



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
CURSO QUÍMICA**

FERNANDA DE SOUSA MACEDO

USO INTENSIVO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL: Análise dos impactos ambientais, riscos ocupacionais e contaminação alimentar na perspectiva da saúde pública.

**PICOS
2025**

FERNANDA DE SOUSA MACEDO

USO INTENSIVO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL: análise dos impactos ambientais, riscos ocupacionais e contaminação alimentar na perspectiva da saúde pública.

Projeto de pesquisa apresentado como exigência para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Orientador(a): Prof. Me. Francisco de Assis Araújo Barros.

PICOS

2025

Página reservada para a colocação da ficha catalográfica, que deverá ser confeccionada após apresentação deste trabalho e feitas as alterações sugeridas pela banca examinadora.

Esta ficha deverá ser solicitada ao (a) bibliotecário (a) do campus onde se concluí o curso.

FERNANDA DE SOUSA MACEDO

USO INTENSIVO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL: Análise dos impactos ambientais, riscos ocupacionais e contaminação alimentar na perspectiva da saúde pública.

Projeto de pesquisa apresentado como exigência para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos.

Aprovada em: 03/09/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francisco de Assis Araújo Barros (Orientador)

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profª . Ma. Rayza Borba de Lima

Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Dr. João Ferreira Da Cruz Filho

Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Dedico este trabalho a Deus, à minha filha,
ao meu esposo, e aos meus pais, que
foram minha inspiração, força e apoio em
cada passo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, sabedoria e forças para superar cada desafio ao longo desta caminhada acadêmica. Sem fé e esperança renovadas diariamente, não teria conseguido trilhar este percurso de aprendizado e amadurecimento.

Minha profunda gratidão vai aos meus pais, agricultores, que sempre foram exemplo de trabalho, honestidade e perseverança. Crescer no campo me ensinou o valor do esforço diário e da educação como semente transformadora.

Dedico este trabalho à minha filha Isabelle, minha maior inspiração, e ao meu esposo Willou, por seu amor, paciência e apoio incondicional. Agradeço também à minha sogra e à minha cunhada Mariana, que cuidaram da minha filha com carinho nos momentos em que precisei me ausentar para estudar.

Sou grata às amigas da universidade Thayslane, Ana Caroline e Mariana pelo apoio, incentivo e companheirismo ao longo da jornada. Estendo meu agradecimento à minha família, pelo carinho constante e pelas palavras de encorajamento nos momentos difíceis.

Agradeço aos professores que compartilharam conhecimento e experiências valiosas, e aos colegas que tornaram o processo mais leve com amizade e motivação. A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, deixo minha sincera e eterna gratidão.

RESUMO

Este trabalho aborda o uso intensivo de agrotóxicos no Brasil, enfocando seus impactos ambientais, os riscos ocupacionais aos trabalhadores rurais e a contaminação de alimentos, sob a perspectiva da saúde pública. Por meio de revisão bibliográfica, foram analisadas publicações científicas, livros e relatórios institucionais recentes, com ênfase em estudos que investigam os efeitos tóxicos, persistentes e bioacumulativos dessas substâncias. O estudo evidencia que o Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos, o que eleva os riscos à saúde humana, compromete a segurança alimentar e contribui para a degradação ambiental. A Química Ambiental é apresentada como ferramenta essencial para compreender os mecanismos de ação, a dispersão e a degradação dos agrotóxicos, subsidiando estratégias de mitigação e alternativas sustentáveis. Além disso, a pesquisa destaca a fragilidade das políticas regulatórias, que permitem o registro de novos produtos sem avaliação adequada, reforçando a necessidade de abordagens interdisciplinares que integrem química, toxicologia, saúde pública e sustentabilidade agrícola. O trabalho contribui para reflexões sobre manejo integrado de pragas, práticas agroecológicas e políticas públicas voltadas à proteção da saúde coletiva e do meio ambiente.

Palavras-chave: c; Saúde Pública; Contaminação Alimentar; Riscos Ocupacionais; Impacto Ambiental.

ABSTRACT

This study addresses the intensive use of pesticides in Brazil, focusing on their environmental impacts, occupational risks to rural workers, and food contamination from a public health perspective. Through a literature review, scientific publications, books, and recent institutional reports were analyzed, with emphasis on studies investigating the toxic, persistent, and bioaccumulative effects of these substances. The study highlights that Brazil is the world's largest consumer of pesticides, which increases human health risks, compromises food safety, and contributes to environmental degradation. Environmental Chemistry is presented as an essential tool to understand the mechanisms of action, dispersion, and degradation of pesticides, supporting mitigation strategies and sustainable alternatives. In addition, the research underscores the weakness of regulatory policies that allow the registration of new products without proper evaluation, reinforcing the need for interdisciplinary approaches that integrate chemistry, toxicology, public health, and agricultural sustainability. The study contributes to reflections on integrated pest management, agroecological practices, and public policies aimed at protecting collective health and the environment.

Keywords: Pesticides; Public Health; Food Contamination; Occupational Risks; Environmental Impact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Poluição ambiental por agrotóxicos.....	17
Gráfico1	- Brasil como lider mundial no consumo de agrotóxicos.....	18
Gráfico 2	- Agrotóxicos comercializados no brasil.....	19
Gráfico 3	- Estimativas de 2020 das taxas de incidência de câncer no Brasil, por tipo de localização primária (excluindo câncer de pele não melanoma), segmentadas por sexo.....	21
Figura 3	- Classificação toxicológica dos agrotóxicos no Brasil.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evidências científicas sobre os impactos do uso intensivo de agrotóxicos no Brasil.....	31
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA.....	13
3 OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
4.1 IMPACTOS DOS AGROTÓXICOS NO MEIO AMBIENTE	15
4.2 CONSEQUÊNCIAS DO USO DE AGROTÓXICOS NA SAÚDE DA POPULAÇÃO.....	18
4.3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS COMO SOLUÇÕES PARA O USO CONSCIENTE DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS.....	25
4.4 PRESENÇA DE AGROTÓXICOS NOS ALIMENTOS CONSUMIDOS E SEUS EFEITOS NA SAÚDE DA POPULAÇÃO BRASILEIRA.....	27
5 METODOLOGIA	29
5.1 MODALIDADE DE PESQUISA.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
7 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, também chamados de pesticidas, são compostos químicos utilizados para combater pragas e doenças em ambientes agrícolas e urbanos. Seu uso intensivo tem crescido devido à busca por maior produtividade, sendo aplicado tanto em lavouras quanto em áreas urbanas para controle de vetores e manutenção de espaços públicos (Mostafalou; Abdollahi, 2017; INCA, 2022).

Desde 2008, o Brasil ocupa a posição de maior consumidor de agrotóxicos no cenário global, segundo dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Estima-se que cerca de 15% dos alimentos consumidos pela população apresentem resíduos desses produtos (FIOCRUZ, 2021).

Os impactos ambientais são amplos e incluem a contaminação do solo, dos recursos hídricos e da atmosfera, com resíduos frequentemente encontrados em rios e lençóis freáticos, comprometendo a qualidade da água potável e afetando ecossistemas inteiros (FIOCRUZ, 2021).

Os agrotóxicos são uma das principais causas de intoxicação no Brasil, afetando consumidores e, especialmente, trabalhadores rurais. A exposição pode causar desde efeitos agudos até doenças crônicas, como câncer e distúrbios neurológicos (Caldas, 2016; Sena et al., 2013; Panis et al., 2022).

Estudos epidemiológicos sugerem ainda uma correlação entre a exposição prolongada a pesticidas e o desenvolvimento de transtornos mentais, como depressão e ansiedade, aumentando a taxa de suicídio entre trabalhadores rurais (HAGEN et al., 2019; KAMARUZAMAN et al., 2020).

A manipulação inadequada dos agrotóxicos pelos trabalhadores rurais agrava esse cenário, uma vez que muitos não possuem treinamento adequado nem utilizam equipamentos de proteção individual. Esse tipo de exposição ocupacional está associado a doenças crônicas, incluindo câncer de mama em mulheres, além de distúrbios hormonais e neurológicos (SILVA et al., 2022; BELO et al., 2012).

No cenário econômico, o Brasil destaca-se como o maior mercado

mundial de agrotóxicos e um dos principais exportadores de *commodities* agrícolas, como soja e milho. Em 2021, atingiu um recorde com a exportação de 91 milhões de toneladas de soja. Esse crescimento está diretamente ligado à expansão da fronteira agrícola, que entre 2010 e 2020 aumentou 27,6% em área cultivada, enquanto o volume de agrotóxicos comercializados cresceu 78,3%, evidenciando a intensificação do uso dessas substâncias (Cunha; Pimentel, 2024; CONAB, 2024; Hess; Nodari, 2021).

2. JUSTIFICATIVA

O uso intensivo de agrotóxicos no Brasil constitui uma problemática de grande relevância científica, social e ambiental. O país é o maior consumidor mundial dessas substâncias, o que eleva os riscos à saúde humana, à segurança alimentar e à contaminação do meio ambiente.

A Química Ambiental desempenha papel fundamental nesse contexto, permitindo compreender os mecanismos de ação dos agrotóxicos, sua degradação, dispersão e potencial de bioacumulação, além de possibilitar o desenvolvimento de tecnologias de monitoramento e remediação (MARTINS; SILVA, 2020).

A flexibilização das políticas regulatórias brasileiras, que facilita o registro de novos ingredientes ativos sem avaliações toxicológicas e ambientais completas, evidencia a necessidade de abordagens interdisciplinares. Tais abordagens devem articular conhecimentos químicos, toxicológicos, sanitários e sociais (ARAÚJO; SIQUEIRA, 2021).

Diante desse cenário, o estudo busca refletir sobre práticas agroecológicas, manejo integrado de pragas e políticas públicas voltadas à proteção da saúde coletiva. A integração entre ciência e responsabilidade social ressalta o papel da Química como agente transformador na construção de um futuro ambientalmente equilibrado (GONÇALVES; PEREIRA, 2019).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar os impactos do uso intensivo de agrotóxicos na saúde humana e no meio ambiente, com ênfase na exposição ocupacional de trabalhadores rurais e na contaminação dos alimentos consumidos pela população brasileira.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as consequências ambientais do uso intensivo de agrotóxicos no Brasil, considerando a contaminação do solo, da água e da atmosfera;
- Investigar os principais riscos à saúde associados à manipulação inadequada de agrotóxicos por trabalhadores rurais, incluindo doenças crônicas e câncer de mama em mulheres;
- Examinar a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos consumidos pela população e seus possíveis efeitos à saúde pública.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. IMPACTOS DOS AGROTÓXICOS NO MEIO AMBIENTE

O uso intensivo de agrotóxicos no Brasil constitui um dos principais desafios para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental. Esse fenômeno está diretamente vinculado ao modelo do agronegócio, que combina práticas modernas de alta produtividade com características arcaicas que aprofundam desigualdades sociais e ambientais (Bombardi, 2012.; Daia Firmiano et al., 2024). Essa dualidade demonstra que, ao mesmo tempo em que promove ganhos econômicos, o setor perpetua impactos negativos sobre trabalhadores, comunidades e ecossistemas.

O Brasil lidera a produção agrícola mundial devido à vasta extensão territorial, biodiversidade e avanços tecnológicos (SOUZA JUNIOR; MARCIAL; ROBERTO, 2019). O uso intensivo de agroquímicos, característico da “Revolução Verde”, aumentou a produtividade, mas trouxe impactos à saúde pública, exigindo monitoramento e políticas de mitigação (RIGOTTO; VASCONCELOS; ROCHA, 2014).

No país, a modernização da agricultura proporcionou avanços significativos no cultivo de grãos, como milho e soja, promovendo um uso mais eficiente do solo. Esse processo contribuiu para a redução do custo médio dos alimentos e trouxe benefícios à população (EMBRAPA, 2025). No entanto, os impactos negativos dos agroquímicos estão frequentemente associados ao uso inadequado dessas substâncias, agravados por práticas pouco éticas de alguns profissionais do setor.

Os impactos ambientais envolvem alterações no meio ambiente causadas por ações humanas, afetando recursos naturais, saúde e bem-estar. O uso de agrotóxicos contribui para a contaminação de solos, águas e organismos vivos, inclusive da chuva. Essas substâncias representam riscos à saúde humana e comprometem ecossistemas que dependem da qualidade hídrica (Santos, 2025).

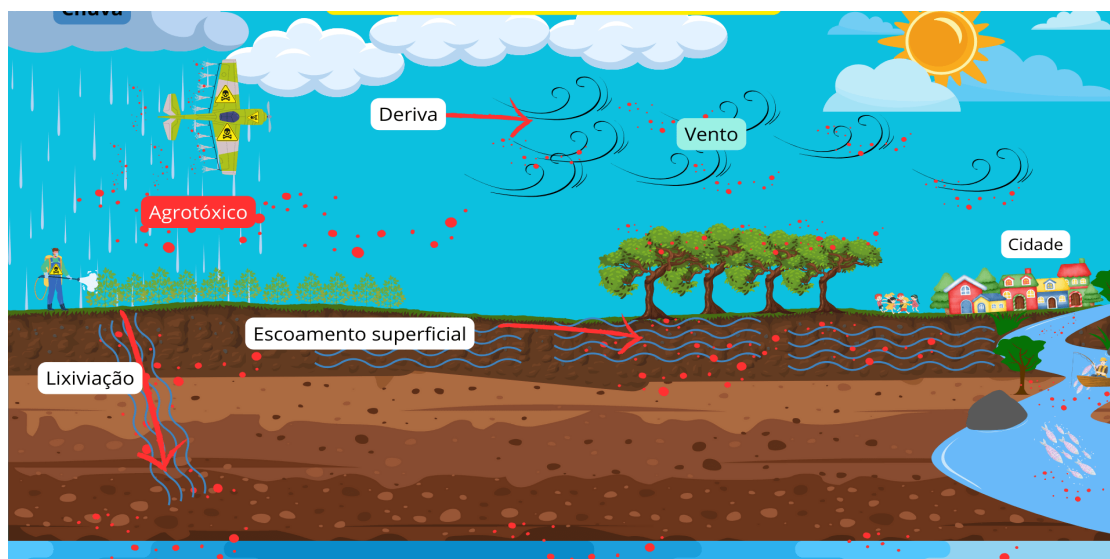
Parte dos agrotóxicos aplicados atinge os organismos-alvo, mas grande parte se dispersa no solo, água e ar, sofrendo processos de sorção, degradação e

transporte. Essa dinâmica pode causar perdas, novas pragas e tornar ambientes e pessoas vulneráveis à contaminação (BOTELHO et al., 2020).

A água, um dos recursos mais afetados por poluentes, entra em contato com substâncias orgânicas e inorgânicas oriundas de atividades humanas. Poluentes inorgânicos incluem nitratos, fosfatos e metais pesados, resultantes da agricultura, da indústria, da mineração, do uso de fertilizantes, de fármacos e das operações de termelétricas (KIST STEFFEN et al., 2011). Já os compostos orgânicos podem derivar de lodos de estações de tratamento de efluentes, processos petroquímicos e pesticidas (CARVALHO et al., 2015).

A poluição hídrica causada por agrotóxicos inicia-se na contaminação do solo. Processos como infiltração, lixiviação, bioacumulação, biomagnificação e difusão permitem que essas substâncias atinjam corpos d'água. Os agrotóxicos podem ainda ser transportados por correntes de água ou aderir a organismos aquáticos, ampliando sua dispersão no ambiente. A volatilização permite que retornem à atmosfera na forma de moléculas inorgânicas, evidenciando a interação complexa entre água, sedimentos e substâncias químicas, conforme ilustrado na Figura 1 (Correia, 2018).

Figura 1– Poluição ambiental por agrotóxicos.



Fonte: Imagem ilustrativa adaptada para fins educacionais.

Portanto, a lixiviação e percolação de agrotóxicos até fontes de abastecimento público representam riscos significativos à saúde humana. Dependendo da concentração dos poluentes, diversos problemas podem ocorrer. Por isso, torna-se fundamental realizar análises frequentes e garantir o tratamento adequado da água antes de sua distribuição, assegurando a qualidade e segurança para o consumo humano (MENEZES et al., 2021).

4.2. CONSEQUÊNCIAS DO USO DE AGROTÓXICOS NA SAÚDE DA POPULAÇÃO

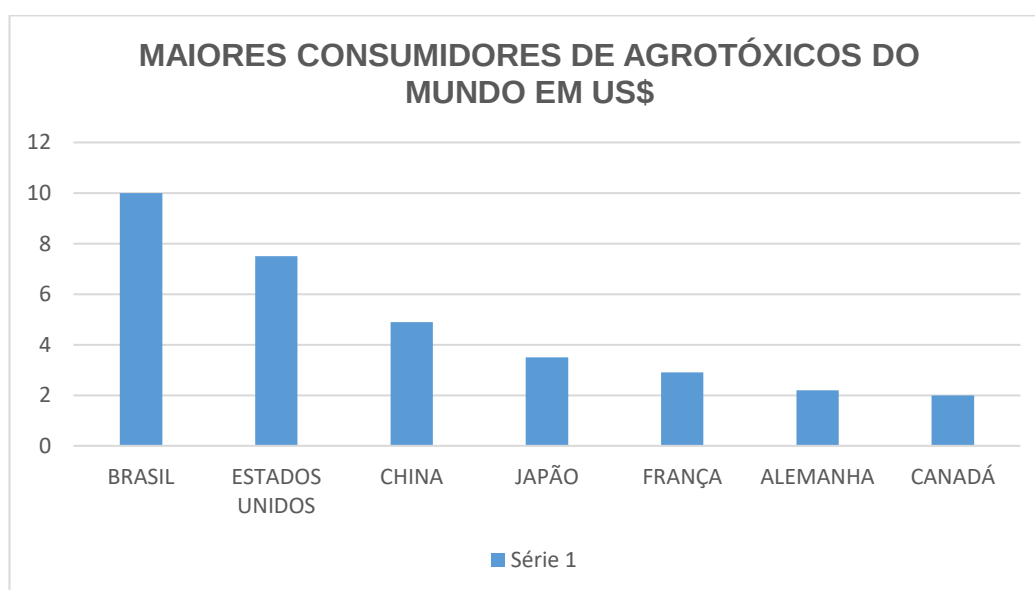
A exposição a agrotóxicos ocorre em diversos setores, sendo mais intensa na agricultura, pecuária e controle de pragas. Além dos trabalhadores, moradores próximos às áreas de aplicação também são vulneráveis à contaminação do ar, solo e água (VASCONCELOS et al., 2020).

A exposição crônica a agrotóxicos requer atenção, pois estudos indicam associação com diversas doenças, incluindo Alzheimer, Parkinson, câncer, distúrbios hormonais e infertilidade. Os efeitos adversos podem levar meses ou anos para se manifestar, dificultando o diagnóstico precoce, o acesso a tratamentos adequados e

a implementação de medidas preventivas (SANTOS; LIMA, 2019; BOTELHO et al., 2020).

O Brasil ocupa a liderança mundial no consumo de agrotóxicos, como mostra no Gráfico 1, tendo destaque para o cultivo de soja, milho e cana-de-açúcar, que concentram a maior parte da aplicação dessas substâncias. Entre os pesticidas mais utilizados no país, destacam-se glifosato, clorpirifós, 2,4-D, atrazina e óleo mineral, empregados principalmente como herbicidas, inseticidas e adjuvantes nas lavouras de grande escala (PIGNATI et al., 2017).

Gráfico 1 – Brasil como líder mundial no consumo de agrotóxicos.

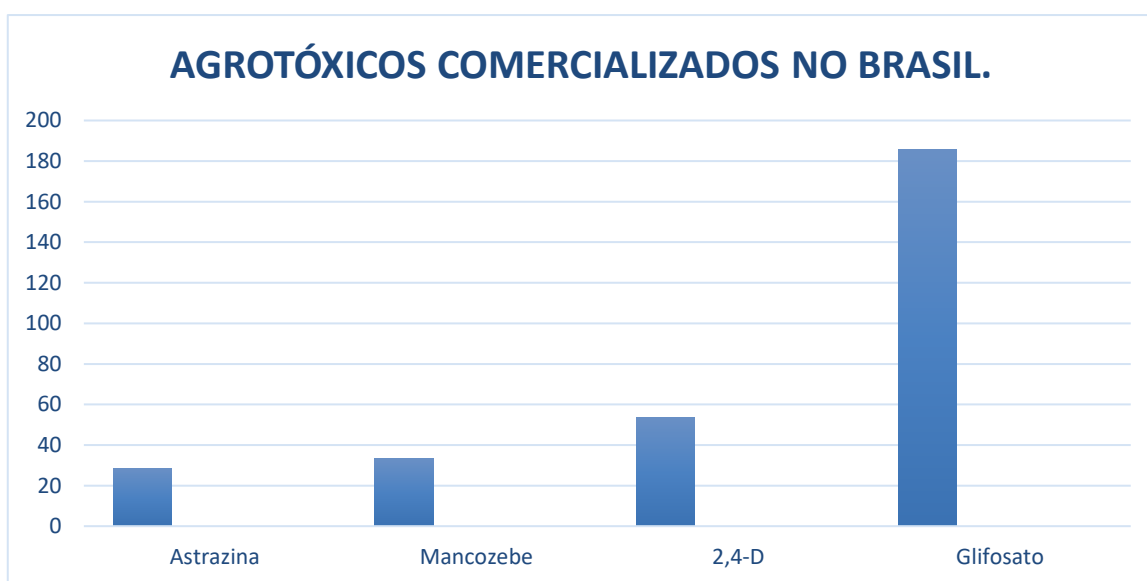


Fonte: FAO/consultoria Philips Mc Dougall/UNESP/ANDEF, (2019).

Segundo levantamento da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Brasil consome agrotóxicos que já foram proibidos em outros países. Entre os 50 produtos mais utilizados nas lavouras nacionais, 22 possuem ingredientes ativos banidos pela União Europeia, evidenciando a permissividade regulatória brasileira frente aos padrões internacionais de segurança toxicológica (WEIS et al., 2019).

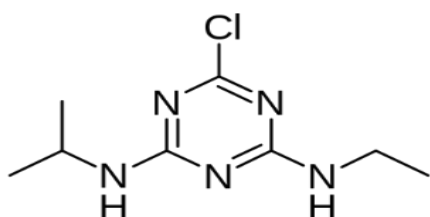
O glifosato, considerado o agrotóxico mais utilizado no Brasil, conforme mostra no Gráfico 2, apresenta evidências de riscos à saúde humana e animal. Estudos indicam que a exposição ao glifosato aumenta o risco de linfoma não-Hodgkin (GUYTON et al., 2015) e pode provocar alterações genéticas significativas, como quebras de fita dupla no DNA e aberrações cromossômicas em células humanas (KNASMÜLLER, 2020). Embora seja necessário ampliar o número de pesquisas sobre esses compostos, muitos estudos já apresentam dados consistentes sobre seus riscos à saúde.

Gráfico 2 – (A) Agrotóxicos mais utilizados no Brasil e (B) respectiva estrutura química.

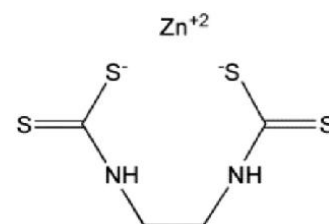
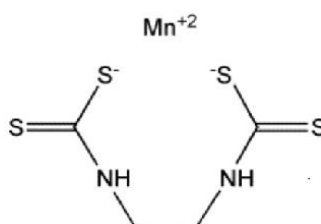


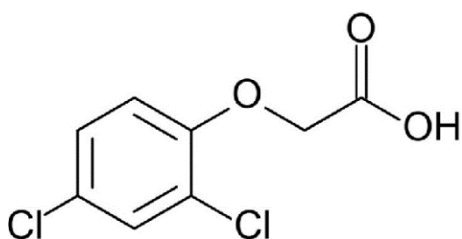
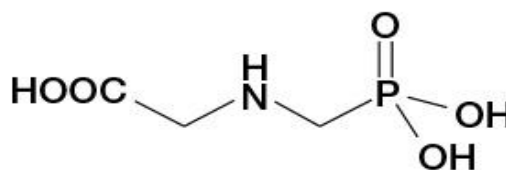
Fonte: United States Environmental Protection Agency (2020).

Astrazina



Mancozebe



2,4 D**Glifosato**

O câncer é caracterizado pelo crescimento desordenado de células anormais, resultante de mutações genéticas progressivas que comprometem a regulação do ciclo celular. Essas alterações afetam genes responsáveis pelo controle da divisão celular, conferindo às células a capacidade de se multiplicar de maneira desordenada e invadir tecidos adjacentes (INCA, 2020).

A perda do controle celular pode ocorrer devido a predisposições genéticas herdadas ou à exposição a fatores ambientais de risco, incluindo agentes químicos, físicos ou biológicos. Esses elementos podem alterar o funcionamento dos genes, favorecendo o acúmulo de mutações e o desenvolvimento da doença (INCA, 2020).

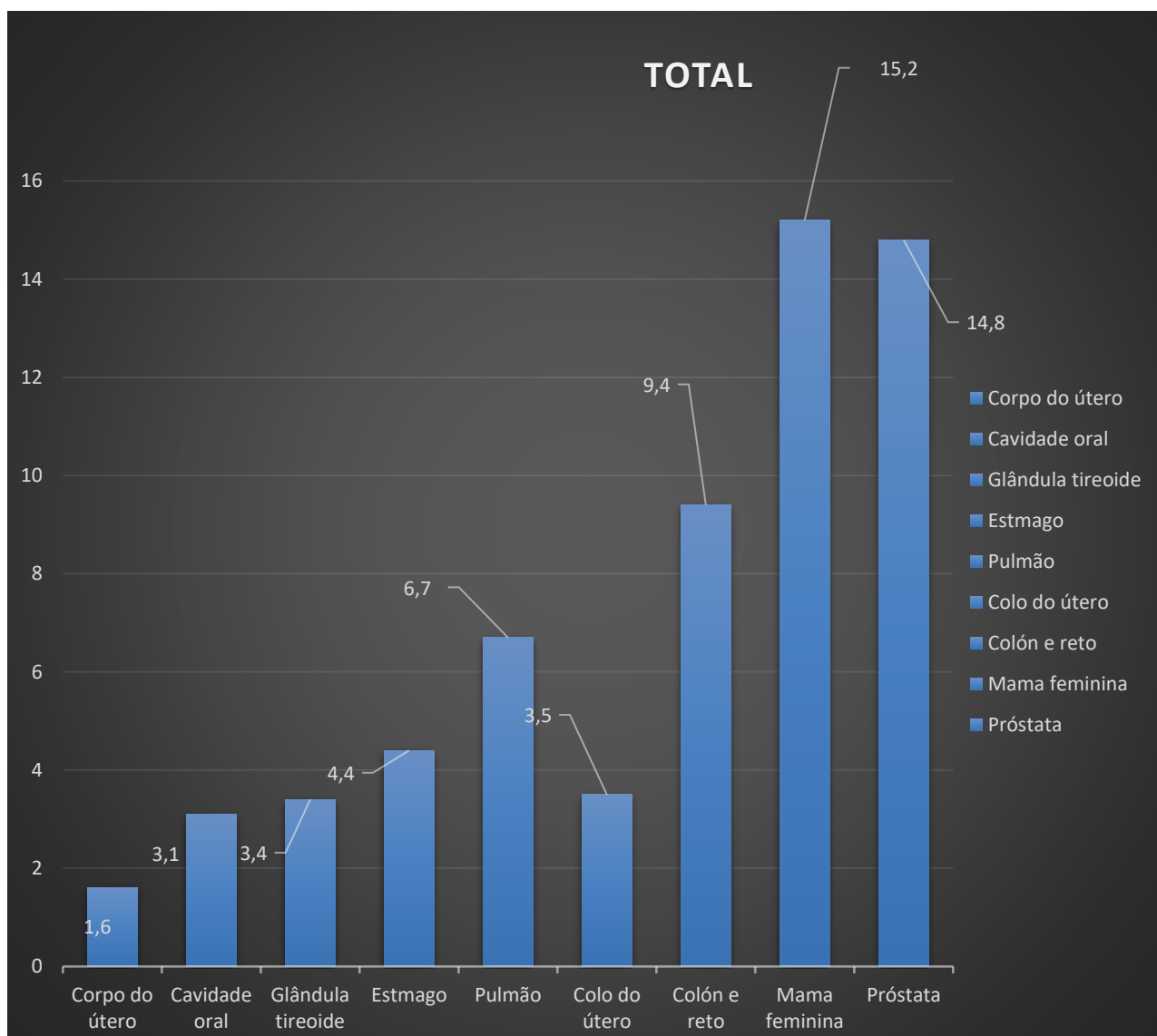
Entre os dez tipos de câncer mais frequentes em homens e mulheres no Brasil, alguns estão associados à exposição a fatores ambientais de risco, incluindo agentes biológicos, como vírus, bactérias e parasitas; agentes físicos, como radiações; e substâncias químicas, como determinados medicamentos, benzeno, amianto e agrotóxicos (INCA, 2020). No Gráfico 3, feito com base em dados do Instituto Nacional do Câncer, mostra as taxas de incidências dos diferentes tipos de câncer entre mulheres e homens.

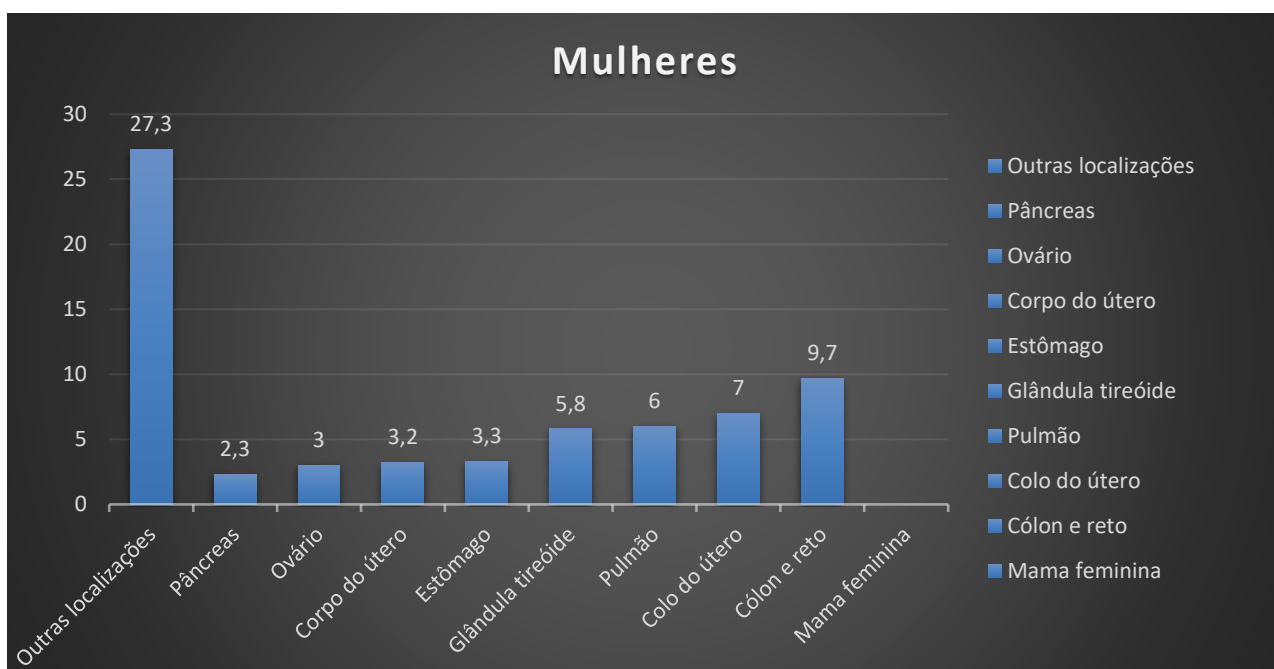
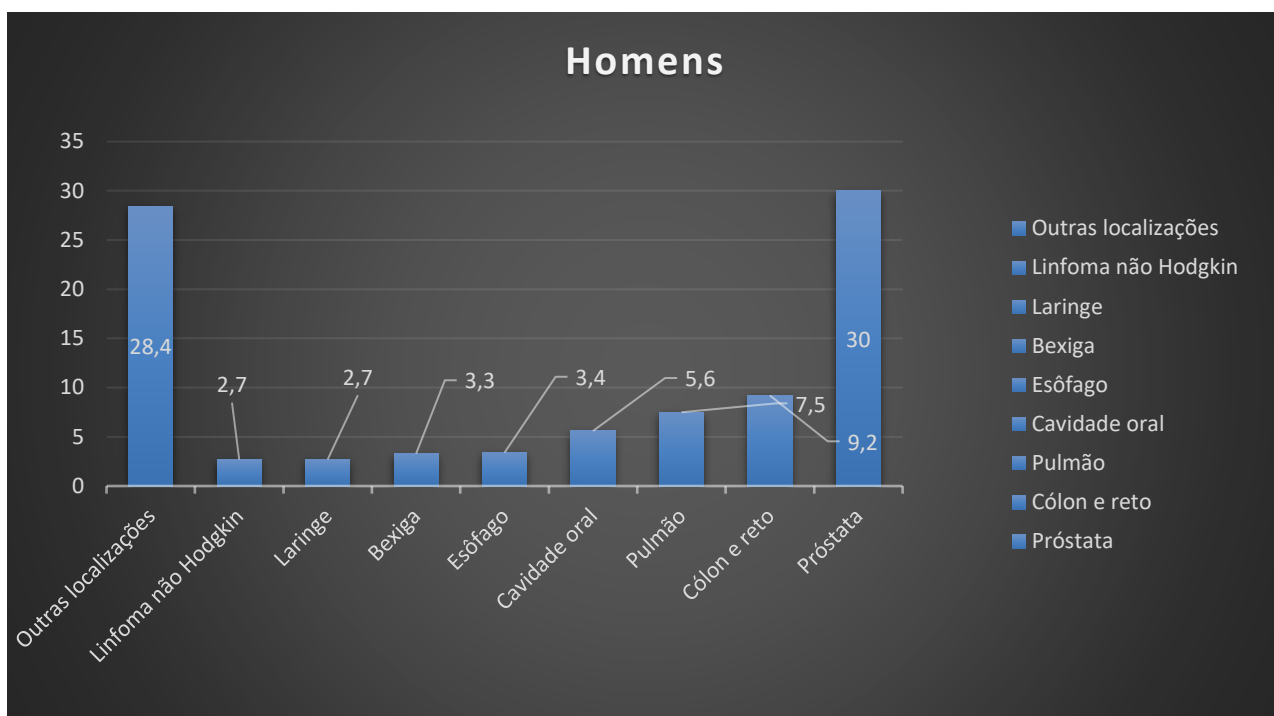
Herbicidas como o glifosato e inseticidas como a malationa e a diazinona foram classificados como potenciais carcinógenos para humanos (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISA SOBRE O CÂNCER, 2015). Estudos epidemiológicos, metanálises e revisões sistemáticas reforçam a associação entre exposição a agrotóxicos e o desenvolvimento de câncer (COX; RODRIGUES, 2020).

As evidências indicam uma associação significativa entre a exposição a agrotóxicos e o desenvolvimento de diferentes tipos de câncer em adultos e crianças,

incluindo linfoma não-Hodgkin, leucemias, câncer de mama, próstata, bexiga e cérebro (COX; RODRIGUES, 2020).

Gráfico 3 – Estimativas de 2020 das taxas de incidência de câncer no Brasil, por tipo de localização primária (excluindo câncer de pele não melanoma), segmentadas por sexo.





Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA, 2019).

Nos últimos anos, observa-se um aumento expressivo da participação feminina nas atividades produtivas agrícolas, o que as torna mais vulneráveis à intoxicação e a outros agravos decorrentes da exposição aos agrotóxicos. Dados oficiais mostram crescimento contínuo no número de casos notificados: somente em 2018, foram registrados no Brasil 796 episódios de intoxicação envolvendo mulheres (BRASIL, 2018).

Pesquisas apontam que trabalhadoras expostas a pesticidas frequentemente apresentam sintomas como dores de cabeça, tonturas, vômitos, vertigens e irritação ocular e cutânea (RODRIGUES et al., 2018). Além disso, há relatos de distúrbios mais graves, incluindo insônia, anemia, alterações hormonais, comprometimento imunológico, câncer, infertilidade, malformações congênitas, abortos, menopausa precoce, morte fetal e parto prematuro (MATOS, 2019; PERTILE et al., 2018), sendo estes últimos riscos intensificados pela exposição materna durante a gestação (RODRIGUES et al., 2018).

Nos últimos 20 anos, o número de casos de câncer praticamente dobrou, passando de cerca de 10 milhões para aproximadamente 20 milhões em todo o mundo (OMS, 2021). Paralelamente, nas últimas três décadas, o uso de agrotóxicos apresentou um crescimento expressivo de cerca de 80%, impactando especialmente os trabalhadores rurais, que fazem uso intensivo dessas substâncias no manejo da produção agrícola (TYGEL et al., 2022).

Pesquisas apontam que inseticidas organofosforados, como malationa e diazinona, apresentam associação significativa com o câncer de mama, especialmente em mulheres pós-menopausa. Além disso, a exposição ao clorpirifós pode elevar em até três vezes o risco da doença, reforçando o potencial carcinogênico desse grupo químico (LERRO et al., 2015; ENGEL et al., 2017; TAYOUR et al., 2019).

Diante do aumento da representatividade feminina no meio rural e da ausência de ações efetivas de prevenção e conscientização voltadas a essa população, torna-se essencial desenvolver estratégias de educação em saúde que visem reduzir os riscos da exposição aos agrotóxicos. Nesse cenário, destaca-se a relevância dos profissionais de enfermagem na promoção de orientações, divulgação de informações e oferta de suporte assistencial às agricultoras (MATOS, 2019; RODRIGUES et al., 2018).

Logo, a exposição a agrotóxicos no Brasil, especialmente em ambientes ocupacionais e rurais, representa um sério risco à saúde, com impactos como doenças crônicas e câncer. Diante do uso intensivo de substâncias perigosas, é urgente fortalecer a regulamentação e implementar medidas de proteção à população (CARNEIRO et al., 2015).

4.3. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS COMO SOLUÇÕES PARA O USO CONSCIENTE DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

No Brasil, a classificação toxicológica dos agrotóxicos é regulamentada pelo Ministério da Saúde e utiliza um sistema de cores que facilita a identificação do nível de risco. Produtos da faixa vermelha são extremamente tóxicos, enquanto os da amarela apresentam alta toxicidade. Já as faixas azul e verde correspondem a níveis moderado e baixo, exigindo precauções proporcionais. Esse modelo orienta o manuseio seguro e contribui para a proteção da saúde pública e do meio ambiente (FRIEDRICH et al., 2021), conforme mostra na Figura 3.

Figura 3 – Classificação toxicológica dos agrotóxicos no Brasil.

Classe toxicológica	Toxicidade	DL50 (mg/Kg)	Faixa colorida
I	Extremamente tóxico	≤ 5	Vermelha
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50	Amarela
III	Mediamente tóxico	Entre 50 e 500	Azul
IV	Pouco tóxico	Entre 500 e 5.000	Verde

Fonte: PERES E MOREIRA, 2003.

Destarte, é importante destacar que a redução dos agrotóxicos é possível sem comprometer a produtividade agrícola. Um exemplo notável é o caso da Dinamarca, que em 1985 diminuiu em 50% o uso de agrotóxicos sem afetar a produtividade dos cultivos (CASTRO et al., 2019).

Dessa maneira, a agroecologia surge como uma abordagem importante para o desenvolvimento sustentável da agricultura, promovendo o uso racional dos agrotóxicos e a saúde. A Agricultura de Precisão também é uma ferramenta relevante, pois além de integrar novas tecnologias, utiliza métodos que equilibram a flora e a fauna locais (CASTRO et al., 2019).

Outra alternativa são os biopesticidas, que são produtos naturais ou derivados de microrganismos usados para controlar invertebrados de forma seletiva, minimizando impactos à fauna não alvo. Eles atuam por meio de microrganismos,

biomoléculas e semioquímicos, sendo eficazes em baixas concentrações. Sua rápida degradação reduz o tempo de exposição ambiental. Essa abordagem representa uma alternativa sustentável aos pesticidas convencionais (United States Environmental Protection Agency, 2020).

E, ainda, as Estações Agrometeorológicas, que fornecem dados sobre velocidade do vento, umidade do ar e temperatura, auxiliam os produtores na tomada de decisões para o uso racional dos agrotóxicos (MOURA et al., 2020).

Assim, com o avanço tecnológico e a expansão das práticas agroecológicas, torna-se possível consolidar uma agricultura sustentável e menos dependente de químicos. O uso de drones, softwares de mapeamento, biopesticidas e dados agrometeorológicos reforça a possibilidade de unir produtividade e preservação ambiental, promovendo equilíbrio ecológico e saúde pública (CASTRO et al., 2019; MOURA et al., 2020).

4.4. PRESENÇA DE AGROTÓXICOS NOS ALIMENTOS CONSUMIDOS E SEUS EFEITOS NA SAÚDE DA POPULAÇÃO BRASILEIRA

O Brasil está entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, resultado direto da expansão do agronegócio e do modelo agrícola intensivo. Segundo o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC), 12 dos 24 alimentos ultraprocessados analisados em 2024 apresentaram resíduos de agrotóxicos, com glifosato em quase metade das amostras (IDEC, 2024, p. 12). Isso demonstra que a contaminação vai além das frutas e hortaliças, atingindo também produtos industrializados amplamente consumidos.

Firmiano et al. (2024) apontam que entre 2019 e 2023 foram aprovados mais de dois mil novos registros de agrotóxicos no Brasil. Essa liberação acelerada tem sido criticada por entidades científicas e sociais, devido ao aumento da exposição da população a substâncias tóxicas. Em 2022, foram comercializadas cerca de 800

mil toneladas de ingredientes ativos, consolidando o país como líder mundial no consumo desses produtos (Firmiano et al., 2024, p. 62).

Estudos da ANVISA, por meio do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), indicam que cerca de um terço dos alimentos avaliados apresenta resíduos de pesticidas. É comum encontrar substâncias não autorizadas ou em concentrações acima dos limites permitidos, especialmente em culturas como pimentão, morango e tomate (Passos; Reis, 2013).

Além dos alimentos in natura, produtos industrializados também apresentam contaminação. O IDEC (2024) identificou resíduos de glifosato em itens como biscoitos, macarrão instantâneo e hambúrgueres vegetais. A ingestão prolongada desses compostos pode causar distúrbios neurológicos, hormonais e imunológicos, conforme estudos revisados por Passos e Reis (2013).

Outro fator preocupante é a bioacumulação e biomagnificação de agrotóxicos na cadeia alimentar. Lopes (2017) alerta que mesmo pequenas doses, quando ingeridas repetidamente, podem provocar efeitos tóxicos duradouros. Essa situação é especialmente crítica para grupos vulneráveis, como crianças, gestantes e trabalhadores rurais expostos diretamente durante a aplicação.

A legislação brasileira, por meio da Lei nº 7.802/1989 e do Decreto nº 4.074/2002, estabelece normas para o uso e fiscalização dos agrotóxicos. Os órgãos responsáveis, como ANVISA, MAPA e MMA, definem os limites máximos de resíduos e avaliam a toxicidade dos produtos. No entanto, segundo Firmiano et al. (2024), a fiscalização é insuficiente e sofre pressão de setores econômicos pela flexibilização regulatória.

Para enfrentar esses desafios, pesquisadores recomendam o fortalecimento de programas como o PARA e o PNCRC. Também destacam a importância das Boas Práticas Agrícolas (BPA) e do investimento em alternativas menos tóxicas. Estratégias como manejo integrado de pragas, rotação de culturas e desenvolvimento de cultivares resistentes podem reduzir a dependência de defensivos químicos (Passos; Reis, 2013; Lopes, 2017).

Em síntese, a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos representa um grave problema de saúde pública. Embora contribuam para a produtividade agrícola, seu uso indiscriminado compromete a segurança alimentar e ambiental. A aplicação rigorosa da legislação, aliada a políticas públicas eficazes, é essencial para proteger a saúde da população brasileira (IDEC, 2024; Firmiano et al., 2024).

5. METODOLOGIA

5.1 MODALIDADE DE PESQUISA

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica, com foco no uso de agrotóxicos no Brasil, seus impactos ambientais e à saúde humana, e na atuação da Química Ambiental na identificação, monitoramento e remediação dessas substâncias. A escolha da revisão bibliográfica se justifica pela necessidade de analisar criticamente informações já publicadas, sistematizando conhecimentos científicos, sociais e regulatórios sobre o tema (GIL, 2019).

A pesquisa foi conduzida em bases de dados científicas como Scielo, Google Acadêmico e plataforma Cafe, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, como “agrotóxicos”, “poluição hídrica”, “Química Ambiental”, “bioacumulação”, “contaminação alimentar” e “sustentabilidade agrícola”. Foram selecionados artigos, livros e capítulos de livros, priorizando publicações recentes (últimos 10 anos) e estudos específicos do contexto brasileiro (MARTINS; SILVA, 2020; ARAÚJO; SIQUEIRA, 2021).

Os dados coletados foram organizados e analisados qualitativamente, permitindo identificar os efeitos tóxicos e persistentes dos agrotóxicos, os mecanismos de degradação, a dispersão ambiental e as estratégias de mitigação. Essa abordagem possibilitou integrar informações de química, toxicologia, políticas públicas e práticas agroecológicas, refletindo sobre alternativas mais sustentáveis ao modelo agrícola vigente (GONÇALVES; PEREIRA, 2019).

A metodologia adotada assegura que o estudo seja relevante, confiável e contextualizado, fornecendo subsídios científicos para discussões sobre sustentabilidade, manejo integrado de pragas e políticas públicas voltadas à proteção

da saúde coletiva e do meio ambiente.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos artigos selecionados evidência que o uso intensivo de agrotóxicos no Brasil gera impactos ambientais, riscos ocupacionais e efeitos à saúde pública. No meio ambiente, os pesticidas contaminam solos e recursos hídricos, alteram a microbiota do solo e reduzem a biodiversidade, incluindo polinizadores e organismos não-alvo (RIBEIRO et al., 2022; MONTEIRO & DIAS JÚNIOR, 2024; DUTRA & SOUZA, s.d.; GHELFI et al., 2024).

Entre os trabalhadores rurais, a exposição direta provoca intoxicações agudas e doenças crônicas, como câncer e disfunções renais e endócrinas. Fatores como baixa adesão a Equipamentos de Proteção Individuais (EPIs) e fiscalização insuficiente aumentam os riscos, reforçando a necessidade de alternativas seguras, como agroecologia e manejo integrado de pragas (LOPES, s.d.; SANTANA et al., 2024; MESCKA et al., 2022).

Quanto aos alimentos e à saúde pública, resíduos de agrotóxicos persistentes atingem frutas, verduras e grãos, expondo a população urbana a bioacumulação, desregulação endócrina e maior risco de doenças graves (ARAÚJO FROTA & SIQUEIRA, 2021; RIBEIRO et al., 2022; BOMBARDI, 2012).

As políticas regulatórias e a responsabilidade social ainda são insuficientes, com flexibilização das normas e falta de campanhas educativas, o que reforça a necessidade de medidas integradas de controle e conscientização (MONTEIRO & DIAS JÚNIOR, 2024; DAIA FIRMIANO et al., 2024; SARPA & FRIEDRICH, 2022).

Em síntese, a análise desses artigos está organizada na Tabela 1, facilitando a visualização dos impactos por eixo temático.

Tabela 1 – Evidências científicas sobre os impactos do uso intensivo de agrotóxicos no Brasil.

Tema	Subtemas	Resumo	Referências
Impactos Ambientais	Contaminação do solo	Lixiviação de pesticidas persistentes, alteração da microbiota edáfica, redução da fertilidade natural e degradação físico-química do solo.	Ribeiro et al. (2022); Monteiro e Dias Júnior (2024); Fortes Braibante e Zappe (2012)
	Recursos Hídricos	Resíduos de agrotóxicos detectados em lençóis freáticos e mananciais, poluição de rios e lagos por deriva e escoamento superficial, comprometendo abastecimento humano e vida aquática.	Vitoria Rodrigues et al. (2024); Daia Firmiano et al. (2024); Bombardi (2012)
	Biodiversidade	Redução de polinizadores, mortalidade de organismos não alvo, bioacumulação em cadeias tróficas e perda de serviços ecossistêmicos essenciais.	Dutra e Souza (2017); Ghelfi et al. (2024)
Riscos ocupacionais	Exposição direta	Intoxicações agudas por contato com a pele ou inalação durante aplicação; maior incidência de câncer, distúrbios renais e endócrinos em trabalhadores rurais.	Lopes (2018); Bombardi (2012); Silva et al. (2022)
	Condições de trabalho	Baixa adesão ao uso de EPIs por custo, desconforto ou desconhecimento; falta de fiscalização em propriedades agrícolas.	Santana et al. (2024); Costa et al. (2017); Dutra e Souza (2017).

Resíduos em Alimentos e Saúde Pública	Alternativas seguras	Agroecologia e manejo integrado de pragas como estratégias eficazes para reduzir riscos ocupacionais e ambientais.	Mescka et al. (2022); Lima Wroblewski et al. (2024); Fortes Braibante e Zappe (2012)
	Contaminação de alimentos	Resíduos de pesticidas resistentes à lavagem presentes em frutas, verduras e grãos, atingindo consumidores urbanos.	Araújo Frota e Siqueira (2021); Dutra e Souza (2017).
	Efeitos crônicos	Ingestão prolongada associada a bioacumulação, desregulação endócrina, danos neurológicos e risco aumentado de câncer.	Ribeiro et al. (2022); Bombardi (2012); Rigotto et al. (2014)
	Registro e fiscalização	Flexibilização recente das normas de registro de agrotóxicos, permitindo substâncias mais tóxicas; necessidade de regulamentação mais rigorosa e programas de monitoramento de resíduos.	Monteiro e Dias Júnior (2024); Passos e Reis, (2020); Sarpa e Friedrich (2022)
Políticas regulatórias	Responsabilidade social	Falta de campanhas educativas amplas e incentivo governamental insuficiente para práticas agrícolas sustentáveis.	Daia Firmiano et al. (2024); Ghelfi et al. (2024)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor, com base nos artigos analisados.

6.1. AS CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DO USO INTENSIVO DE AGROTÓXICOS: UMA ANÁLISE APROFUNDADA DA CONTAMINAÇÃO

A primeira parte da análise, voltada para os efeitos ambientais, mostra uma situação preocupante e complexa de contaminação que afeta diferentes áreas do meio ambiente.

Os estudos de Ribeiro et al. (2022) e Monteiro & Dias Júnior (2024) detalham como a aplicação massiva de agrotóxicos resulta na infiltração desses químicos no solo, um processo técnico conhecido como lixiviação. Esse fenômeno é o ponto de partida de uma cadeia de contaminação que afeta diretamente os lençóis freáticos, principais fontes de água potável para grande parte da população rural e urbana. Essa contaminação subterrânea é insidiosa, pois é difícil de detectar e ainda mais difícil de reverter, comprometendo a qualidade da água por décadas.

Além disso, a contaminação não se restringe ao subsolo. Ela também afeta rios, lagos e outros corpos d'água superficiais, ameaçando a biodiversidade aquática de maneira irreversível e tornando a água imprópria para o consumo e o uso recreativo.

A pesquisa de Vitoria Rodrigues et al. (2024) ressalta a importância da contaminação atmosférica. Durante a pulverização, especialmente a aérea, as partículas de agrotóxicos podem ser levadas pelo vento a grandes distâncias, um fenômeno conhecido como “deriva”. Isso faz com que os agrotóxicos ultrapassem as fronteiras das lavouras, atingindo áreas urbanas, comunidades vizinhas e até mesmo ecossistemas protegidos.

A poluição do ar gerada pela deriva não só compromete a saúde humana e animal nas proximidades, mas também deposita resíduos tóxicos em locais não-alvo, alterando ecossistemas delicados.

A persistência desses compostos no ambiente é uma questão central. Fortes Braibante & Zappe (2012) complementam essa visão ao explicar a química por trás dessa permanência. Eles mostram como muitos agrotóxicos têm estruturas

moleculares altamente estáveis e resistentes à degradação por microrganismos e processos naturais.

Essa resistência faz com que os compostos permaneçam no ambiente por longos períodos, acumulando-se ao longo do tempo em solos e sedimentos. Esse acúmulo impacta a saúde do solo, alterando sua composição microbiológica e sua fertilidade.

A pesquisa de Daia Firmiano et al. (2024) aponta que esse modelo de agricultura predatória leva à degradação contínua do solo, tornando-o dependente de mais insumos químicos para manter a produtividade. Isso cria um ciclo vicioso: a degradação do solo exige mais agrotóxicos, que por sua vez degradam ainda mais o solo.

O impacto na biodiversidade é outra consequência direta do uso de agrotóxicos. O artigo de Ghelfi et al. (2024) reforça essa discussão, mostrando a correlação entre o consumo de agrotóxicos e o aumento do número de espécies ameaçadas nos biomas brasileiros, uma prova incontestável do impacto ecológico direto.

Os agrotóxicos afetam organismos não-alvo, como insetos polinizadores como as abelhas e borboletas, que são essenciais para a reprodução de diversas espécies vegetais, incluindo culturas agrícolas. A morte desses polinizadores ameaça a segurança alimentar e a saúde dos ecossistemas (GHELFI et al, 2024).

Além disso, a bioacumulação de pesticidas na cadeia alimentar atinge predadores de topo, como aves de rapina e mamíferos, que podem sofrer com problemas reprodutivos e de desenvolvimento.

A legislação permissiva no Brasil, conforme discutido por Bombardi (2012) e Dutra & Souza (2017), agrava o cenário, perpetuando o ciclo de danos ambientais. O fato de que o Brasil lidera o consumo global de agrotóxicos desde 2009 (Bombardi, 2012) intensifica todos esses problemas, transformando o país em um laboratório de testes para um modelo agrícola insustentável.

6.2. OS RISCOS OCUPACIONAIS: A EXPOSIÇÃO CRÔNICA E A SAÚDE DOS TRABALHADORES RURAIS

O segundo eixo de análise concentra-se nos riscos diretos para os trabalhadores rurais, elo mais vulnerável da cadeia de produção. Lopes (2018) destaca que a modernização agrícola, impulsionada pela “Revolução Verde”, ocorreu sem o devido avanço humano no meio rural. Essa defasagem expôs parte da população, despreparada e sem assistência técnica, a diversas substâncias químicas potencialmente tóxicas, aumentando os riscos ocupacionais no campo.

Essa realidade é descrita por Bombardi (2012) como uma “epidemia silenciosa e violenta”. Dados do SINITOX mostram 62 mil intoxicações por agrotóxicos de uso agrícola entre 1999 e 2009, uma média de 15,5 casos por dia ou uma ocorrência a cada 90 minutos. Esse cenário evidencia a gravidade da exposição direta e a necessidade de fiscalização mais rigorosa.

Santana et al. (2024) e Silva et al. (2022) documentam que a exposição ocupacional pode gerar intoxicações agudas, com sintomas como náuseas, tonturas, irritações na pele e problemas respiratórios. Mais grave, porém, é a exposição crônica, associada a doenças degenerativas de longo prazo, incluindo diversas formas de câncer e disfunções sistêmicas.

Costa et al. (2017) identificam forte ligação entre o contato prolongado com agrotóxicos e o aumento da incidência de linfoma não Hodgkin, enquanto Dutra e Souza (s.d.) associam essa exposição a problemas renais e ao crescimento dos casos de câncer em áreas rurais e urbanas. Esses achados reforçam a gravidade do risco ocupacional.

Pesquisas de Mescka et al. (2022) e Lima Wroblewski et al. (2024) indicam correlação estatística entre pesticidas e câncer de mama em mulheres trabalhadoras rurais. Muitos agrotóxicos atuam como desreguladores endócrinos, imitando ou bloqueando hormônios e alterando processos biológicos, o que pode levar ao crescimento celular descontrolado.

Essa situação exige políticas mais rígidas de saúde e segurança, com capacitação adequada sobre o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), conforme reforçam Fortes Braibante e Zappe (2012). As intoxicações podem ser significativamente reduzidas com o uso correto de EPIs, prática ainda negligenciada por grande parte do setor agrícola.

Sarpa e Friedrich (2022) propõem a agroecologia como alternativa viável para prevenir doenças relacionadas aos agrotóxicos. Trata-se de um modelo agrícola sustentável que protege o solo, os ecossistemas e, principalmente, a saúde dos trabalhadores. Contudo, a falta de fiscalização e o descumprimento das leis trabalhistas, como aponta Bombardi (2012), perpetuam um sistema que privilegia a produtividade em detrimento da vida humana.

6.3. A PRESENÇA DE RESÍDUOS EM ALIMENTOS: O IMPACTO NA SAÚDE PÚBLICA E A BIOACUMULAÇÃO

A pesquisa evidencia que o problema dos agrotóxicos vai além das áreas rurais, alcançando toda a população brasileira. Araújo Frota e Siqueira (2021) classificam os agrotóxicos como “venenos escondidos na nossa mesa”, destacando o perigo do aumento no uso de pesticidas no país. Desde 2008, o Brasil ocupa o posto de maior consumidor mundial, conforme detalhado por Maciel et al. (2017) e Ribeiro et al. (2022), que apontam a crescente presença de resíduos nos alimentos.

Monteiro e Dias Júnior (2024) confirmam que o aumento na utilização de agrotóxicos pela agricultura e pela população resulta diretamente na presença de resíduos de pesticidas nos alimentos comercializados e consumidos diariamente. Essa realidade compromete a segurança alimentar e representa um risco à saúde pública.

O Brasil, com seus seis biomas, é reconhecido mundialmente pela riqueza de recursos naturais e biodiversidade. No entanto, Ghelfi, Marimon Júnior e Marimon (2024) apontam que há mais de uma década o país lidera a pulverização de

agrotóxicos, lançando milhares de toneladas de substâncias perigosas no ambiente a cada ano. Essa situação é agravada pela flexibilização das políticas de registro de novos produtos, o que, segundo Ribeiro et al. (2022), intensifica os debates sobre os efeitos tóxicos dessas substâncias em seres humanos e no meio ambiente.

Estudos como Passos e Reis (2020) comprovam que frutas, verduras e legumes permanecem contaminados mesmo após lavagem e processamento. Marciel et al. (2017) destacam que a ingestão desses alimentos representa uma via relevante de intoxicação, gerando sérios problemas de saúde pública, como o aumento de doenças renais e casos de câncer. Bombardi (2012) descreve essa realidade como uma "epidemia silenciosa e violenta", que afeta tanto a população rural quanto a urbana.

O consumo contínuo de pequenas doses de agrotóxicos leva ao fenômeno da bioacumulação no corpo humano. Daia Firmiano et al. (2024) e Rigotto et al. (2014) explicam que esses compostos químicos se acumulam nos tecidos adiposos e órgãos ao longo do tempo, podendo provocar disfunções neurológicas e endócrinas, além de aumentar o risco de diversos tipos de câncer. A ingestão crônica pode comprometer o sistema imunológico, afetar o desenvolvimento infantil e reduzir a fertilidade. A exposição silenciosa e diária representa uma ameaça à saúde pública, agravada pela falta de transparência sobre substâncias ainda permitidas no Brasil, muitas já proibidas em outros países (Passos e Reis, 2020).

A relação entre agrotóxicos e saúde pública é complexa e multifacetada. Marciel et al. (2017) apontam que os impactos negativos atingem tanto trabalhadores rurais quanto consumidores urbanos. A intoxicação direta e a ingestão de alimentos contaminados são as principais vias de exposição. Diante disso, torna-se urgente fortalecer a fiscalização e implementar políticas públicas eficazes que priorizem a saúde e a segurança alimentar.

Lopes (2018) propõe uma reflexão essencial: é possível produzir alimentos no Brasil sem o uso de agrotóxicos? A análise de diversos estudos indica que não apenas é possível, mas necessário para garantir a saúde coletiva e a sustentabilidade ambiental.

Daia Firmiano et al. (2024) reforçam essa perspectiva ao destacar a agroecologia como uma alternativa viável ao modelo predatório do agronegócio. A transição para práticas agrícolas mais sustentáveis, que valorizem o solo, os ecossistemas e os trabalhadores, surge como a única solução eficaz para mitigar os riscos da contaminação por agrotóxicos.

7. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu compreender de forma ampla os impactos decorrentes do uso intensivo de agrotóxicos no Brasil, evidenciando as implicações ambientais, os riscos à saúde dos trabalhadores rurais e a contaminação alimentar sob a ótica da saúde pública.

Dessa maneira, a revisão bibliográfica mostrou que o Brasil ocupa posição de destaque no consumo mundial de agrotóxicos, o que acentua problemas como a degradação dos recursos naturais, a bioacumulação de substâncias tóxicas na cadeia alimentar e a exposição ocupacional frequente de agricultores.

Sob esse viés, verificou-se, ainda, que as fragilidades na legislação e nos mecanismos regulatórios favorecem a liberação de novos produtos sem avaliação adequada de seus efeitos, reforçando a necessidade urgente de políticas públicas mais rigorosas e integradas.

Além disso, a Química Ambiental se apresenta como uma ferramenta essencial para compreender os mecanismos de dispersão, persistência e degradação dessas substâncias, subsidiando estratégias de mitigação e alternativas sustentáveis, como o manejo integrado de pragas e práticas agroecológicas.

Assim, este trabalho contribui para a reflexão crítica sobre a necessidade de ações interdisciplinares que envolvam química, toxicologia, saúde pública e sustentabilidade agrícola, de modo a proteger a saúde coletiva e preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISA SOBRE O CÂNCER – IARC.

Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: some organophosphate insecticides and herbicides. Lyon: IARC, v. 112, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. *Relatório sobre*

agrotóxicos e ingredientes ativos proibidos na União Europeia. Brasília, DF: ANVISA, 2019.

AGROTÓXICOS NA ALIMENTAÇÃO. Resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal: impactos na saúde pública. *Revista Brasileira de Segurança Alimentar*, [s.d.].

ARAÚJO FROTA, M. C.; SIQUEIRA, R. M. Venenos escondidos na nossa mesa: o avanço silencioso dos agrotóxicos no Brasil. *Revista de Saúde e Ambiente*, v. 16, n. 2, p. 45–58, 2021.

BELO, M. S. S. P. et al. Uso de agrotóxicos e impactos na saúde: contribuições da vigilância em saúde ambiental e do trabalhador. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 187–196, 2012.

BOMBARDI, L. M. *Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia.* São Paulo: USP, 2012.

BOTELHO, R. G. et al. Dinâmica ambiental dos agrotóxicos: processos de transporte e degradação. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 55, n. 2, p. 89–102, 2020.

BRASIL. *Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002.* Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jan. 2002.

BRASIL. *Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989.* Dispõe sobre agrotóxicos, seus componentes e afins. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 jul. 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN: dados sobre intoxicação por agrotóxicos.* Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2018.

CALDAS, E. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v. 29, n. 1, p. 15–28, 2016.

CARNEIRO, F. F. et al. *Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.* Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, P. F. et al. Compostos orgânicos em águas superficiais: fontes e implicações ambientais. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 345–352, 2015.

CASTRO, A. L. de; SILVA, M. R.; OLIVEIRA, J. P. Redução do uso de agrotóxicos e alternativas sustentáveis na agricultura. *Revista de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 14, n. 3, p. 55-70, 2019.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos, 2024*. Brasília, DF: CONAB, 2024.

COSTA, L. G. et al. Pesticides and lymphomas: a review of epidemiological evidence. *Environmental Research*, v. 156, p. 315–324, 2017.

COX, C.; RODRIGUES, L. A. Exposição a agrotóxicos e câncer: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 45–60, 2020.

CUNHA, M. A.; PIMENTEL, D. B. O mercado de agrotóxicos no Brasil: panorama e desafios. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, p. 1–15, 2024.

DAIA FIRMIANO, M. S. et al. Agricultura intensiva e degradação do solo: impactos do uso de agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 19, n. 1, p. 55–70, 2024.

DUTRA, R. M.; SOUZA, T. F. Impactos ambientais e ocupacionais do uso de agrotóxicos: uma análise crítica da legislação brasileira. *Revista de Direito Ambiental*, [s.d.].

ECODEBATE. Agrotóxicos e seus impactos sistêmicos: uma análise integrada. *EcoDebate*, n. 3.215, 2025. Disponível em: www.ecodebate.com.br. Acesso em: 20 ago. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Agricultura moderna e sustentabilidade no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2025.

ENGEL, L. S. et al. Pesticide use and breast cancer risk among farmers' wives in the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspectives*, v. 125, n. 9, p. 097002, 2017.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. *Agrotóxicos na alimentação e seus impactos à saúde*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2021.

FIRMIANO, M. S. et al. Panorama regulatório e comercial dos agrotóxicos no Brasil: avanços e retrocessos entre 2019 e 2023. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, v. 30, n. 1, p. 55–70, 2024.

FORTES BRAIBANTE, M.; ZAPPE, J. G. Persistência ambiental e toxicidade dos agrotóxicos: implicações para a saúde humana e ecossistemas. *Revista de Ciências Ambientais*, 2012.

FRIEDRICH, K.; FERREIRA, D.; LOPES, M. Classificação toxicológica dos agrotóxicos e implicações para a saúde pública. *Revista Brasileira de Saúde e Ambiente*, v. 16, n. 2, p. 45-58, 2021.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GONÇALVES, R.; PEREIRA, L. *Química ambiental e sustentabilidade: desafios e perspectivas*. São Paulo: Editora UNESP, 2019.

GHELFI, R. et al. Agrotóxicos e biodiversidade: impactos sobre espécies ameaçadas nos biomas brasileiros. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 27, n. 2, p. 88–102, 2024.

GUYTON, K. Z. et al. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology*, v. 16, n. 5, p. 490–491, 2015.

HAGEN, M. et al. Exposure to pesticides and mental health disorders in agricultural workers: a systematic review. *Environmental Research*, v. 175, p. 320–329, 2019.

HESS, F.; NODARI, R. A relação entre expansão agrícola e consumo de agrotóxicos no Brasil. *Revista de Ecologia Aplicada*, v. 19, n. 2, p. 45–62, 2021.

IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. *Agrotóxicos em alimentos ultraprocessados: resultados da análise laboratorial de 2024*. São Paulo: IDEC, 2024.

INCA – Instituto Nacional de Câncer. *Agrotóxicos e saúde: evidências recentes*. Rio de Janeiro: INCA, 2022.

INCA – Instituto Nacional de Câncer. *Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil*. Rio de Janeiro: INCA, 2020.

INCA-Instituto Nacional De Câncer. Distribuição dos casos de câncer por localização anatômica. Brasília: INCA, 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br>. Acesso em: 27 ago. 2025.

KAMARUZAMAN, L. C. R. F. L. et al. Impacto da exposição a agrotóxicos na saúde mental de agricultores do município de Lagarto-SE. *Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente*, v. 9, n. 3, p. 24–38, 2024.

KIST STEFFEN, G. et al. Poluentes inorgânicos em recursos hídricos: uma abordagem integrada. *Revista Ambiente & Água*, v. 6, n. 2, p. 123–135, 2011.

KNASMÜLLER, S. Genotoxic effects of glyphosate: mechanisms and implications. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, v. 61, n. 3, p. 123–134, 2020.

LERRO, C. C. et al. Cancer incidence among pesticide applicators exposed to diazinon in the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspectives*, v. 123, n. 5, p. 444–451, 2015.

LIMA WROBLESCKI, A. C. et al. Exposição a pesticidas e câncer de mama em trabalhadoras rurais: uma análise estatística. *Revista de Saúde Rural*, v. 16, n. 1, p. 45–60, 2024.

LOPES, M. A. Bioacumulação de agrotóxicos na cadeia alimentar: implicações para a saúde humana. *Revista de Toxicologia e Saúde Pública*, v. 9, n. 2, p. 101–115, 2017.

LOPES, C. V. A., & Albuquerque, G. S. C. de. (2018). Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde Em Debate*, 42(117), 518–534. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>

MARTINS, C.; SILVA, A. Contaminação por agrotóxicos e estratégias de remediação. *Revista Brasileira de Química Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 45-60, 2020.

MATOS, R. M. Saúde da mulher trabalhadora rural: riscos da exposição aos agrotóxicos. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 44, n. 1, p. 1–12, 2019.

MENEZES, M. A. et al. Contaminação da água por agrotóxicos: riscos à saúde pública e estratégias de controle. *Revista Saúde & Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 45–58, 2021.

MESCKA, C. P. et al. Agrotóxicos como desreguladores endócrinos: implicações para o câncer de mama. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 210–225, 2022.

MONTEIRO, R. S.; DIAS JÚNIOR, M. S. Lixiviação de agrotóxicos e contaminação de lençóis freáticos: uma abordagem técnica. *Revista de Geociências Ambientais*, v. 12, n. 1, p. 33–47, 2024.

MONTEIRO, R. S.; DIAS JÚNIOR, M. S. Resíduos de pesticidas em alimentos comercializados: implicações para a saúde pública. *Revista de Saúde Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 33–47, 2024.

MOURA, P. H.; SOARES, D. A.; LIMA, G. F. Uso de estações agrometeorológicas no manejo agrícola sustentável. *Ciência Rural*, v. 50, n. 4, p. 1-10, 2020.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *World cancer report: cancer research for cancer prevention*. Geneva: WHO, 2020.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *World cancer report: cancer research for cancer prevention*. Geneva: WHO, 2021.

PANIS, C. et al. Toxicidade dos agrotóxicos e impactos na saúde pública. *Revista Brasileira de Saúde*, v. 8, n. 3, p. 45–62, 2022.

PASSOS, C. J. S.; REIS, M. P. Agrotóxicos e saúde: uma abordagem integrada para avaliação de riscos. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, n. 2, p. 345–356, 2013.

PERTILE, A. C. et al. Exposição ocupacional a agrotóxicos e efeitos na saúde reprodutiva feminina. *Revista Saúde & Trabalho*, v. 16, n. 2, p. 89–102, 2018.

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

RIBEIRO, J. P. et al. Contaminação hídrica e alimentar por agrotóxicos: uma abordagem integrada. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 2, p. 145–158, 2022.

RIBEIRO, J. P. et al. Contaminação hídrica por agrotóxicos: implicações para o abastecimento público. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 2, p. 145–158, 2022.

RIGOTTO, R. et al. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma análise dos riscos da exposição crônica. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 10, p. 3755–3763, 2014.

RIGOTTO, R.; VASCONCELOS, E. A.; ROCHA, M. M. Exposição aos agrotóxicos e saúde coletiva: desafios para a vigilância sanitária. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 10, p. 3755–3763, 2014.

RODRIGUES, L. A. et al. Mulheres rurais e agrotóxicos: impactos na saúde e desafios para a enfermagem. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 71, n. 6, p. 2956–2963, 2018.

SANTANA, D. R. et al. Exposição ocupacional a agrotóxicos e doenças crônicas em trabalhadores rurais. *Revista de Saúde Pública Rural*, v. 18, n. 2, p. 75–90, 2024.

SANTOS, L. M. Agrotóxicos e impactos ambientais: uma análise da contaminação hídrica no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 18, n. 1, p. 210–225, 2025.

SANTOS, M. C.; LIMA, R. F. Exposição crônica a agrotóxicos e doenças degenerativas: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, v. 24, n. 2, p. 112–124, 2019.

SARPA, R.; FRIEDRICH, K. Agroecologia como alternativa ao uso de agrotóxicos: benefícios para a saúde e o meio ambiente. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 17, n. 1, p. 15–28, 2022.

SENA, C. et al. Exposição ocupacional a agrotóxicos e impactos à saúde dos trabalhadores. *Saúde e Trabalho*, v. 5, n. 2, p. 112–130, 2013.

SILVA, A. L. et al. Exposição ocupacional a agrotóxicos e efeitos sistêmicos: uma revisão crítica. *Revista de Toxicologia Aplicada*, v. 10, n. 2, p. 89–104, 2022.

SILVA, A. L. et al. Occupational exposure to pesticides and breast cancer risk among women: a systematic review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 93, p. 103–117, 2022.

SOUZA JUNIOR, J. A.; MARCIAL, A. M.; ROBERTO, R. F. Agricultura brasileira: avanços tecnológicos e desafios ambientais. *Revista de Desenvolvimento Sustentável*, v. 12, n. 3, p. 45–60, 2019.

TAYOUR, M. A. et al. Organophosphate pesticide exposure and breast cancer risk: a meta-analysis. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, v. 82, n. 10, p. 567–578, 2019.

TYGEL, A. F. et al. O crescimento do uso de agrotóxicos no Brasil e seus impactos na saúde dos trabalhadores rurais. *Revista de Saúde Pública Rural*, v. 20, n. 1, p. 15–30, 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. What are biopesticides? Washington, 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/what-are-biopesticides> Acesso em: 25 ago. 2025.

VASCONCELOS, E. A. et al. Impactos da exposição a agrotóxicos em comunidades rurais: uma abordagem socioambiental. *Revista de Saúde Pública Rural*, v. 18, n. 3, p. 75–88, 2020.

VITORIA RODRIGUES, M. et al. Contaminação atmosférica por agrotóxicos: deriva e impactos em áreas urbanas. *Revista de Saúde Ambiental*, 2024.

WEIS, A. R. et al. Agrotóxicos proibidos na União Europeia e liberados no Brasil: uma análise regulatória. *Revista de Direito Sanitário*, v. 20, n. 2, p. 45–60, 2019.