforo, com 33%, e nitrogênio, com 29%. Em 2020, soja, milho e cana-de-açúcar responderam por 72% do consumo de fertilizantes no país, como demonstrado na Figura 14 (MAPA, 2022).

Figura 14 – Mercado de fertilizantes no Brasil (em volume).



Fonte: Anda (2021, apud MAPA, 2022).

Pereira (2010) afirma que a escolha do fertilizante para ser utilizado na lavoura deve levar em conta, principalmente, três critérios, descritos a seguir.

- Qualidade química: define a qualidade ou potencial de nutrição de plantas de um determinado fertilizante, sendo o teor de nutrientes solúveis (ponto solúvel) presente nas fórmulas de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK);
- Qualidade física: é a distribuição granulométrica ou a homogeneidade de tamanho de grânulos na mistura fertilizante. Quanto mais homogênea a distribuição de grânulos, menor é o efeito de segregação de matérias-primas e melhor é o resultado da mistura fertilizante;
- Agronômico: define indiretamente a qualidade do fertilizante, tratando-se da correta recomendação da dose e formulação mais apropriada a cada condição agrícola. A correta regulação e calibração das semeadoras e/ou distribuidores de adubo de cobertura são fundamentais para o sucesso da adubação.

Reetz Jr (2017) afirma que cerca de metade da produção mundial das culturas tem como base o uso de fertilizantes. Sendo grande responsável pelo avanço e o aumento da produção de culturas, onde está atrelado ao fornecimento de alimentos e combustíveis alternativos. Representando uma grande potência no setor econômico em pleno século XXI. Com isso o desenvolvimento se torna necessário para aplicação em cada tipo específico de cultura, onde

foi estudado e elaborado para a necessidade ideal de nutrientes, quantidades, periodicidades, para assim obter o melhor desempenho de produção de culturas fazendo uso de fertilizantes como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Nutrientes essenciais para o crescimento das culturas.

Características	Elementos	Informações
Nutrientes essenciais	C, H, O	Fornecidos pelo ar e pela água.
Macronutrientes primários	N, P, K	Fornecidos pelo solo, mas deficiências no solo e remoção pelas culturas devem ser repostas via fontes suplementares, principalmente com fertilizantes.
Macronutrientes secundários	S, Ca, Mg	Não são menos essenciais, mas são, usualmente, exigidos em menor quantidade como nutrientes
Micronutrientes	B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni	São necessários em pequenas quantidades, mas têm funções essenciais, como catalisadores nos processos metabólicos para o crescimento e desenvolvimento das culturas ou exercem outras funções chave.

Fonte: Reetz Jr (2017).

3.4 Agroquímicos e seus riscos

O Brasil devido a sua história e cultura de lidar com a área agrária. Sendo assim, há uma demanda muito grande pelos agroquímicos. Com a grande demanda no Brasil e regulamentações brandas em relação aos outros países, principalmente aos países europeus, alguns produtos comercializados no Brasil são proibidos em países da Europa como segue alguns exemplos no Quadro 4, devido aos índices presentes de compostos que se tornam fora dos parâmetros desejáveis estipulados por alguns países europeus.

Quadro 4 – Produtos comercializados no Brasil e não autorizados na Europa.

Princípios Ativos	Características e Riscos
Acefato	Toxicidade aguda consumidores. Danos organismos não alvo: artrópodes, pássaros, mamíferos e animais aquáticos.
Atrazina	Estudos insuficientes de monitoramento e recuperação de águas subterrâneas contaminadas.
Brometo de Metila	Estudos insuficientes impactos na saúde humana e ambiental e risco do trabalhador.
Procimidona	Estudos insuficientes sobre desregulação endócrina.
Propanil	Estudos insuficientes sobre impurezas, impactos ambientais e efeitos consumidores. Transporte longas distâncias pelo ar; elevado risco para pássaros, mamíferos, organismos aquáticos, artrópodes não alvo.
Propargito	Risco consumidores, operadores, trabalhadores e passantes. Risco crônico mamíferos e vida aquática.
Tiodicarbe	Estudos insuficientes risco para consumidores. Risco agudo dietético para bebês (uvas) e adultos (vinhos); Risco para aplicador. Contaminação de águas subterrâneas (uso como moluscicida).
Trifluralina	Estudos insuficientes impactos ambientais. Tóxico sedimentos; organismos aquáticos, bioacumulação e persistência em solo; transporte longas distâncias pelo ar.

Fonte: Friedrich et al. (2021).

O Brasil é o segundo maior consumidor de agroquímicos no mundo no ano de 2020, segundo o STATISTA (2023). O Brasil, com sua grande demanda, faz uso de produtos que hoje não são permitidos mais em países europeus devido às legislações de cada país, com intuitos de saúde e qualidade da produção.

Segundo Salles (2014), a lista dos proibidos em outros países e não no Brasil, estão o acefato, carbofuran, forato, fosmete, lactofen, parationa metílica e glifosato. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pelo menos 37 dos agroquímicos registrados desde 2019 são proibidos nos EUA e na UE por causa da toxicidade à saúde. Quando se considera os ingredientes ativos, o número cresce: 44% dos 475 agroquímicos registrados no

Brasil em 2019 foram banidos nos países europeus, segundo um relatório do Greenpeace. (PODER360, 2023)

Conforme Moraes (2019), dos dez ingredientes ativos mais utilizados no Brasil, três são proibidos em alguns países da Europa (acefato, atrazina e paraquate), entretanto, têm permissão e são utilizados nos Estados Unidos, China e nos demais países do Mercosul.

Além da proibição ou autorização de uso, ainda existem outras diferenças na regulação entre os países, como a variação dos limites máximos de resíduos permitidos em alimentos como informa na Tabela 2 que demonstra os limites de ingredientes em alimentos (milho) nos diferentes países.

Tabela 2 - Limites máximos de resíduos permitidos em alimentos – milho (em ppm).

Ingrediente ativo	Brasil	China	EUA	UE
2,4-D	0,2	-	0,05	0,05
Clorpirifos	0,1	0,05	0,05	0,05
Deltametrina	1	0,5	1	0,05
Malationa	8	1	8	8
Glifosato	1	1	5	1

Fonte: Adaptado de Handford, Elliott e Campbell (2015).

Diante dos dados da Tabela 2, é notável que os maiores valores são do Brasil, o que demonstra o quanto a quantidade usada é maior no Brasil do que em outros países com exceção do Glisofato.

Em estudos realizados por Friedrich et al. (2021), foi observado que a grande parcela dos agroquímicos que são utilizados e autorizados no Brasil não pode ser utilizada na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e na China e Índia o que demonstra que o Brasil é um dos países que mais são liberais no que se trata do uso de agroquímicos, cenário altamente preocupante.

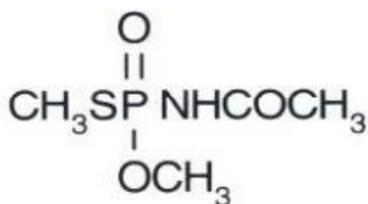
A não simultaneidade de registros ocorre em todos os países, inclusive com substâncias autorizadas em outros países e não registradas no Brasil, a exemplo de 90 ingredientes ativos que são registrados na União Europeia e não possuem registros em território brasileiro (quatro são ingredientes ativos novos; 77 são substâncias nunca submetidas para registro no país, nove substâncias tiveram as monografias excluídas por não possuírem mais produtos técnicos e

formulados responsáveis pela manutenção dessas especificações (SILVA; REMBICHEVISK; RANGEL, 2022).

3.4.1 Acefato

O Acefato é comercialmente vendido como inseticida, possui o nome químico *O,S-dimethyl acetylphosphoramidothioate* e sua fórmula química $C_4H_{10}NO_3PS$ e sua fórmula estrutural está representada na Figura 15, faz parte do grupo químico dos organofosforados (ANVISA, 2022a).

Figura 15 - Fórmula estrutural do acefato.



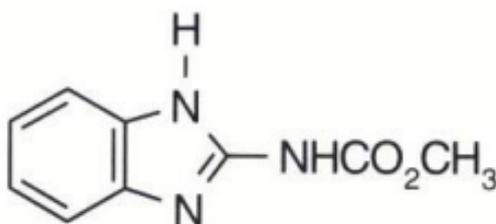
Fonte: ANVISA (2022a).

Alguns exemplos de culturas que realizam o uso do acefato como algodão, feijão, milho, soja e outros.

3.4.2 Carbendazim

O carbendazim é comercialmente vendido como fungicida, possui o nome químico *methyl benzimidazol-2-ylcarbamate* e sua fórmula química $C_9H_9N_3O_2$ e sua fórmula estrutural está representada na Figura 16, faz parte do grupo químico do Benzimidazol (ANVISA, 2022b).

Figura 16 - Fórmula estrutural da carbendazim.



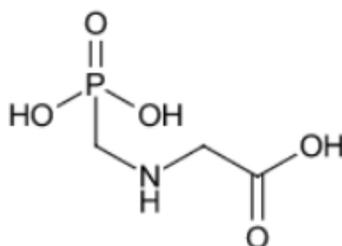
Fonte: ANVISA (2022b).

Alguns exemplos de culturas que realizam o uso do carbendazim como arroz, cana-de-açúcar, maçã e entre outros.

3.4.3. Glifosato

O glifosato é comercialmente vendido como herbicida, possui o nome químico *N*-(*phosphonomethyl*)glycine e sua fórmula química $C_3H_8NO_5P$ e sua fórmula estrutural está representada na Figura 17, faz parte do grupo químico da glicina substituída (ANVISA, 2022c).

Figura 17 - Fórmula estrutural da glifosato.



Fonte: ANVISA (2022c).

Alguns exemplos de culturas que realizam o uso do glifosato como aveia, café, trigo e entre outros.

3.5 Regulamentações da produção de agroquímicos e impactos ambientais

Segundo dados do STATISTICA (2023), o Brasil está entre os três maiores consumidores de agroquímicos no mundo. Dentro desse cenário, de grande influência mundial, se faz presente regulamentações a respeito dos agroquímicos, com destaque para a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Essa Lei decreta as responsabilidades a partir da área de pesquisa, experimento, rotulagem, armazenamento, registro de produtos, processos de fabricação até a fiscalização (PLANALTO, 2002).

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) são os responsáveis pela correta regulamentação de agroquímicos para a comercialização.

Para o uso responsável, é necessário, segundo CROP Life (2020b), que haja uma regulamentação rigorosa com os produtos e suas produções, onde é necessário fazer uma análise cautelosa que atenda a todas as exigências propostas pelos Órgãos Regulamentadores.

Como afirmado por CROP Life (2020b), os produtos disponibilizados são todos avaliados e mostram segurança, sempre que utilizados conforme as recomendações de quem desenvolveu o produto. O uso de defensivos agrícolas de origem biológica ou química se faz necessária para a produção das culturas visando a qualidade e produtividade delas. O IBAMA se faz presente pela responsabilidade de elaborar um dossiê a respeito do potencial produto, antes de ocorrer algum impacto negativo no meio ambiente. Para o uso responsável no setor de agricultura, se faz presente o MAPA, para avaliar a eficiência e o potencial econômico para o uso do produto. A ANVISA é responsável por inspecionar a qualidade perante o uso do consumidor, visando a proteção do consumidor final.

As questões mais relevantes na área da defesa do Consumidor referem-se ao uso de agroquímicos não autorizados pela ANVISA, ou com limites de resíduos acima dos regulamentares, detectados em amostras de alimentos expostos à venda (em geral frutas, legumes, verduras e grãos) (SOUZA; LOGIODICE, 2018).

O IBAMA classifica os agroquímicos em quatro classes, de acordo com os riscos à biodiversidade, como apresentado a seguir.

- classe I: produto altamente perigoso;
- classe II: produto muito perigoso;
- classe III: produto perigoso;
- classe IV: produto pouco perigoso.

Dada essa classificação do IBAMA, é possível notar que o uso consciente é de responsabilidade do produtor, com riscos de danificar a produção, o ambiente, e o consumidor, caso seja feito o uso inadequado

Como afirmado por Belchior et al. (2014), é preocupante o cenário brasileiro, onde o impacto ambiental causado pelo grande uso indevido de agroquímicos, prejudica a sustentabilidade do ecossistema, onde há efeitos variáveis, mediante ao uso em elevadas quantidades, fazendo com que haja um desequilíbrio ecológico.

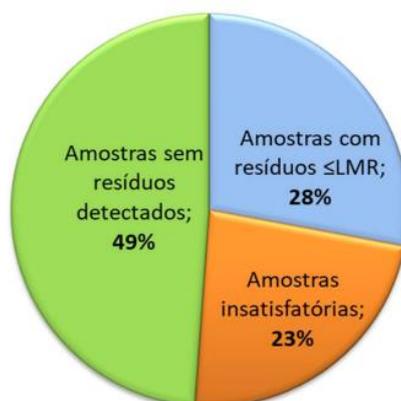
Os defensivos agrícolas, em seu ciclo de vida, acabam atingindo o solo, os quais não são preparados propriamente para o contato destes, impactando negativamente o ecossistema devido as suas características físico-químicas, tanto do solo quanto do pesticida. Devido ao grande volume de água no Brasil, sujeito a ação dos agroquímicos, por meio de lixiviação do

solo, chuvas, ventos, ocasionam impactos ao ser humano devido as consequências negativas dos agroquímicos em contato com a água e aos alimentos no decorrer do processo.

No período de agosto de 2017 a junho de 2018, que corresponde ao 1º Ciclo do Plano Plurianual 2017-2020, foram analisadas 4.616 amostras de 14 alimentos de origem vegetal.

Do total de 4.616 amostras analisadas, 3.544 amostras (77%) foram consideradas satisfatórias quanto aos agroquímicos, sendo que em 2.254 (49%) não foram detectados resíduos, e 1.290 (28%) apresentaram resíduos com concentrações iguais ou inferiores ao Limite Máximo de Resíduos (LMR). Foram consideradas insatisfatórias 1.072 (23%) amostras. A Figura 18 apresenta a distribuição dos resultados obtidos nas análises das 4.616 amostras dos alimentos monitorados durante o ciclo 2017/2018 do Plano Plurianual 2017-2020 (ANVISA, 2018).

Figura 18 - Distribuição das amostras analisadas de agroquímicos e o tipo de irregularidade.



Fonte: ANVISA (2018).

Diante dos dados expostos na Figura 18, apresentando muitas amostras insatisfatórias, se torna preocupante e desperta o alerta pelo uso dos agroquímicos de maneira descontrolada.

3.6 Processos de fabricação

Para que os defensivos agrícolas sejam fabricados, é necessário um processo de registro de cada tipo de produto.

Até a década de 1940, substâncias inorgânicas, como clorato de sódio e ácido sulfúrico, ou produtos químicos orgânicos derivados de fontes naturais ainda eram amplamente utilizados no controle de pragas. Ou seja, os produtos eram utilizados de forma mais empírica, sem formulações e testes que garantiam a eficiência desses produtos.

Na segunda metade da década de 1950, iniciou a evolução da produção dos fungicidas, onde o cobre se tornou o mais famoso (CROP LIFE, 2020a).

A fabricação de defensivos agrícolas é um processo muito longo, no qual existe inúmeras regras, demandando aproximadamente duas décadas para que o produto na forma final seja comercializado (VALLIN, 2022).

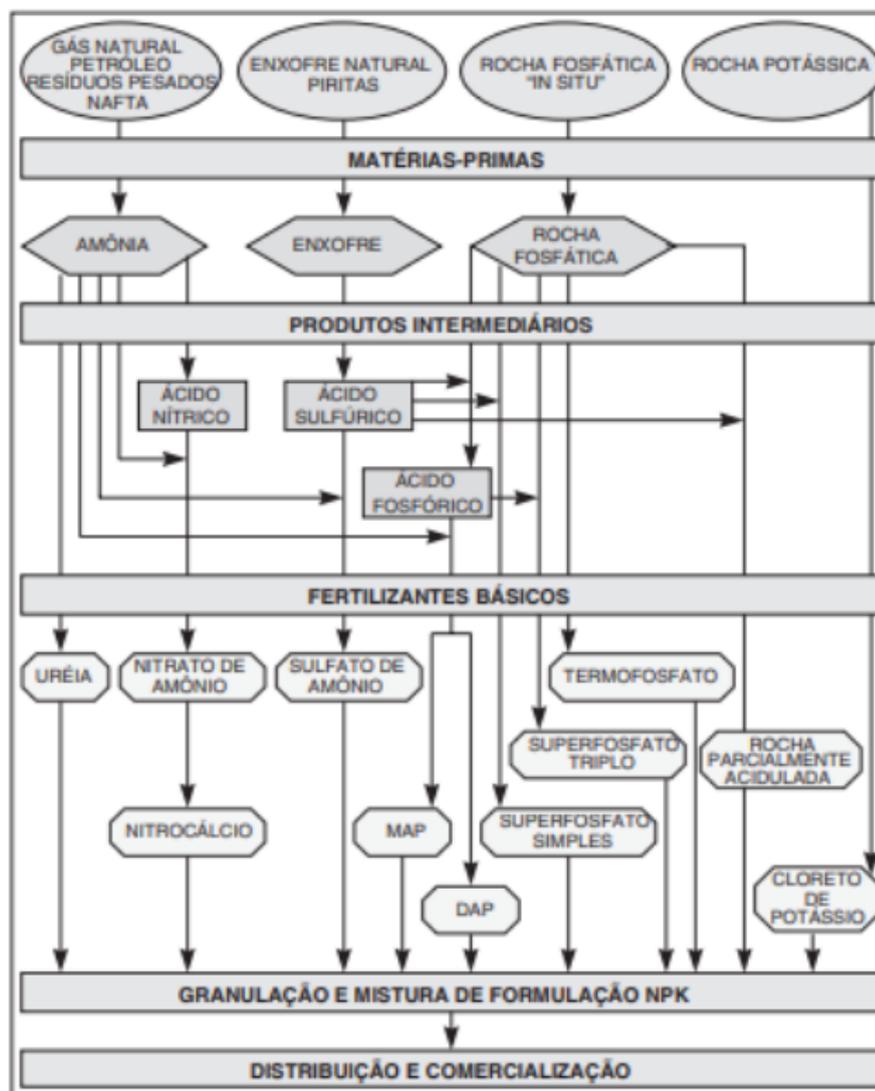
Vallin (2022) afirma que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), realizam testes para garantir que não vão ocorrer danos ou prejuízos ao meio ambiente, e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) fiscaliza para determinar a eficácia agronômica.

Para realizar a avaliação ambiental segundo dados de referência MAPA, são realizados testes em laboratórios e estudos com base nas informações estabelecidas pelo MAPA, e assim estabelecido dados de referência e suas propriedades específicas. A partir das propriedades físico-químicas, toxicológicas da substância já estabelecidas e as informações relativas a questões como persistência, bioacumulação, transporte em solos nacionais e resíduos em matrizes ambientais é possível realizar testes com os defensivos, com essas condições, comprova a necessidade de um tempo prolongado (VALLIN, 2022).

3.6.1 Produção de fertilizantes

O processo de fabricação de fertilizantes pode variar dependendo do tipo de fertilizante que está sendo produzido. No entanto, existem algumas etapas básicas que geralmente são comuns a todos eles, conforme descrição geral do processo da Figura 19 (PROPEQ, 2020).

Figura 19 – Cadeia produtiva da indústria de fertilizantes



Fonte: Dias e Fernandes (2006).

A Figura 19 demonstra a cadeia produtiva dos fertilizantes, sendo que para chegar ao produto, há uma sequência de processos e etapas a serem cumpridas, de modo que, partindo de um recurso natural, é possível chegar em diversos fertilizantes. Tais etapas estão descritas de forma geral a seguir.

- **Obtenção de matérias-primas:** O primeiro passo no processo de fabricação de fertilizantes é a obtenção das matérias-primas necessárias. As matérias-primas comuns incluem nitrogênio, fósforo e potássio, que podem ser obtidos de fontes naturais, como minerais e rochas como apresentado na primeira etapa da Figura 19.
- **Preparação:** As matérias-primas são preparadas para o processo de fabricação, incluindo a moagem e o peneiramento para garantir que o tamanho e a consistência estejam

corretos. Algumas matérias-primas podem precisar ser tratadas com produtos químicos para remover impurezas ou melhorar sua qualidade.

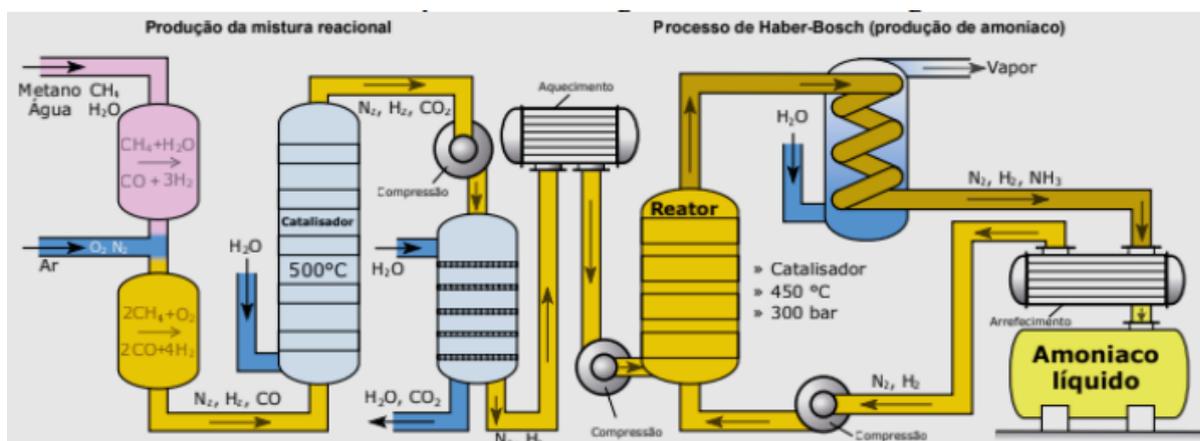
- **Mistura:** as matérias-primas são misturadas em proporções específicas para criar a fórmula desejada do fertilizante. Isso é feito em grandes misturadores, que garantem que os ingredientes sejam misturados uniformemente.
- **Granulação:** a mistura é então granulada para formar pequenos grânulos. Isso pode ser feito por meio de uma variedade de técnicas, incluindo aglomeração, extrusão ou compactação. A granulação torna o fertilizante mais fácil de manusear e aplicar.
- **Secagem:** os grânulos de fertilizante são secos para remover a umidade restante. Isso é feito em secadores industriais, que usam calor para evaporar a água.
- **Revestimento:** o revestimento opcional pode ser aplicado aos grânulos para melhorar a eficácia e durabilidade do fertilizante, podendo ajudar a proteger os nutrientes dos grânulos da umidade e da decomposição, além de permitir a liberação controlada dos nutrientes.
- **Embalagem:** o fertilizante é embalado em sacos ou outros recipientes adequados para o armazenamento e transporte.
- **Teste de qualidade:** o fertilizante é testado quanto à qualidade e pureza para garantir que atenda aos padrões regulatórios e de segurança.

Embora essa seja uma visão geral do processo de fabricação de fertilizantes, é importante lembrar que o processo exato pode variar, dependendo do tipo de fertilizante que está sendo produzido e das práticas específicas da empresa de fabricação.

Existem vários processos de fabricação de fertilizantes, cada um deles adequado para produzir diferentes tipos de fertilizantes com diferentes propriedades químicas e nutrientes.

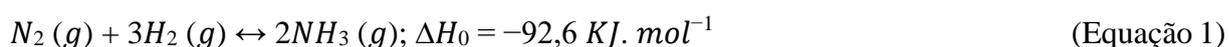
Um dos processos que contempla a produção do fertilizante, é o processo de Haber-Bosch, representado na Figura 20. Este é o processo mais comum para a produção de fertilizantes nitrogenados, como ureia, amônia e nitrato de amônio. Neste processo, o nitrogênio do ar é combinado com o hidrogênio do gás natural ou de outro combustível em alta pressão e temperatura usando um catalisador para produzir amônia. A amônia pode ser convertida em outros compostos nitrogenados, como ureia ou nitrato de amônio (RIBEIRO, 2013).

Figura 20 – Esquema da produção industrial de amoníaco, processo de Haber-Bosch.



Fonte: Adaptado de Sven (2013).

A síntese do amoníaco pelo processo de Haber-Bosch pode ser resumida pela Equação 1.



Analisando a Equação 1, podem extrair-se duas grandes conclusões:

- como 1 mol de nitrogênio (N_2) reage com 3 moles de hidrogênio (H_2) para originar 2 moles de amônia (NH_3), é possível maximizar a produção de amoníaco se a reação ocorrer a pressões elevadas;
- dada a natureza exotérmica da reação direta, quanto menor a temperatura do vaso reacional, maior será a produção de amoníaco.

A amônia é também usada como matéria-prima na produção de ureia, nitrato de amônio e outros fertilizantes nitrogenados, assim como na produção fertilizantes multinutrientes, como mostra a Figura 19.

Dessa forma, a amônia fornece aos agricultores uma ampla gama de fertilizantes nitrogenados para gerenciar e atender melhor às demandas das culturas e às necessidades logísticas. Alguns dos fertilizantes nitrogenados básicos mais comuns são descritos abaixo.

- Amônia anidra (NH_3) é o fertilizante nitrogenado comercial mais concentrado, com cerca de 82% de nitrogênio.
- Aquamônia é produzida misturando amônia com água. Esta forma pode ser adicionada à água de irrigação como uma forma alternativa de aplicação e pode fornecer na faixa de 20 a 24% de nitrogênio.

- Sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] (21% de nitrogênio) foi um dos primeiros fertilizantes de nitrogênio usados nas plantações. Sua alta solubilidade confere versatilidade no seu uso em diferentes aplicações agrícolas e industriais. O sulfato de amônio é feito a partir da reação química do ácido sulfúrico com a formação de cristais de amônia quente, que são secos e peneirados em diferentes tamanhos específicos de partículas, dependendo do uso. O sulfato de amônio é um subproduto do processo de fabricação do náilon ou de alguns produtos que contêm amônia ou ácido sulfúrico e que são transformados em sulfato de amônio para uso agrícola. Ele é frequentemente usado como um carreador para a aplicação de herbicidas, ajudando a aumentar a eficácia destes. Ele também contém 21% de S, tornando-o uma alternativa de uso quando se necessita fornecer este nutriente.

- Ureia (46% de nitrogênio) é o fertilizante nitrogenado sólido mais usado no mundo. A produção de ureia envolve reação controlada do gás amônia (NH₃) e dióxido de carbono (CO₂) com temperatura e pressão elevadas. A ureia liquefeita é transformada em esferas com equipamento de granulação especializado ou endurecida em uma perola sólida enquanto cai de uma torre. Durante a produção de ureia, duas moléculas de ureia podem, inadvertidamente, combinar-se para formar um composto chamado biureto o qual pode causar danos quando pulverizado nas folhas das plantas. A maior parte do fertilizante ureia contém somente pequenas quantidades de biureto em decorrência do controle cuidadoso durante o processo de produção. A ureia é uma excelente fonte de N para atender as necessidades das plantas. Por ser prontamente dissolvida em água, quando aplicada à superfície do solo, movimenta-se com a água de chuva ou pela irrigação para dentro do solo. Dentro do solo, a ureia movimenta-se livremente com a água do solo até ser hidrolisada para formar NH₄⁺.

Esses são apenas alguns exemplos de processos de fabricação de fertilizantes. A produção de fertilizantes pode envolver muitas etapas diferentes, dependendo do tipo de fertilizante que está sendo produzido.

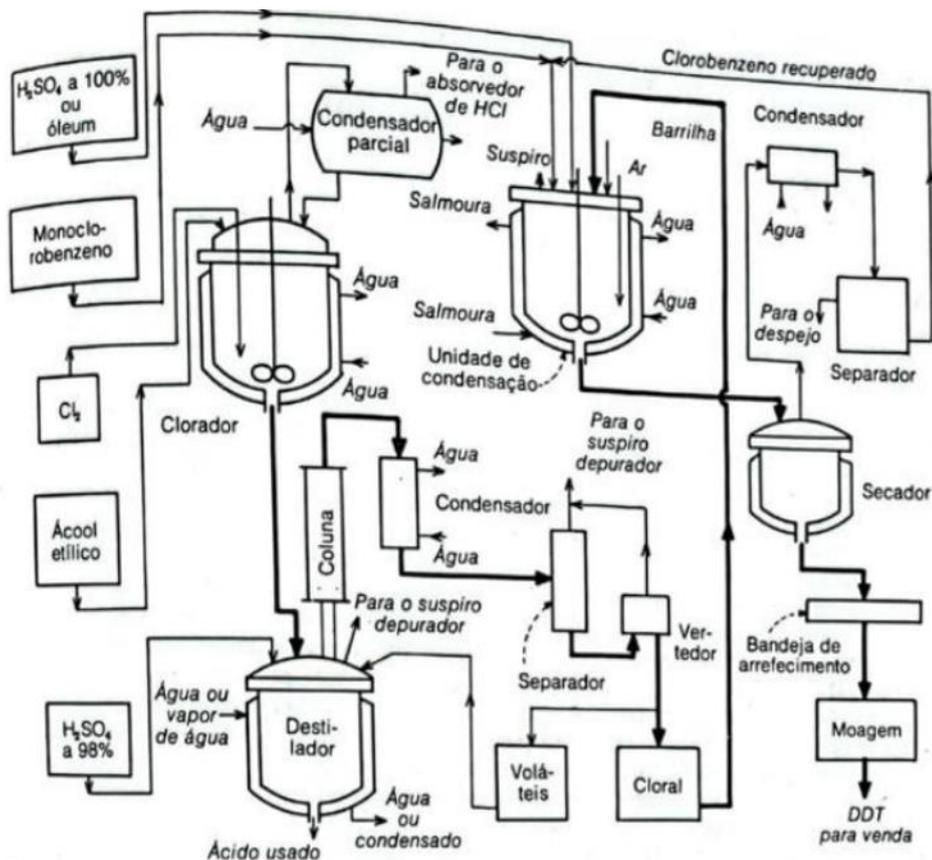
3.6.2 Produção do DDT

É importante observar que a fabricação e uso de agroquímicos requerem um manejo cuidadoso e seguro para minimizar os riscos ambientais e à saúde humana. É essencial seguir as instruções de segurança e aplicação do produto fornecidas pelo fabricante e seguir as regulamentações governamentais aplicáveis.

DDT (Diclorodifeniltricloroetano) é um composto químico organoclorado que foi usado como inseticida no passado. No entanto, devido aos seus efeitos nocivos no meio ambiente e

na saúde humana, o seu uso foi proibido em muitos países, incluindo o Brasil. É importante notar que o processo de fabricação do DDT, apresentado na Figura 21 é altamente tóxico e poluente. Além disso, o DDT é muito persistente no meio ambiente e pode se acumular na cadeia alimentar, causando danos aos ecossistemas e à saúde humana, justificando a proibição do uso em vários países. (D'AMATO, 2002)

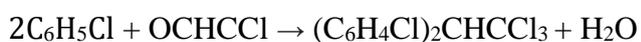
Figura 21 – Processo de fabricação DDT.



Fonte: Shreve e Brink Jr. (1980).

O processo de fabricação do DDT, envolve a etapas de cloração, destilação, reação e a moagem. As etapas podem ser descritas na Figura 21, onde segundo Shreve e Brink Jr. (1980) define como um processo de fabricação do DDT.

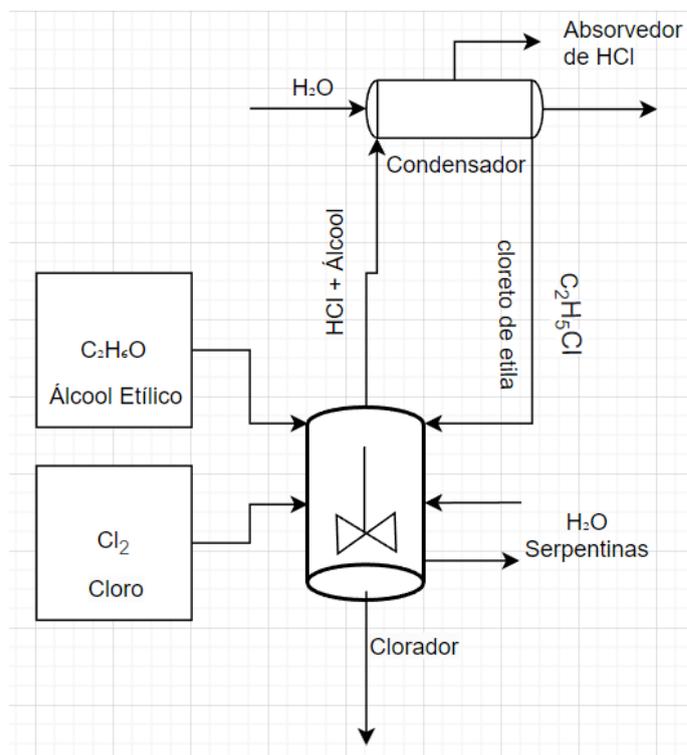
A produção do DDT tem como forma de condensação exotérmica do cloral e do clorobenzeno em presença de óleo como representação na Equação 2.



(Equação 2)

O álcool é clorado em um clorador de 2.840 litros podendo chegar a 90 °C, com uma duração de 60 a 70 horas, onde a temperatura é controlada por serpentinas mediante a água, processo definido na Figura 22 (SHREVE; BRINK JR., 1980).

Figura 22 – Processo de cloração.

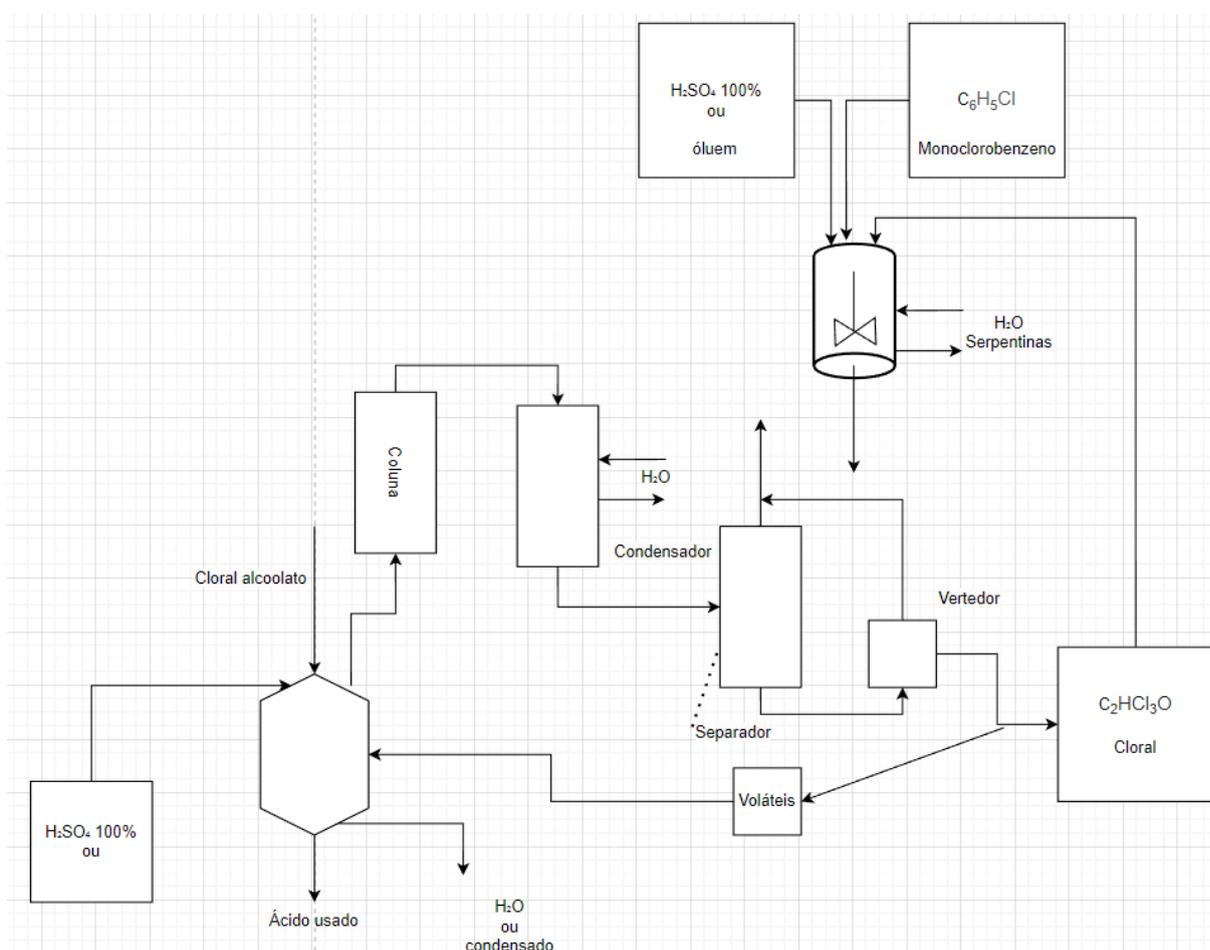


Fonte: Adaptado de Shreve e Brink Jr. (1980).

O produto do topo, composto por álcool em excesso e ácido clorídrico (HCl), é condensado onde o álcool se liquefaz do ácido, onde no futuro é absorvido, e da pequena quantidade de cloroetano de etila, que é purgada. (SHREVE; BRINK JR., 1980).

Com o produto do clorador formado, Cloral-alcoolato, este é encaminhado pelo processo de destilação. Em contato com o ácido sulfúrico (H₂SO₄), o produto do clorador é decomposto em cloral e álcool e purificado por destilação, como demonstrado na Figura 23, que representa a etapa inicial da destilação.

Figura 23 – Processo de destilação.



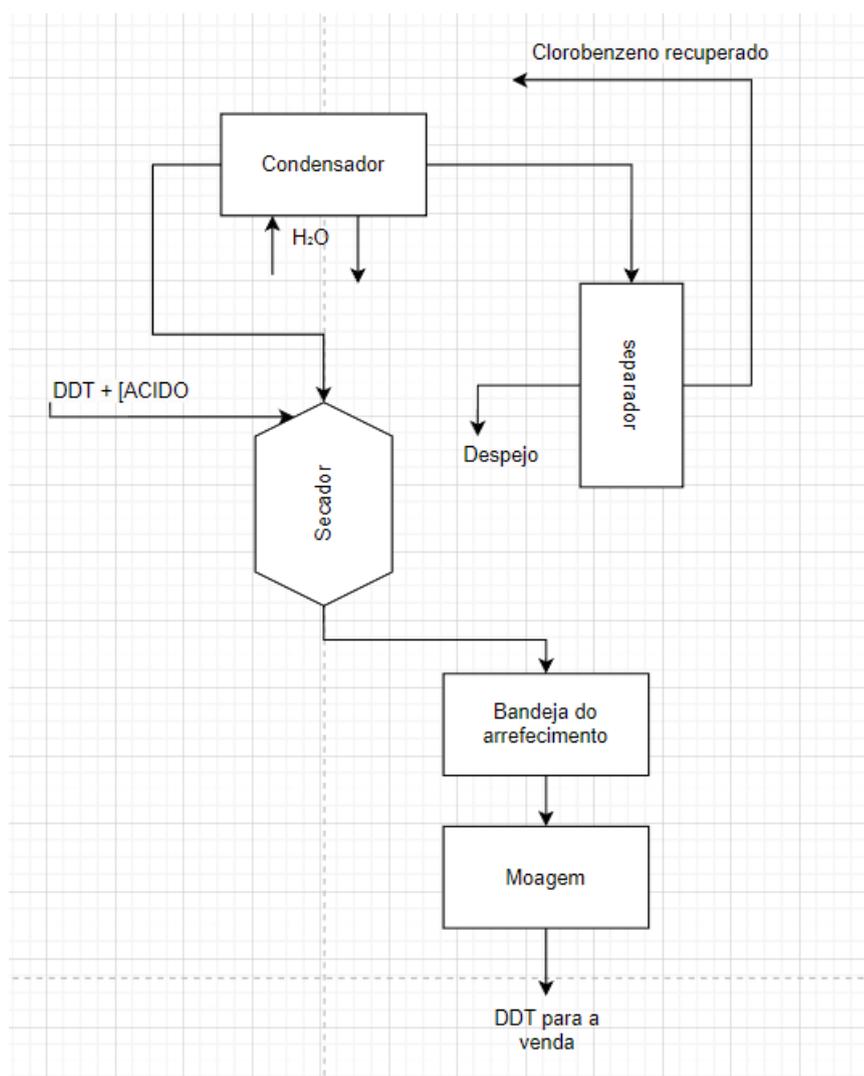
Fonte: Adaptado de Shreve e Brink Jr. (1980).

No topo do destilador o cloro e o clorobenzeno são condensados, tem o contato do ácido sulfúrico com 100% de pureza em um reator, com 3.790 litros, com um tempo de duração de até 6 horas. Estabelecido uma temperatura de até 30 °C, controlada por serpentinas.

Após a reação o DDT e o ácido utilizado são lavados diversas vezes, e após o processo de lavagem o DDT entra em contato com a Barrilha (Na_2CO_3), o qual é responsável por controlar o pH, e assim neutralizando o composto.

Com o DDT neutralizado, a mistura de DDT e clorobenzeno é lançada em um secador de 1890 litros, onde o DDT é fundido a vapor e o clorobenzeno é destilado por arraste como informa na Figura 24.

Figura 24 – Processo de secagem e moagem.



Fonte: Adaptado de Shreve e Brink Jr. (1980).

O DDT, após sair do secador, é espalhado em tabuleiros, bandejas de arrefecimento para ser solidificado e então moído, e assim poderia ser direcionado para venda ao ser embalado.

3.7 Base das indústrias agroquímicas

A síntese da amônia, também conhecida como processo Haber-Bosch, foi desenvolvida por dois químicos alemães, Fritz Haber e Carl Bosch, em um esforço conjunto iniciado no início do século XX (STOLTZENBERG, 1974).

Fritz Haber, um químico e físico, iniciou seus estudos sobre a síntese da amônia em 1904, visando a produção de fertilizantes para a agricultura. Ele descobriu que a amônia poderia ser sintetizada a partir do nitrogênio e do hidrogênio em altas temperaturas e pressões. No

entanto, o processo não foi comercializado até que Carl Bosch, engenheiro químico da empresa alemã BASF (Badische Anilin & Soda Fabrik), desenvolveu um método para construir reatores de alta pressão capazes de produzir a amônia em escala industrial. O processo Haber-Bosch, patenteado em 1910, tornou-se uma das tecnologias mais importantes do século XX, permitindo a produção em massa de fertilizantes nitrogenados e revolucionando a agricultura em todo o mundo (STOLTZENBERG, 1974).

A síntese da amônia, também conhecida como processo Haber-Bosch, é uma das tecnologias mais importantes para a indústria de agroquímicos. Isso se deve ao fato de que a amônia é um dos principais componentes dos fertilizantes nitrogenados, que são amplamente utilizados na agricultura para aumentar a produtividade das culturas (UNEP, 2019).

Antes da síntese da amônia, a disponibilidade de nitrogênio na forma utilizável para as plantas era limitada. A amônia sintética produzida pelo processo Haber-Bosch permitiu a produção em massa de fertilizantes nitrogenados, que se tornaram essenciais para o aumento da produtividade agrícola e alimentação da crescente população mundial (UNEP, 2019).

Os fertilizantes nitrogenados à base de amônia são utilizados para fornecer nitrogênio às plantas, um nutriente essencial para o seu crescimento e desenvolvimento. A síntese da amônia, portanto, desempenhou um papel fundamental na produção de alimentos em todo o mundo, ajudando a alimentar a população em crescimento e a tornar a agricultura mais sustentável e eficiente. Além disso, a amônia também é um importante precursor para a produção de outros produtos agroquímicos, como herbicidas, fungicidas e inseticidas, entre outros. Portanto, a síntese da amônia é de fundamental importância para a indústria de agroquímicos, permitindo a produção em massa de produtos essenciais para a agricultura e para a alimentação da população mundial (HUMPHREYS; LAN, 2008).

Rachel Carson foi uma bióloga marinha e escritora americana que, em 1962, publicou o livro "Primavera Silenciosa" (Silent Spring, no original em inglês), que é considerado um marco na história da ecologia e da proteção ambiental. Ela critica fortemente o uso indiscriminado de agroquímicos na agricultura e os impactos negativos desses produtos na saúde humana e no meio ambiente, como impactos na saúde humana e no meio ambiente, assim como informa alternativas sustentáveis e a responsabilidade social e ambiental das empresas e participação dos cidadãos (CARSON, 1962).

A Rachel Carson também descreve como os agroquímicos, como o DDT, podem afetar a reprodução e o comportamento das aves, bem como diminuir suas populações. Além disso como os agroquímicos podem se acumular ao longo da cadeia alimentar, aumentando sua concentração em animais de topo, como aves de rapina, levando a efeitos ainda mais graves em

suas populações. É importante notar que as aves carecas foram uma das espécies ameaçadas de extinção devido ao uso excessivo de agroquímicos na época em que "Primavera Silenciosa" foi publicado (BRITANNICA, 2023).

Para melhorias de estruturas e desenvolvimento, existem estratégias que as indústrias agroquímicas adotam para melhorar sua eficiência, segurança e sustentabilidade, como apresentado por Crop Life (2020b) e descrito a seguir.

- Investir em pesquisa e desenvolvimento: as indústrias agroquímicas podem melhorar seus produtos e processos investindo em pesquisa e desenvolvimento. Isso pode resultar em novos produtos mais seguros e eficazes, além de processos mais eficientes e sustentáveis.
- Adotar práticas sustentáveis: as indústrias agroquímicas podem adotar práticas sustentáveis em seus processos produtivos, como a redução do consumo de água e energia, o uso de materiais renováveis e a redução da emissão de gases de efeito estufa.
- Fortalecer a cadeia produtiva: as indústrias agroquímicas podem trabalhar em parceria com produtores rurais e distribuidores para fortalecer a cadeia produtiva. Isso pode incluir a oferta de treinamentos e assistência técnica para os produtores, além de garantir a qualidade e segurança dos produtos ao longo da cadeia.
- Investir em tecnologia: as indústrias agroquímicas podem investir em tecnologia para melhorar a eficiência e segurança dos processos produtivos. Isso pode incluir a automação de processos e o uso de sensores para monitoramento em tempo real.
- Garantir a conformidade regulatória: as indústrias agroquímicas devem garantir a conformidade com as regulamentações e normas aplicáveis, para assegurar a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente, além de evitar possíveis penalidades e perda de credibilidade no mercado.

3.8 Impactos de cenários adversos e panoramas

Com a pandemia pelo novo Coronavírus decretada em março de 2020 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), impactou inúmeros setores, assim como o agronegócio (MACHADO; MALAGOLI, 2021).

Soendergaard (2020) afirma que as medidas de contenção da Covid-19 tiveram um impacto direto nos fluxos de insumos, produção agrícola, processamento agroindustrial e questões logísticas, criando problemas como perdas de produção, escassez de mão de obra e

danos diferenciais na cadeia agroalimentar, listando os seguintes impactos gerados pela pandemia.

- A crise tende a agravar problemas de segurança alimentar, elevando o patamar de mais de 800 milhões de pessoas que já se encontram em situação de fome no mundo, enquanto existe risco do número de pessoas em situação de insegurança alimentar aguda dobrar, passando de 130 para 265 milhões;
- Devem ser principalmente afetados os países em desenvolvimento e importadores líquidos de produtos agroalimentares, notadamente de regiões do Oriente Médio e da África Subsaariana e Sul da Ásia;
- Além de prejuízos em termos de renda (demanda), há riscos relacionados à oferta de alimentos, tanto vinculados às dificuldades na produção, nas cadeias de suprimento (processamento, infraestrutura, logística etc.) quanto a restrições voluntárias ao comércio internacional;
- Medidas de “nacionalismo alimentar” e restrições de comércio já vem sendo observadas em vários países como ações de combate aos efeitos da crise, gerando um alerta com relação ao acesso e ao comércio internacional de alimentos e levando a instituições como FAO (Food and Agricultural Organization), OMS (Food and Agricultural Organization) e OMC (Organização Mundial do Comércio) a se manifestarem em contrariedade a este movimento;
- Sendo grande exportador líquido de alimentos e maior detentor de superávit comercial agroalimentar, o Brasil tem papel de grande relevância no abastecimento dos mercados globais de alimentos, responsabilidade que deve ressaltada frente à comunidade internacional;
- A produção brasileira em larga escala de diversas commodities alimentares de relevância, aliada à competitividade e experiência do país na comercialização e transporte de grandes volumes, para cerca de 200 países-destino, traz ao Brasil a obrigação de apoiar a manutenção da segurança alimentar das regiões mais sensíveis nesse momento de grande estresse da oferta e da demanda pelo mundo.

De acordo com o relatório "Impact of COVID-19 on Global Agriculture and Agrochemicals Market - Growth, Trends, and Forecast (2020-2025)" da Mordor Intelligence, a pandemia de COVID-19 teve impactos significativos na indústria agroquímica, afetando tanto a oferta quanto a demanda por produtos e insumos agrícolas. A restrição de viagens internacionais e o fechamento de fronteiras afetaram a logística de importação e exportação de produtos, enquanto a diminuição da atividade econômica em vários países levou à redução na

demanda por produtos agrícolas e, conseqüentemente, pelo uso de insumos agroquímicos. Por outro lado, a pandemia também incentivou a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e a busca por soluções digitais para a gestão da produção.

A pandemia pode ter influenciado indiretamente o setor agroquímico, por exemplo, através da interrupção das cadeias de suprimentos e do aumento dos custos de produção. Além disso, a pandemia destacou a importância da segurança alimentar e da produção de alimentos saudáveis e sustentáveis, o que pode levar a um aumento na demanda por produtos agrícolas orgânicos e por tecnologias de produção mais sustentáveis (ANVISA, 2021).

O setor do agronegócio é um dos setores da economia brasileira mais globalizados, como afirmado por uma vasta rede de abastecimento global para levar comida aos cantos mais distantes e, quando ela se rompe, os riscos para as populações em todo o mundo aumentam. (EMBRAL, 2022).

Machado (2021) afirma que é surpreendente o desempenho do agronegócio no Brasil em meio à crise sanitária da Covid-19, onde é provado com o PIB do Agronegócio, calculado pela Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), afirmando que houve um avanço importante de 24,3% em 2021, alcançando uma participação de 26,1% do PIB brasileiro.

O sítio eletrônico Canal Agro (2020) afirma que à medida que o coronavírus aumentou em todo o mundo, os governos adotaram amplamente medidas de distanciamento social para conter o vírus. A exceção são setores considerados essenciais, como a saúde, que está na vanguarda; a agricultura também se enquadra nessa categoria, evitando uma crise de abastecimento para 7,7 bilhões de pessoas.

O setor agrícola é estratégico para o combate mundial à Covid-19, onde as medidas foram tomadas para evitar crise de abastecimento. Visto que o setor AGRO é responsável por prover alimentos à população, caso seu funcionamento fosse interrompido, seria extremamente prejudicial.

3.9 Influência da Rússia no mercado nacional de fertilizantes

A Rússia tem sido uma importante influência na indústria de fertilizantes do Brasil, especialmente quando se trata da importação de fertilizantes. A Rússia é um dos principais produtores mundiais de potássio, um elemento importante para a produção de fertilizantes.

O Brasil é um grande importador de fertilizantes, e cerca de 90% dos fertilizantes consumidos no país são importados. A Rússia tem sido um dos principais fornecedores de potássio para o Brasil nos últimos anos, juntamente com países como Canadá e Belarus.

A influência da Rússia sobre a importação de fertilizantes para o Brasil pode ser vista em várias iniciativas, como a formação de parcerias estratégicas com empresas brasileiras e o investimento em infraestrutura de transporte para facilitar a exportação de fertilizantes para o Brasil (BBCNEWS, 2022).

Além disso, a Rússia tem um papel importante em garantir a estabilidade do mercado global de fertilizantes, o que afeta diretamente o preço dos fertilizantes importados pelo Brasil. Através de sua participação na Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) e da parceria estratégica com a Belarus, que também é um importante produtor de fertilizantes, a Rússia tem influência significativa na determinação dos preços mundiais de fertilizantes.

Para Carregosa e Barros (2022), os fertilizantes se tornaram imprescindíveis em plantações pela grande quantidade de nutrientes presente, suprimindo assim qualquer necessidade mediante a uma posição caótica, fazendo com que Brasil, China e Estados Unidos sejam referência em produção pela extensão territorial e clima favorável.

Como Batista (2022) afirma, “com o início do conflito entre Rússia e Ucrânia, iniciou-se uma preocupação global em relação à produção de alimentos, pois o preço dos fertilizantes estava em alta por causa do aumento do valor do gás natural”.

A Rússia atualmente possui o título de ser um dos principais países na produção dos nutrientes necessários para a fabricação de fertilizantes, cerca de 28% das importações brasileiras são advindas da Rússia.

Do que se trata do Brasil, segundo Carregosa e Barros (2022), uma interrupção nas exportações russas pode comprometer a safra de dezembro a março do ano 2022, cujas plantações começam em setembro.

Carregosa e Barros (2022) afirmam que mesmo com a incerteza em relação às movimentações econômicas e à capacidade logística de escoamento dos fertilizantes russos, que já fez com que houvesse um aumento na cotação, o preço do gás natural deve afetar o custo de produção, mesmo no mercado nacional.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho corrobora com a importância dos agroquímicos na atualidade e seu desenvolvimento com o decorrer dos anos. O uso se dos agroquímicos a cada dia que passa se torna mais presente, devido a grande necessidade e a alta demanda do setor alimentício. Gerando assim um impacto no setor econômico dos países, onde influencia o mercado nacional e internacional com a importância da importação de produtos para a produção de agroquímicos.

O uso de agroquímicos em grande escala pode ocasionar inúmeros danos para o meio ambiente devido ao uso incorreto e inconsciente do produtor. Sendo assim, há uma linha muito tênue entre fazer o uso correto para ter uma proteção e qualidade no setor AGRO, e a contaminação indevida do meio ambiente e da própria cultura. Os benefícios que os agroquímicos têm a oferecer são melhorias do solo, combate a pragas, maior produtividade acarretando maiores lucros, diminuindo as perdas para pragas e doenças.

O cenário brasileiro em comparação aos demais países, é preocupante em relação as regulamentações brandas. Onde há permissão de uso de agroquímicos que em muitos países não são autorizados. Dessa maneira o Brasil representa uma posição alta em consumo de agroquímicos no cenário mundial, ocasionando maiores riscos ao meio ambiente.

Em momentos da adversos da história como guerras, pandemia, se fez presente a necessidade de buscar meios e fins para atender essa demanda da população em relação ao setor alimentício. Grande motivação para os investimentos ocorre ao longo da história em relação ao desenvolvimento de processos e tecnológicos, foi baseado na necessidade de atender a alta demanda da população. Com a crescente na necessidade de abastecer a população vivida em momentos de crise, se faz presente o uso maior de técnicas para ter uma produção principalmente no setor AGRO, assim os agroquímicos influenciam diretamente e indiretamente o setor econômico.

Assim sendo, conclui-se que o desafio consiste na linha muito tênue entre a necessidade de uso de agroquímicos e seus perigos. No entanto, o desenvolvimento de tecnologias e a evolução nos processos de fabricação podem ser promissores, sendo muito atrativos para o setor AGRO. Nesse sentido, este trabalho colabora com a apresentação desta abordagem relativa à indústria agroquímica, podendo ser base para trabalhos futuros nesta área.

REFERÊNCIAS

- AGROLINK. **Helicoverpa (Helicoverpa armigera)**. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/problemas/helicoverpa_3056.html>. Acesso em: 20 de set. de 2022.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Gerência Geral de Toxicologia. Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). **Relatório de atividades de 2018**. Brasília, DF, 2017/2018.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Ministério da Saúde. **Monografias autorizadas (arquivos)**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/c/4231json-file-1>>. Acesso em: 20 de set. de 2022.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Impacto da pandemia de COVID-19 no registro de agrotóxicos**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2021/impacto-da-pandemia-de-covid-19-no-registro-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 11 de mar. de 2023.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Bula acefato**. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/a/acefato>. Acesso em: 11 de mar. de 2023.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Bula carbendazim**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/c/4227json-file-1>>. Acesso em: 11 de mar. de 2023.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Bula glifosato**. 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/g-h-i/4378json-file-1>>. Acesso em: 11 de mar. de 2023.
- AZANIA, C. A. M. et al. **Fundamentos Para Aplicação de Herbicidas em Cana-de-Açúcar. Série Tecnologia APTA**. Boletim Técnico IAC, nº 229, 2021.
- BAPTISTELLA, J. L. C; **O que são fungicida sistêmico e de contato e qual utilizar?** 2020. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/fungicida-sistêmico/#:~:text=O%20modo%20de%20a%C3%A7%C3%A3o%20dos,%2C%20inibi%C3%A7%C3%A3o%20de%20enzimas%2C%20etc>. Acesso em: 20 de set. de 2022.
- BATISTA, R. S. **Guerra da Ucrânia e Rússia: como ficam os fertilizantes?** ESALQ Júnior Consultoria. Disponível em: <<https://www.esalqjuniorconsultoria.com/guerra-da-ucrania-e-russia-como-ficam-os-fertilizantes/>>. Acesso em: 20 de set. de 2022.

BBC NEWS. **Guerra na Ucrânia: por que o Brasil depende tanto dos fertilizantes da Rússia?** 2022. Disponível em: < <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-60596334>>. Acesso em: 27 fev. 2023.

BELCHIOR, D. C. V. et al. Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 135-151, jan./abr. 2014.

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

BRASIL. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo. **Medida provisória nº 1.569-9, de 11 de dezembro de 1997**. Brasília, DF, 14 dez. 1997. Seção 1, p. 29514.

BRITANNICA. **Rachel Carson: American biologist**. Encyclopedia Britannica. 2023. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Rachel-Carson>. Acesso em: 11 mar. 2023.

CABETTE, A.; FREITAS, H.; ARANHA, A. **Brasil é 2º maior comprador de agrotóxicos proibidos na Europa, que importa alimentos produzidos com estes químicos. Repórter Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2020/09/%EF%BB%BFbrasil-e-2o-maior-comprador-de-agrotoxicos-proibidos-na-europa-que-importa-alimentos-produzidos-com-estes-quimicos/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

CANAL AGRO. **Agricultura e abastecimento: a importância do setor frente à pandemia**. 2020. Disponível em: <[CARREGOSA, L.; BARROS, R. **Entenda como a guerra impacta o mercado de fertilizantes. Poder 360**. 25 de fev. de 2022. Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/europa-em-guerra/entenda-como-a-guerra-impacta-o-mercado-de-fertilizantes/>>. Acesso em: 20 de set. de 2022.](https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/agricultura-e-abastecimento-a-importancia-do-setor-frente-a-pandemia/#:~:text=Papel%20fundamental%20do%20abastecimento%20alimentar&text=Em%20comunicado%2C%20a%20Confedera%C3%A7%C3%A3o%20da,nessa%20hora%2C%20ser%C3%A1%20atingida%E2%80%9D.>>. Acesso em: 20 set. 2022.</p></div><div data-bbox=)

CETESB. **Acefato**. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Acefato.pdf>. Acesso em: 20 de set. de 2022.

CROP LIFE. **História dos defensivos agrícolas e a sua importância na produção de alimentos**. 2020a. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/historia-dos-defensivos-agricolas-e-a-sua-importancia-na-producao-de-alimentos/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

CROP LIFE. **Regulamentação dos defensivos no Brasil: como é realizada?** 2020b. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/defensivos-quimicos/regulamentacao-dos-defensivos-no-brasil-como-e-realizada/>>. Acesso em: 20 set. 2022.

CORTEVA. MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS. **Boas Práticas Agrícolas**. 2019.

CORTEVA. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS. **Modos de Ação de Inseticidas**. 2020.

D'AMATO, C. **Manejo integrado de pragas - DDT (dicloro difenil tricloroetano)**: toxicidade e contaminação ambiental, 2002.

DIAS, V. P., FERNANDES, E. **Fertilizantes**: uma visão global sintética. BNDES, 2006. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital> >. Acesso em: 12 mar. 2023.

EMBRAL. **Qual o impacto da guerra no agronegócio?** 2022 Disponível em: <<https://www.embral.com.br/noticias/92/qual-o-impacto-da-guerra-no-agronegocio/>>. Acesso em: 16 set. 2022.

EMBRAPA. **Avanços em tecnologias genéticas**. 2022. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/biorrevolucao/sinal-e-tendencia/avancos-em-tecnologias-geneticas>>. Acesso em: 21 set. 2022.

EMBRAPA. **VII Plano diretor da Embrapa 2020 a 2030**. 2020. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217274/1/VII-PDE-2020.pdf>>. Acesso em 21 de set. de 2022.

FRAC. **Modos de ação fungicidas**. Disponível em: <<https://www.igeagro.com.br/images/FRACModoAcaoFungicidas.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2022.

FRIEDRICH, K. et al. **Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil**: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. Cad. Saúde Pública, 2021.

GARCIA, A. **Fungicidas I**: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Embrapa Rondônia, 1999.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Produtos à base de Carbendazim ficam proibidos de serem comercializados a partir desta quarta-feira**. São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/noticias/2023/produtos-a-base-de-carbendazim-ficam-proibidos-de-serem-comercializados-a-partir-desta-quarta-feira,1863.html/>. Acesso em: 20 set. 2022.

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.

REETZ JR, Harold F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. Disponível em: <<https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2022

MACHADO, G. C. **Agronegócio Brasileiro: Importância e complexidade do setor.** 2021. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaoecepea/agronegociobrasileiro-importancia-e-complexidade-do-setor.aspx>>. Acesso em: 16 set. 2022.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (Brasil). **Estatísticas do setor.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor>. Acesso em: 11 de mar. de 2023.

MENTEN, J. O.; BANZATO, T. C. **Fungicidas.** ESALQ - USP, 2016.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória.** 2019. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9371>. Acesso em: 16 set. 2022.

MUNIZ, C. **Tipos de pesquisa. Significados.** Disponível em: <<https://www.significados.com.br/tipos-de-pesquisa/>>. Acesso em 16 de set. de 2022.

MUNDOEDUCAÇÃO. **Impactos da produção agrícola.** Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/impactos-producao-agricola.htm/>>. Acesso em: 26 set. 2022.

PEREIRA, F. S. G. **Processos químicos industriais.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, 2010.

PODER360. **Agrotóxicos banidos na UE e no EUA são usados no Brasil.** Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/brasil/agrotoxicos-banidos-na-ue-e-no-eua-sao-usados-no-brasil-dw/>>. Acesso em: 10 fev. 2023.

PROPEQ. **Fertilizantes: processo produtivo e considerações ambientais.** Disponível em: <<https://propeq.com/fertilizantes/>> Acesso em 16 de set. de 2022.

RIBEIRO, D. Processo de Haber-Bosch. **Rev. Ciência Elem.**, v. 1(1):031, 2013.

SALLES, C. **Brasil consome 14 agrotóxicos proibidos no mundo.** Jusbrasil. 2014. Disponível em: <<https://carollinasalle.jusbrasil.com.br/noticias/113703087/brasil-consome-14-agrotoxicos-proibidos-no-mundo#:~:text=Na%20lista%20dos%20proibidos%20em,Lactofen%2C%20Parationa%20Met%2C%20ADlica%20e%20Thiram.>>. Acesso em: 16 set. 2022.

SANÁGUA. **O histórico dos agrotóxicos.** 2014. Disponível em: <<https://sanagua.com.br/noticias/o-historico-dos-agrotoxicos-165.html#:~:text=A%20hist%C3%B3ria%20desses%20defensivos%20remonta,como%20um%20tipo%20de%20inseticida.>>. Acesso em: 16 set. 2022.

SHREVE, R. N.; BRINK JR, A. **Indústrias de processos químicos.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 4ª ed., 1980.

SILVA, L. R.; REMBICHEVISK, P.; RANGEL, L. E. **Aprovações e proibições de agrotóxicos em diferentes países**. 2022 Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/aprov-proib-agts-comp-paises.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2022.

SOCIENTIFICA. **Os 10 países que mais usam pesticidas**. Disponível em: <<https://socientifica.com.br/os-10-paises-que-mais-usam-pesticidas/>>. Acesso em 26 fev. 2023.

SOUZA, A. C. de; LOGIODICE, R. A. da. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. MINISTÉRIO PÚBLICO. **Roteiro de atuação: agrotóxicos**. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/Cartilhas/RoteiroAtua%C3%A7%C3%A3o-Agroto%C3%B3xico.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

STATISTICA. **Países líderes no consumo agrícola de pesticidas em todo o mundo em 2020**. 2023. Disponível em: <<https://www..com/statistics/1263069/global-pesticide-use-by-country/>>. Acesso em: 11 mar. 2023.

SVEN. **Wikimedia**. 2013. Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/Haber-Bosch.svg> >. Acesso em: 12 mar. 2023.

UNESCO. **Engenharia para o desenvolvimento sustentável**. 2022. Disponível em: <Engenharia para o desenvolvimento sustentável: resumo - UNESCO Digital Library >, Acesso em: 11 mar. 2023.

VALLIN, G. **Agrotóxicos: um guia para entender sobre tipos, usos e cuidados**. Syngenta Digital. 2022. Disponível em: <<https://blog.syngentadigital.ag/agrotoxicos/>>. Acesso em: 16 set. 2022.

VELASCO, L. O. M.; CAPANEMA, L. X. L. O setor de agroquímicos. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 69-96, 2006.

VICTORIA FILHO, R. **Mecanismos de ação dos herbicidas**. ESALQ/USP – Piracicaba/SP, 2017.

WITTMANN, M. L.; BIANCHI, R. C. **Evolução e desenvolvimento das agroindústrias suínícolas do RS a partir da implementação de estratégias competitivas**. Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 1676 - 1901, vol. 1, nº. 1, 2001.