



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**NATHALY DE PAULA SANTOS**

**PRESENÇA DE PESTICIDAS EM PRODUTOS *IN NATURA*, PROCESSADOS E  
ULTRAPROCESSADOS: UMA REVISÃO**

**FORTALEZA**

**2023**

NATHALY DE PAULA SANTOS

PRESENÇA DE PESTICIDAS EM PRODUTOS *IN NATURA*, PROCESSADOS E  
ULTRAPROCESSADOS: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Engenharia de  
Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do grau de bacharel em  
Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S236p Santos, Nathaly de Paula.  
Presença de pesticidas em produtos in natura, processados e ultraprocessados: uma revisão / Nathaly de Paula Santos. – 2023.  
50 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli.

1. Pesticidas. 2. Limite Máximo de Resíduo . 3. Bioacumulação. 4. Toxicidade. I. Título.

CDD 664

---

NATHALY DE PAULA SANTOS

PRESENÇA DE PESTICIDAS EM PRODUTOS *IN NATURA*, PROCESSADOS E  
ULTRAPROCESSADOS: UMA REVISÃO

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de  
Graduação em Engenharia de  
Alimentos do Centro de  
Ciências Agrárias da  
Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em:

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Samuel Veloso Carneiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng<sup>a</sup>. Andressa Barbosa Barroso  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por toda glória;

À minha família, em especial minha mãe Adriana, por ser minha maior fonte de garra, de inspiração e de afeto. Sem você nada disso seria possível.

Às minhas irmãs Nathalia e Adrielly pelo companheirismo e pelo amor além de fronteiras.

Às minhas avós Zuila e Mirian por me criarem tão bem.

Ao meu companheiro Lucas Frota, por ser minha base e meu apoio.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Andréa Aquino por ter me abraçado no NUPGAM logo nos meus primeiros passos de minha vida acadêmica. Obrigada também por todo apoio e gestão humanizada durante minha trajetória no centro acadêmico.

Ao Prof. Dr<sup>o</sup>. Rafael Zambelli por ter acreditado no meu potencial e por ter me ajudado tanto em uma das minhas maiores conquistas: organizar um congresso e um simpósio. Sua ajuda foi fundamental até o último dia.

Ao Prof. Me. Francisco Belmino pelo grandioso privilégio de sua orientação durante minha monitoria de físico-química. Sou muito grata por tudo o que me ensinou.

Ao Prof. Dr. Pierre Basílio pela imensa confiança e apoio durante a minha caminhada na físico-química e por ter cedido a honra de trabalhar e estudar no GQMat.

Ao Prof. Dr. Samuel Veloso, que eu tive a honra de ser sua ajudante no GQMat, por ter acreditado em mim e me dado tantas oportunidades.

Aos servidores, técnicos e monitores dos laboratórios didáticos da físico-química e química analítica, em especial aos meus parceiros de soluções Jair Matheus e Neto. Vocês me mostraram um mundo na química que eu sonhava desde criança conhecer.

Aos meus amigos por todo o companheirismo durante todos esses anos de graduação: Pedro, Gabriela, Daniel, Átila, Ingrid, Caroline, Letícia, Nicole, Dara, Paula e Hilder.

A todo o corpo docente, técnicos e servidores do curso de Engenharia de Alimentos da UFC, deixo minha imensa gratidão por toda dedicação e amparo. Em especial aos professores que lutam e dão o melhor que podem, mesmo com recursos escassos, para os alunos terem o melhor ensino.

À Universidade Federal do Ceará pública, gratuita e de todos!

## RESUMO

Pesticidas são substâncias constantemente associadas a problemas ambientais e a riscos à saúde humana, tais como a má formação congênitas, mal de Parkinson e câncer. Apesar disso, como é percebido aumento e flexibilização de consumo, com base destas informações, o presente trabalho visa analisar a presença de pesticidas em alimentos *in natura*, produtos processados e ultraprocessados, além de comparar com o Limite Máximo de Resíduo, a partir de uma revisão bibliográfica sobre o assunto, a fim de esclarecer parâmetros de limites de resíduos, medidas de monitoramento e de fiscalização no Brasil para obtenção de alimentos seguros. A partir dos estudos encontrados na literatura, foram percebidas falhas de boas práticas agrícolas pelo manejo inadequado de resíduos, aliada à ausência de mão de obra especializada e fiscalização no campo, resultando em níveis de resíduos acima do LMR permitido, além de detecção de substâncias não permitidas para as culturas analisadas. Ademais, foram atrelados aos processos bioacumulação em alimentos de origem animal com alto teor em gordura e constatada a presença de diferentes defensivos agrícolas, ingredientes ativos e medicamentos de uso veterinário em alimentos processados e ultraprocessados. Isso reforça a necessidade de estudos centrados na toxicidade de alimentos frente a níveis mais específicos de ingestão diária e LMR em alimentos industrializados, bem como a necessidade de um controle a ser monitorado por órgãos competentes, visando garantir segurança na alimentação dos brasileiros.

**Palavras-chave:** Pesticidas. Limite Máximo de Resíduo. Bioacumulação. Toxicidade.

## ABSTRACT

Pesticides are substances constantly associated as causes of environmental problems and related to risks to human health, being correlated the cause of several diseases such as decreased learning in children, congenital malformation, Parkinson's disease and cancer. Despite this, it is perceived increase and flexibility of consumption, based on this information, the present work aims to analyze the presence of pesticides in natura foods, processed and ultra-processed products, and compare with the Maximum Residue Limit, literature on the subject, in order to clarify parameters of residue limits, monitoring and inspection measures in Brazil to obtain safe food. From the studies found in the literature, failures of good agricultural practices were perceived by inadequate waste management, combined with the absence of specialized labor and supervision in the field, resulting in waste levels above the MRL allowed, in addition to detection of substances not allowed for the cultures analyzed. In addition, they were linked to bioaccumulation processes in foods of animal origin with high fat content and found the presence of different pesticides, active ingredients and medicines for veterinary use in processed and ultra-processed foods. This reinforces the need for studies focused on the toxicity of food against more specific levels of daily intake and MRL in processed foods, as well as the need for a control to be monitored by competent agencies, to ensure food safety for Brazilians

**Keywords :** Pesticides. Maximum Residue Limit. Bioaccumulation. Toxicitie.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula estrutural dos organoclorados HCB e DDT .....	16
Figura 2 - Fórmula estrutural do malation .....	16
Figura 3 - Fórmula molecular do Aldicarb .....	17
Figura 4 - Fórmula molecular da cipermetrina e deltametrina .....	17
Figura 5 - Vendas totais de pesticidas no Brasil por Classe de Uso nos anos de 2009 a 2020	26
Figura 6 - Comercialização de Agrotóxicos e afins (em toneladas de ingredientes ativos) .....	27
Figura 7 - Estados com maior consumo de pesticidas entre 2009 e 2020 (em toneladas de ingredientes ativos).....	28
Figura 8 - Área tratada por defensivos agrícolas em cada cultura aplicada (1.000 são) em 2021 e 2022 .....	28
Das amostras analisadas, 23% obtiveram irregularidades descritas como: concentração de ingredientes ativos (IA) fora da concentração do LMR permitido, detecção de ingredientes ativos não permitidos para a cultura analisada e ingrediente ativo não permitido para a cultura (NPC) para uso no país, conforme exposto na Figura 9. ....	30
Figura 10 - Distribuição das amostras insatisfatórias no ciclo 2017/2018 de acordo com o tipo de irregularidade identificada .....	30
Figura 11 – Resultados em % das amostras analisadas que apresentaram irregulares de Alimentos de Origem Vegetal. ....	31
Figura 12 - Processo de requerimento para extrapolação do LMR de determinada cultura.....	33
Figura 13 - Ilustração do processo de biomagnificação pela concentração de pesticidas em vermelho intensificados ao longo da cadeia trófica.....	35
Figura 14 - Bioacumulação de pesticidas representados em vermelho no organismo de um galo ao longo da vida.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de pesticidas de acordo com o grau de toxicidade. ....	14
Tabela 2 - Lista dos herbicidas mais comercializados no Brasil, Estados Unidos e União Europeia de acordo com seu princípio ativo, sua classe e as culturas que utilizam.....	20
Tabela 3 - Lista dos Fungicidas mais comercializados no Brasil, Estados Unidos e União Europeia de acordo com seu princípio ativo, sua classe e as culturas que utilizam.....	21
Tabela 4 - Lista dos inseticidas mais comercializados no Brasil, Estados Unidos e União Europeia de acordo com seu princípio ativo, sua classe e as culturas que utilizam.....	22
Tabela 5 – Os 10 ingredientes ativos mais vendidos em 2020 no Brasil .....	27
Tabela 6 – Distribuição de amostras por alimento .....	29
Tabela 7 – Descrição dos principais defensivos agrícolas encontrados nos alimentos irregulares .....	32
Tabela 8 – Resíduos de agrotóxicos em produtos de origem animal .....	39
Tabela 9 – Resultados dos testes em produtos processados com base vegetal por produto analisado .....	41
Tabela 10 – Resultados dos testes em produtos processados derivados de carnes e leite por produto analisado.....	43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
3.1	Classificação de pesticidas.....	13
3.1.1	Toxicidade .....	13
3.1.2	Finalidade.....	14
3.1.3	Estrutura química.....	15
3.2	Legislações específicas .....	18
3.2.1	LMR.....	22
3.3	Consumo de pesticidas no Brasil .....	25
3.4	Presença de agrotóxicos em alimentos .....	29
3.4.1	Contaminação de Alimentos de Origem Vegetal. ....	29
3.4.2	Contaminação de alimentos de origem animal .....	34
3.4.3	Presença de pesticidas em alimentos processados .....	38
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Pesticidas ou agrotóxicos são substâncias químicas ou agentes biológicos utilizados para controle, eliminação e/ou inibição de organismos indesejados, a fim de reduzir danos ocasionados por pragas agrícolas e urbanas, como insetos, fungos causadores de doenças e plantas daninhas (POERSCHKE, 2023). Esses produtos podem ser classificados quanto a sua finalidade, como herbicidas, inseticidas, fungicidas, desfolhantes, dentre outros, mas também quanto ao seu grupo químico, como organofosforados, organoclorados, carbamatos etc. (AVERSI-FERREIRA, 2023), além de ser classificado quanto ao nível toxicidade, podendo estar na classe de pouco tóxico, medianamente tóxico, altamente tóxico ou extremamente tóxico.

Esses defensivos agrícolas são constantemente associados como causadores de problemas de saúde de trabalhadores rurais e de comunidades situadas em áreas de proximidade, como também riscos ao consumidor final, sendo relacionadas a causa de doenças relacionadas a diminuição de aprendizados em crianças, má formação congênitas, mal de Parkinson e câncer (MATA; FERREIRA, 2013). Além dos riscos à saúde humana, o uso de pesticidas acarreta desequilíbrio do ecossistema, como a seleção de organismos, diminuição a variabilidade genéticas de espécies vegetais e animais, além de estar relacionado a poluição do ar, contaminação de recursos hídricos, fauna, flora (AKINSANYA *et al.*, 2021).

Desde 2008, o Brasil ocupa o *ranking* entre os maiores consumidores de pesticidas do mundo, segundo dados mais recentes fornecidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, sigla em inglês). Em 2020 foram declaradas cerca de 377 mil toneladas de produto fitossanitário aplicados no país, ficando atrás apenas dos Estados Unidos com 408 mil toneladas do produto. Dentre os pesticidas declarados para uso no Brasil, 232 mil toneladas foram destinadas apenas para o uso agrícola.

Os efeitos causados pela interação desses produtos com o solo, água ou transporte de sedimentos, variam de acordo com as suas características físico-química e toxicológicas, sendo necessários estudos particulares de cada composto a fim de entender a intensidade e o potencial de periculosidade ambiental e a saúde humana (CARVALHO, 2000). Apesar disso, dados recentes demonstram um aumento de 8,1% do volume desses defensivos de 2020 a 2021, segundo estatísticas do SINDIVEG em parceria com a Spark Consultoria (SINDIVEG, 2023).

Apesar do grande consumo, a política de flexibilização da regulamentação de maiores tipos ou subgêneros de produtos agrícolas é bastante atuante. Durante o primeiro trimestre de 2022, foi aprovado na Câmara de Deputados o Projeto de Lei (PL) nº1459/2022,

intitulada pelos principais defensores da causa ambiental como “PL do Veneno”, os quais acusam a ementa de prevalecer os interesses econômicos acima do meio ambiente e da saúde da população (BRASIL, 2022). A ementa da PL 1.459/2022 dispõe “sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de pesticidas, de produtos de controle ambiental e afins” (BRASIL, 2022a). Dentre as mudanças mais polêmicas que o projeto propõe estão a substituição da terminologia “agrotóxicos” por “produto de controle ambiental” ou “pesticida”, como também modificações nas regras de aprovação, de comercialização, de fiscalização e até de propaganda dos produtos químicos.

Até o presente estudo o registro de agrotóxicos é de responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Contudo, proposta pretende concentrar as decisões no MAPA, minimizando a atuação de cargos do Ibama e da Anvisa (TV SENADO, 2022). Segundo matérias publicadas pelo Repórter Brasil e de notas emitidas pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), os ambientalistas e especialistas em saúde humana defendem que tal manobra irá causar uma aprovação indiscriminada de resíduos podendo impactar a saúde de milhões de brasileiros e causar diversos impactos ambientais (CNS, 2022). Até a publicação desse estudo, o projeto segue em tramitação no Senado Federal para reavaliar a regulamentação de uso, aplicação e pesquisa e implementação de defensivos agrícolas. (BRASIL, 2023).

Muito além disso, pesquisas recentes demonstram que a contaminação por defensivos agrícolas não se restringe aos desequilíbrios causados ao meio ambiente, como desequilíbrio de ecossistemas e contaminação de recursos hídricos, mas também há intoxicação aguda e crônica por motivos ocupacionais de trabalhadores do campo e por comunidades próximas, além de pesquisas demonstrarem que o alimento pode vir a contaminar também os consumidores de alimentos.

A partir desse contexto, cartilhas divulgadas pelo IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor) inferiram a presença de pesticidas em produtos industrializados, ao passo que levantaram questionamentos sobre a não inferência de órgãos competentes, como a ANVISA, sobre limites de resíduos de agrotóxicos em alimentos que passam por processamentos. Com base na pesquisa, o presente estudo faz-se questionar se os alimentos consumidos no país estão evidentemente seguros, como também verificar os parâmetros que determinam os limites, se há monitoramento e se existem medidas de fiscalização eficaz para

detecção de alimentos com inconformidades, tanto para o produto *in natura*, como para os produtos que passam por processamentos.

## **2 OBJETIVO**

Analisar a presença de pesticidas em alimentos *in natura*, produtos processados e ultraprocessados, além de comparar com o Limite Máximo de Resíduo (LMR), a partir de uma revisão bibliográfica sobre o assunto.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Classificação de pesticidas

Na literatura, os pesticidas podem ser designados como agrotóxicos, defensivos agrícolas, praguicidas, biocidas, agentes fitossanitários, dentre outros termos, todos com o intuito de classificar as substâncias que visam aumentar o potencial produtivo da cultura por meio de um controle de pragas agrícolas. Essas diferenciações possuem o propósito de descrevê-los de acordo com seu grupo químico, modo de ação, bem como a sua toxicidade ou seu modo de entrada.

Seguindo parâmetros internacionais, o Sistema de Classificação Globalmente Unificado (GHS) acorda a classificação e categorização toxicológica dos produtos a um padrão de rotulagens que indiquem os potenciais riscos à saúde (ANVISA, 2020). Visando a prevenção de riscos, foram adotadas as boas práticas de rotulagem com isso a ANVISA determina a toxicidade de pesticidas em humanos, bem como o IBAMA designa conforme com a periculosidade ambiental. (IBAMA, 2023a)

##### 3.1.1 Toxicidade

Dentre os critérios de classificação dos órgãos, cabe ressaltar a análise do comportamento ambiental, a qual incluem alta lipofilicidade, bioacumulação, longa meia-vida e potencial de transporte de longo alcance, dificultando a biodegradação no ambiente e, assim, causando contaminação no ecossistema pelo ar, pela água e pelo solo por longos períodos (AKINSANYA *et al.*, 2021). Além disso, os parâmetros toxicológicos são analisados com base em estudos de toxicidades agudas em organismo mais desenvolvidos, como minhocas, microcrustáceos, peixes e ratos, a fim de inferir os possíveis malefícios a animais do ecossistema e ao ser humano.

Atualmente, a classificação de acordo com o grau de toxicidade é tomada pelo Ministério da Saúde, conforme exposto na Tabela 1, tendo base nos produtos registrados no Brasil. Dessa forma, são expostos em rótulos e em bulas dos produtos símbolos, palavras de sinalização e advertências de perigos para o melhor entendimento do trabalhador rural, manipulador do produto.

Tabela 1 - Classificação de pesticidas de acordo com o grau de toxicidade.

Categoria	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Não classificado
Nome da categoria	Extremamente Tóxico	Altamente Tóxico	Medianamente tóxico	Pouco tóxico	Improvável de Causar Dano Agudo	Não classificado
Pictograma					Sem símbolo	Sem símbolo
	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
CLASSE DE PERIGO						
Oral	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
Dérmica	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
Inalatória	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
Cor da Faixa	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Azul	Azul	Verde

Fonte: Adaptado de BRASIL (2019)

### 3.1.2 Finalidade

Os defensivos agrícolas podem ser classificados de acordo ao modo de ação e ao alvo de controle. Seguindo definição de Akashe *et al.* (2018), os mais utilizados são nomeados como:

- Fungicida: utilizado para o controle de doenças e erradicar infecções causadas por fitopatogênicos, como fungos, bactérias e algas. A exemplo do cymoxanil, tiabendazol e bordeaux.
- Herbicida: composto químico ou agente biológico responsável pela inibição do crescimento ou morte de plantas daninhas, espécies competidoras dentre as culturas, como é o caso de alaclor, glifosato, paraquat e 2,4-D.
- Inseticida: substância formulada para o combate insetos-praga ou interromper seu desenvolvimento em diferentes fases (ovos, larvas e adultos). Azadiractina, para-diclorodifeniltricloroetano (DDT), clorpirifós e malation, são exemplos de inseticidas.

- Bactericida: composto isolado ou produzido por microrganismo ou composto químico produzido artificialmente utilizados para matar ou inibir bactérias em plantas ou solo. A exemplo a estreptomicina e tetraciclina.

- Raticida: também chamado de rodenticida, utilizado para matar ratos e outros roedores. São exemplos estriçnina, varfarina e fosfeto de zinco.

- Acaricida: utilizada no combate e prevenção do crescimento e desenvolvimento de ácaros e carrapatos. A exemplo de dicofol, clorpirifós e permetrina.

### 3.1.3 Estrutura química

Os defensivos agrícolas podem ser organizados quanto ao grupo químico, seguindo divisão apresentada por Sanches *et al.* (2003) e Pavani (2016) podendo ser introduzidos como orgânicos e inorgânicos.

Pesticidas inorgânicos ou organometálicos são compostos a base de arsênio, cobre, chumbo, mercúrio, tálio, bário, nitrogênio, fósforo, cádmio, ferro, enxofre, selênio e zinco. Esses compostos são pouco utilizados, possuem longa duração e são estáveis e, portanto, de difícil degradação, podendo ser acumulativos no meio ambiente e em tecidos orgânicos, por serem a base de metais.

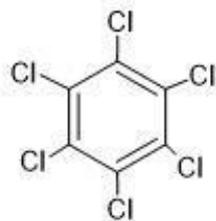
Já o grupo de natureza orgânica é subdividido em pesticidas sintéticos e naturais. Os pesticidas de origem natural, podem ser extraídos por óleos vegetais ou de origem vegetal, bacteriana e fúngica, como produtos à base de nicotina, piretrina, sabatina, rotenona, antibióticos e fitocidas. Além desses grupos, existem ainda os pesticidas orgânicos sintéticos, podendo destacar-se os compostos organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides.

- Organoclorados são compostos orgânicos que possuem cloro, carbono e hidrogênio em sua composição, sendo bastante utilizados como ingredientes ativos devido suas especificidades, como baixa solubilização em água, mas alta solubilidade em ambientes lipofílicos, além de possuir uma relativa estabilidade à biodegradação (BAIRD; CANN, 2011). Devido a maior afinidade desses compostos a gorduras e a dificuldade de degradação, esses compostos são aluvisos a distúrbios de neurocomportamentais em crianças, além de serem relacionados como causadores de disfunções hepáticas, gastrointestinais, pulmonares e de

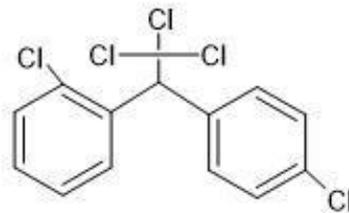
tireóide. (FLORES *et al.*, 2004). A exemplo, o hexanoclorobenzeno (HCB) amplamente utilizado com fungicida e o DDT, bastante utilizado como inseticida.

Figura 1 - Fórmula estrutural dos organoclorados HCB e DDT

Hexanoclorobenzeno (HCB)



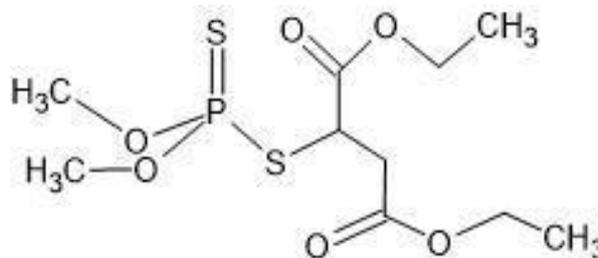
Para-diclorodifeniltricloroetano (DDT)



Fonte: De autoria própria

- Organofosforados, compostos derivados do ácido fosfórico  $O=P(OH)_3$ , são comumente usadas como substitutivo de organoclorados, devido a sua menor capacidade de bioacumulação, como também a sua capacidade enzimática de inibição no sistema nervoso do inseto, tendo alta toxicidade em pestes. Esses compostos possuem um átomo de fósforo ligado a dois grupos *metóxi* ( $-OCH_3$ ) ou *etóxi* ( $-OCH_2CH_3$ ), mais uma dupla ligação com um átomo de oxigênio ou enxofre (BAIRD; CANN, 2011), conforme a Figura 2. Contudo, se absorvidos por vias oral, respiratória e cutânea podem causar manifestações de acordo com o grau de exposição, ocasionando problemas como diarreia, vômitos, até coma, paralisia edemas pulmonares e arritmias (O'MALLEY; O'MALLEY, 2022). A exemplo de substâncias que contém essa estrutura química cabe ressaltar o malation e o glifosato.

Figura 2 - Fórmula estrutural do malation

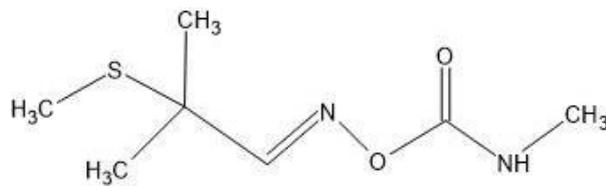


Fonte : De autoria própria

- Carbamatos são ésteres ou derivados N-substituídos do ácido carbâmico (compostos nitrogenados), pertencentes à classe dos inibidores das enzimas colinesterases (ChEs) (LINHARES, 2013), semelhante aos organofosforados por também atuarem no sistema

nervoso do inseto, como também possuírem melhor facilidade de degradação no meio ambiente. Dependendo da via de absorção (ingestão oral, respiratória ou exposição dérmica), atrelada a magnitude, o contato com carbamatos pode ocasionar desde lesão cutânea ou dermatite a efeitos mais severos como fraquezas musculares, pancreatite e arritmias (O'MALLEY; O'MALLEY, 2022). As substâncias moban, carbarilcomo e aldicarb, popularmente conhecido como “chumbinho”, são alguns exemplos de carbamatos, a exemplo na Figura 3.

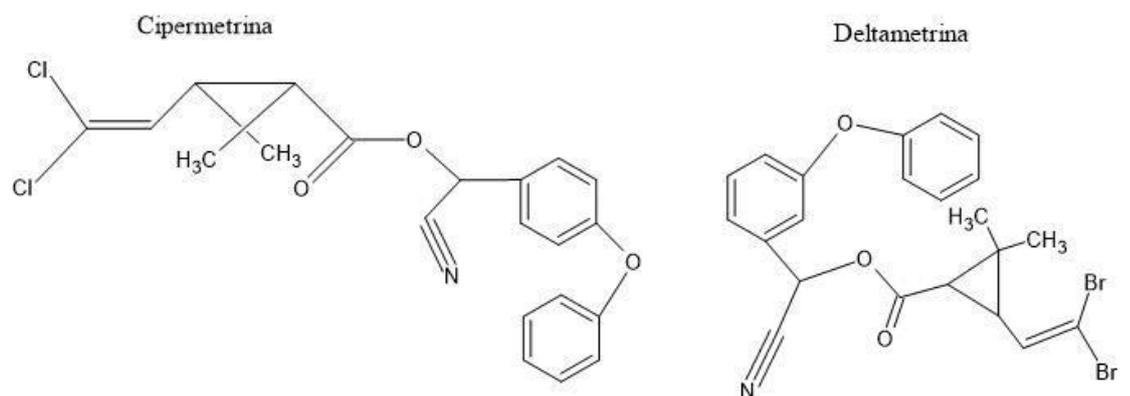
Figura 3 - Fórmula molecular do Aldicarb



Fonte: De autoria própria

- Piretróides possuem similaridades as piretrinas, compostos naturais extraídos de flores. Trata-se de ésteres compostos por um radical ácido e um radical álcool, ambos com carbono assimétrico. São bastante utilizados devido à baixa toxicidade para mamíferos, pois são persistentes em sistemas abióticos e facilmente decompostos em sistemas metabólicos, dessa forma possui toxicidades em insetos, mas são degradados em mamíferos (ROMAN, 1983). Cabe ressaltar que o composto possui baixo impacto ambiental, devido à sua alta eficiência em baixas dosagens, reduzindo a contaminação durante as aplicações, além de boa estabilidade a luz e a temperatura ambiente. Contudo, possui alta toxicidade em peixes, abelhas e artrópodes aquáticos, como lagostas e camarões. (SANTOS; AREAS; REYES, 2007). A exemplos de piretróides cabe citar a deltametrina, e a cipermetrina.

Figura 4 - Fórmula molecular da cipermetrina e deltametrina



Fonte: De autoria própria

### 3.2 Legislações específicas

Em países distintos se aplicam diferentes regulamentações para pesticidas. Porém, as autorizações do uso de pesticidas e seus aditivos dependem de estudos relacionados a toxicidade e o grau de consumo, colocando a faixa máxima aceitável de exposição segura, ou seja, sem prejuízo a saúde do consumidor. Com base nos estudos e em sua organização, cada território estabelece permissões e restrições, limites de resíduos, além de seus requisitos de registros para uso e utilização de pesticidas em alimentos. Em sua maioria, é feita uma regulamentação da quantidade de resíduos em uma determinada cultura, podendo sua tolerância variar de país para país em uma mesma cultura (NPIC, 2022).

Comumente, o grau de toxicidade dessas substâncias é avaliado de acordo com a determinação da Ingestão Diária Aceitável (IDA) e do LMR, os quais seguem orientações de órgãos suplementares às Nações Unidas, como *Food and Agricultural Organization* (FAO) e *World Health Organization* (WHO) e CODEX Alimentarius Mundial, através do seu Comitê de Resíduos de Pesticidas em Alimentos (CCPR) (LIMA; CORRÊA, 2012). Contudo, embora esses órgãos internacionais estabeleçam padrões de limites, cada nação determina suas referências.

Nos Estados Unidos, por exemplo, o principal órgão responsável pela regulamentação desses defensivos é a Agência de Proteção Ambiental (EPA, sigla em inglês). Em conjunto com as agências federais e estaduais, o órgão é responsável pela determinação dos limites legais para pesticidas em alimentos e em água portável, bem como avaliar autorização de novos pesticidas e sua utilização, além de analisar aprovações temporárias e revisar pesquisas relacionadas à segurança. Os dados de exposição alimentar são registrados pelo Programa de Dados de Pesticidas (PDP), que monitora os resíduos de pesticidas em alimentos, principalmente consumidos por crianças, a fim de assegurar que os níveis permaneçam seguros para consumo.

Já na União Europeia possui um conjunto de legislações de utilização e regulação de fitofármacos e seus resíduos. A *European Food Safety Authority* (EFSA) mede os riscos existentes associados ao teor de pesticidas e presta conselhos científicos para a Comissão Europeia e seus Estados-Membros, os quais tomam decisões com base em regulamentações e na gestão de riscos. Após isso, aprova-se ou rejeita-se as substâncias ativas e define-se seus limites legais, tanto em alimentos quanto em ração animal (EFSA, 2023).

Dentro dessa conjuntura, os países membros da União Europeia só podem utilizar a substância ativa caso tenha sido aprovada pela Comissão Europeia. Essa aprovação é

desenvolvida e analisada com base no Painel PPR (Painel de Produtos Fitossanitário e seus Respectivos Resíduos, sigla em inglês), que fornecem apoio científico e conhecimento especializado as propostas relacionadas ao LMR, com a avaliação das propriedades físico-químicas, toxicologia, análise de riscos na alimentação humana, animal e no meio ambiente, além de oferecer conhecimento e suporte sobre métodos de análise (EFSA, 2022).

Apesar disso, existem diferenciações na aceitação de substâncias em cada nação para o mesmo fim de cultivo, como especificado na Tabela 2, montada por Sanches (2019) e publicada pela reportagem do G1, a qual apurou dados fornecidos pelo IBAMA, Ministério da Agricultura, Consultoria Philips McDougall, a EFSA e a EPA com base na permissão e consumo dos defensivos mais comercializados pelos países pertencentes à União Europeia, ao Brasil e aos Estados Unidos.

Dentre os herbicidas citados, o glifosato é o mais consumido no mundo, utilizado para controle de ervas daninhas, indesejadas nas lavouras, contudo nos últimos anos tem sido banido em vários países. Em 2015, o Glifosato foi apontado pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (Iarc) como provavelmente cancerígeno (GRIGORI, 2021). O governo mexicano, por exemplo, anunciou no final de 2020 um planejamento para eliminar esse princípio ativo até 2024. Já países como Costa Rica, Argentina, Brasil e Uruguai limitaram o uso do produto, apesar de ser permitida a comercialização. Na União Europeia não foi renovada a autorização com vencimento em meados do mês de dezembro de 2022 (GOTTEMS, 2022), enquanto a Alemanha já proibiu seu uso até 2024.

Já o 2,4-D, comumente utilizado no cultivo de milho e soja, é o segundo herbicida mais comercializado no Brasil e o terceiro mais utilizado no mundo. A substância é conhecida principalmente por ser um dos ingredientes ativos do Agente Laranja, herbicida e desfolhante químico que ficou bastante conhecido pelo uso militar durante a Guerra do Vietnã.

Outra classe de agrotóxico bastante comercializado na agricultura são os fungicidas, devido as doenças fúngicas que são fortes limitantes para a produção das lavouras dado a fácil propagação favorecida pelo clima quente e úmido do país. Entre as doenças fúngicas mais combatidas destaca-se a Ferrugem-asiática da soja (FAS) e doenças de final de ciclo (DFCs). As classes de fungicidas mais utilizadas no controle dessas doenças são os triazóis, estrobilurinas, carboxamidas, morfolinas, ditiocarbamatos e isoftalonitrilas (NANUCI, 2020). Dentre os mais consumidos, conforme exposto na Tabela 3, se destacam no mercado mundial o mancozebe, e a azoxistrobina. Contudo, essas substâncias têm gerado diversos debates em relação aos perigos de fitotoxicidade, devido inibição de processos biológicos.

Tabela 2 - Lista dos herbicidas mais comercializados no Brasil, Estados Unidos e União Europeia de acordo com seu princípio ativo, sua classe e as culturas que utilizam.

<b>Princípio Ativo</b>	<b>Classe</b>	<b>Registrado</b>	<b>Culturas que utilizam</b>
Glifosato	Pouco Tóxico	Brasil, UE, EUA	grão, algodão, cana-de-açúcar, cereais, frutas, pastagens, fumo, eucaliptos e seringueiras
2,4-D	Pouco Tóxico	Brasil, UE, EUA	grão, cereais, cana-de-açúcar, eucaliptos e pastagens
Atrazina	Improvável de causar dano agudo	Brasil, EUA	grãos, cana-de-açúcar, abacaxi e seringueira
Dicloreto de paraquate	Extremamente tóxico	Brasil, EUA	grãos, algodão, cana-de-açúcar, batata e frutas
Diurum	Improvável de causar dano agudo	Brasil, UE, EUA	algodão, grãos, cana-de-açúcar, eucaliptos e frutas
S-Metolacoloro	Pouco Tóxico	Brasil, UE, EUA	algodão, cana-de-açúcar, grãos, flores, mandioca e eucaliptos
Mesotriona	Improvável de causar dano agudo	Brasil, UE, EUA	cana-de-açúcar e milho
Acetocloro	Pouco Tóxico	Brasil, EUA	cana-de-açúcar e grãos
Dicamba	Pouco Tóxico	Brasil, UE, EUA	algodão, grãos e pastagens
Sulfentrazona	Pouco Tóxico	Brasil, EUA	algodão, frutas, fumo, grãos, cana-de-açúcar e eucaliptos
Flufenaceto	Pouco Tóxico	UE, EUA	grãos e cereais
Mesosulfuron	Produto não classificado	UE, EUA	grãos e cereais

Fonte: SANCHES (2019)

A exemplo disso, uma revisão publicada pela EFSA, mostrou divergência do IDA recomendado de mancozebe pela Comissão Europeia de 0,05 mg/kg peso corporal diários ao passo de estudos recentes defenderem uma porção de 0,023mg/kg peso corporal por dia (ABDOURAHIME, 2020), em virtude dos resultados contraditórios em relação a fitotoxicidade e toxicidade em mamíferos, defendendo assim uma nova avaliação pela Comissão Europeia. Após publicação, a União Europeia vetou o uso do mancozeb não podendo mais ser usado a partir de junho de 2021, segundo publicação da Agência Italiana de Notícias.

Tabela 3 - Lista dos Fungicidas mais comercializados no Brasil, Estados Unidos e União Europeia de acordo com seu princípio ativo, sua classe e as culturas que utilizam

<b>Princípio Ativo</b>	<b>Classe</b>	<b>Registrado</b>	<b>Culturas que utilizam</b>
Mancozebe	Improvável de causar dano agudo	Brasil, EUA	grãos, frutas, hortaliças, legumes, cereais, fumo, seringueiras, flores, eucaliptos e cana-de-açúcar
Compostos à base de cobre	Improvável de causar dano agudo	Brasil, U.E, EUA	grãos, frutas, legumes, cana-de-açúcar, hortaliças, seringueira, fumo e flores
Enxofre	Improvável de causar dano agudo	Brasil, U.E, EUA	grãos, algodão, frutas, legumes, flores e eucaliptos
Piraclostrobina	Moderadamente tóxico	Brasil, U.E, EUA	algodão, grãos, flores, frutas, cereais, legumes, eucaliptos, cana-de-açúcar, pastagens e pupunha
Azoxistrobina	Improvável de causar dano agudo	Brasil, U.E, EUA	frutas, hortaliças, legumes, cereais, grãos, algodão, flores, cana-de-açúcar e eucaliptos
Protioconazol	Improvável de causar dano agudo	Brasil, U.E, EUA	algodão, cereais, flores e grãos
Fluxapiroxade	Pouco Tóxico	Brasil, U.E, EUA	algodão, grãos cereais, flores, cana-de-açúcar e legumes
Tebuconazol	Pouco Tóxico	Brasil, U.E.	frutas, algodão, legumes, grãos, hortaliças, eucaliptos e cereais
Epoxiconazol	Pouco Tóxico	Brasil, U.E, EUA	algodão, cereais, frutas, cana-de-açúcar, flores e grãos

Fonte: Adaptado SANCHES (2019)

No Brasil, os inseticidas são a terceira classe de pesticidas mais comercializado nas lavouras do país para controle de insetos e pragas, como ovos, larva e adultos. Dentre as substâncias mais consumidas, conforme listado na Tabela 4, destaca-se o acefato, bastante utilizado também nos Estados Unidos, porém está banido na União Europeia devido à alta toxicidade a abelhas operárias e aves, oferecendo grave risco a polinização, além dos riscos à saúde humana.

Tabela 4 - Lista dos inseticidas mais comercializados no Brasil, Estados Unidos e União Europeia de acordo com seu princípio ativo, sua classe e as culturas que utilizam

<b>Princípio Ativo</b>	<b>Classe</b>	<b>Registrado</b>	<b>Culturas que utilizam</b>
Acefato	Pouco Tóxico	Brasil, EUA	algodão, grãos e frutas
Imidacloprido	Pouco Tóxico	Brasil, U.E, EUA	grãos, frutas, legumes, hortaliças, pastagens, cana-de-açúcar, eucaliptos, fumo, cereais e flores
Bifentrina	Pouco Tóxico	Brasil, EUA	algodão, frutas, hortaliças, cereais, legumes, eucaliptos, fumo, flores e grãos

Fonte: Adaptado SANCHES (2019)

Além de variadas permissibilidades, cabe salientar que os países divergem também nas exigências dos limites de resíduos, pois cada nação segue seus respectivos termos sanitários. Apesar de comum, essas divergências podem inferir como fatores de barreiras de entradas de produtos importados em países com maior grau de exigência.

### 3.2.1 LMR

O Decreto nº 4.074/2002 intitula o LMR como quantidade máxima de resíduos de agentes fitossanitários e seus ativos permitidos em um determinado alimento, em virtude de sua aplicação em determinada cultura agrícola, expresso em miligramas de agrotóxico por quilograma do alimento ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), seguindo os requisitos técnicos desde a produção até o consumo (BRASIL, 2002). Esse valor de segurança é estabelecido internacionalmente pela Comissão do Codex Alimentarius, com o objetivo de definir níveis aceitáveis de resíduos seguros à saúde humana, mas também prover a comercialização internacional.

Em outras palavras, o Codex possui um caráter facilitador para a Organização Mundial de Comércio (OMC) por regulamentar níveis de segurança necessários para preservar a saúde do consumidor, mas também impedir a entrada de pragas e vetores em outras nações com base científica, sem discriminação de entrada, a fim de garantir um livre comércio, adotando medidas protetivas. Todavia, há divergências das recomendações do Codex com legislações locais de vários estados, a qual Telteboim *et al.* (2007) justificam os impasses devido a não atualização dos estudos referente a avaliação ou reavaliação toxicológica dos ingredientes ativos, pois países como os estados membros pertencentes à União Europeia possuem restrições bem mais rígidas e em constante mudanças, devido ao maior

acompanhamento de estudos recentes relacionados a toxicidades dos defensivos agrícolas e seus princípios ativos.

Os critérios para adoção dos limite de resíduos levam em consideração a especificidade regionais, bem como o consumo de determinado alimento no país , pois estes fatores são interferentes nos cuidados de boas práticas de agricultura (BPA), devido às particularidades de finalidade, bem como as estações do ano e condições climáticas. Dessa forma, os resíduos podem ter variações também no ponto de colheita a cadeia de distribuição (TELTEBOIM *et al.*, 2007), devendo ser feito de acordo com as necessidades de cada colheita, conforme estratégias do manejo integrado de pragas (MIP) com intuito de limitar potenciais prejuízos ao ser humano e ao ecossistema.

No Brasil, a avaliação desse limite segue nas informações do Codex, mas também podem ser definidos com base em estudos supervisionados no campo que são encaminhados à Anvisa pelas empresas requerentes do registro ou inclusão a culturas agrícolas. Se a substância é aprovada, a aplicação, com base na BPA de estudo, é disponibilizada na bula do produto formulado e aprovado a comercialização.

A fiscalização e avaliação do cumprimento dos níveis de resíduos dos alimentos de origem vegetal destinados à alimentação humana é realizada pelo PARA (Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos), coordenado pela Anvisa em cooperação a órgãos vinculados a Vigilâncias Sanitária de cada estado. O programa possui uma proposta de reunir e avaliar anualmente análises de vegetais coletados nos principais pontos comerciais de alimentos do estado, como centros de abastecimentos ou mercados varejistas, e mapear eventuais irregularidades ou riscos à saúde humana.

Em 2020 entrou em vigor a Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 7 de fevereiro de 2018, a qual permite a Vigilância Sanitária e o MAPA fiscalizar, controlar e monitorar a cadeia produtiva de produtos vegetais frescos, como frutas, hortaliças, raízes, bulbos e tubérculos, destinados à alimentação humana. Com isso, a medida facilita aos órgãos averiguar e responsabilizar os responsáveis de laudos inadequados, bem como realizar possível recall (ANVISA, 2018).

Outra ferramenta de monitoramento realizado no país é o Programa Nacional de Controle de Resíduos Contaminantes (PNCRC), adotada pelo MAPA, que inspeciona produtos de origem animal e vegetal. A vistoria é realizada especialmente pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) e pelo Departamento de Produtos de Origem Vegetal (Dipov), a fim de avaliar, investigar e fiscalizar resíduos e contaminantes em alimentos exportados, importados e destinados ao consumo direto.

Seguindo modelos tradicionais, os principais métodos de análise dessas substâncias são os cromatográficos, em especial a cromatografia gasosa, utilizado na quantificação dos analitos voláteis, e a cromatografia líquida, utilizada para quantificação dos compostos que não possuem esta característica. Tais métodos possuem especificidades analíticas como seletividade, exatidão, precisão, limite de detecção e limite de quantificação, os quais são critérios imprescindíveis para a garantia de confiabilidade dos resultados. Contudo, na literatura é comum encontrar menções sobre as dificuldades nos estudos pelo relativo custo e pelo operoso processo, especificidades e complexidades de análises para identificação de pesticidas.

Contudo, há estudos demonstram alternativas viáveis de análises, como é o caso de um comunicado técnico divulgado pela Embrapa por Vaz e colaboradores, em 1996, que abordou a utilização na literatura de técnica eletroanalítica por polarografia para determinação de atrazina em águas naturais, herbicida comumente utilizado para plantações de milho e cana-de-açúcar, as quais se mostraram promissoras para análises residuais.

O Polarógrafo, equipamento de medida, tem sua funcionalidade pela aplicação de corrente, após isso verifica os picos ou ondas polarográfica em diferentes meios de pH. Utilizando-se este método, Vaz *et al* (1996) coletou amostras de águas da Represa do Broa, Ribeirão Monjolinho e Ribeirão do Feijão, próximos à São Carlos, cidade no interior de São Paulo. Também foi coletado uma solução de solo Podzólico Vermelho Amarelo da região de Pindorama, também em São Paulo.

A técnica se objetivou a observar a técnica eletroanalítica em diferentes concentrações, contudo encontrou interferentes, como particulados e resíduos de matéria orgânica, necessitando de preparos anteriores, como ajustes no pH, necessidade de filtração ou centrifugação, bem como determinar uma curva de calibração. Apesar disso, a análise se mostrou promissora para estudos de degradação, interação e transporte em sólidos e efluentes, bem como para análise residuais dos agentes fitossanitários em frutas, cereais, solo e efluentes.

Outro exemplo de possível alternativa abordado em Silva (2018) utilizando espectrometria de massa ambiente (AMS) para detecção de agentes fitossanitários em frutas e hortaliças folhosas. Dentre as técnicas de AMS, o trabalho dissertou e comparou as performances de análises por PSI (*paper spray ionization*) e por LS (*leaf spray*), para limites de detecção e quantificação de atrazina, diuron e metomil em rúcula, repolho, manjerição, alface e couve, bem como observou quantificação e difusão do fungicida imazali em maçãs por IR-LAST (*infrared laser ablation sample transfer*) com análise offline por *electrospray ionization* combinada a técnica de MALDI (*matrix-assisted laser desorption ionization*) tipo

*imaging* para obtenção de imagens químicas, a fim de visualizar a dinâmica de absorção de pesticidas no interior da maçã.

Dentre os resultados percebidos, as metodologias de PSI e LS se mostraram semelhantes e adequadas para rápida triagem de vegetais, portanto, capazes de detectar os compostos. Bem como a combinação dos métodos de MALDI *imaging* e IR-LAST que permitiu visualizar uma taxa de penetração do fungicida de 1mm por dia, após o primeiro dia de aplicação. Após sete dias, foram detectados 0,015 ppm da substância em 6mm do interior da maçã, demonstrando que uma metodologia adequada para estudos de absorção de pesticidas.

Outra metodologia, desenvolvida por Carneiro e colaboradores (2019), utilizou sensores ópticos para detecção de pesticidas a partir do mecanismo de fotoluminescência que de Pontos Quânticos de Carbono (PQCs), uma classe de nanomateriais fluorescentes. Uma suspensão aquosa dessas nanopartículas foi misturada a nanopartículas de prata (AgNPs) funcionalizadas, para, em conjunto, construir uma plataforma de sensoriamento de agentes de controle ambiental.

Nesse trabalho, os PQC's foram sintetizados pelo método hidrotermal, utilizando riboflavina como fonte de carbono. Após a mistura dos PQCs, com AgNPs, houve uma suspensão de fluorescência explicada pelo mecanismo de Transferência de Energia Ressonante de Förster (FRET) e esses padrões de supressão foram modificados pela presença dos pesticidas analisados; propanil, paration, dimetoato, clorpirifós e pirimicarb.

Após preparo e tratamento das amostras, aplicou-se um método quimiométrico de reconhecimento de padrões, a Análise Linear Discriminante (em sua sigla em inglês, LDA) e a estratégia de sensoriamento foi construída com os padrões analíticos e posteriormente testadas em amostras reais de alimentos: extratos de arroz, laranja, cenoura e pimentão. Os resultados demonstraram um elevado nível de confiança, mostrando-se uma alternativa eficaz, de maior rapidez, além de apresentar alta sensibilidade e seletividade para variados tipos de pesticidas.

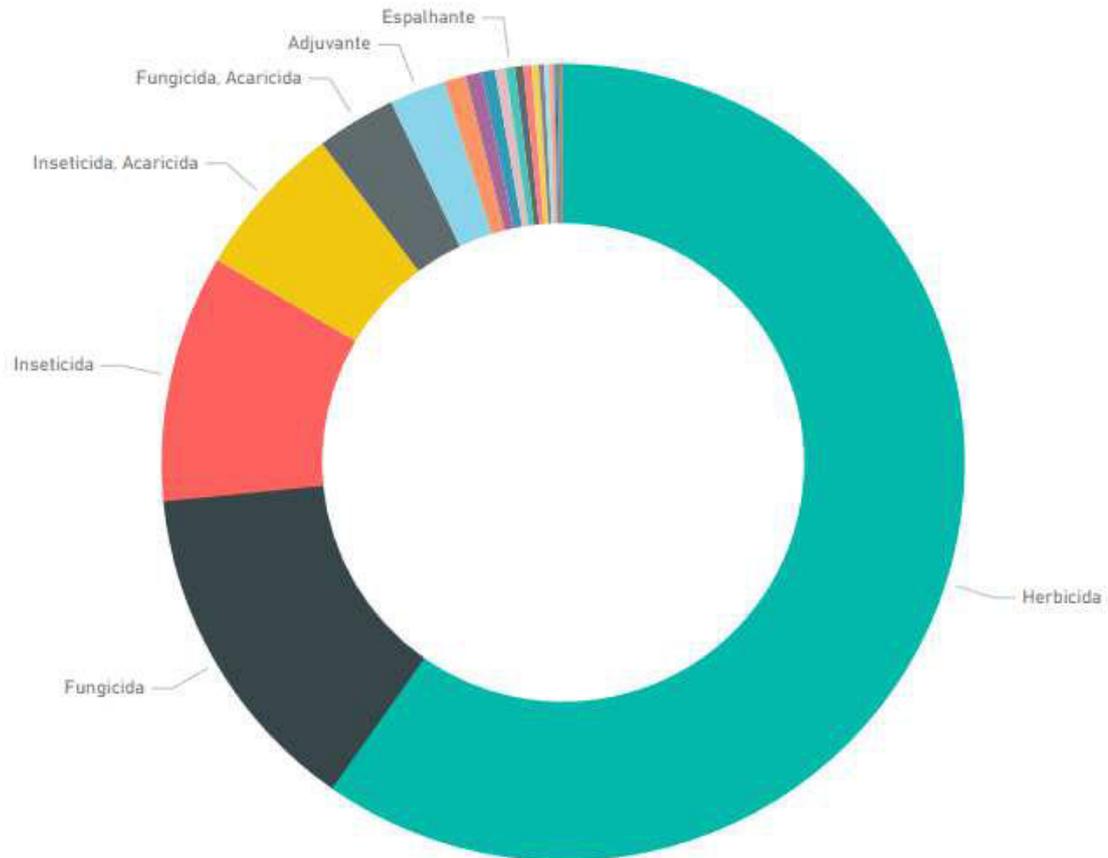
É importante salientar que os avanços de tecnologias e metodologias científicas para estudos de toxicidade e análises residuais se fazem de suma importância para obtenção de métodos eficazes, precisos e mais atualizados sobre limites segurança, os quais devem ser constantemente atualizados visando atender as demandas produtivas com o menor impacto possível ao ecossistema, à saúde do consumidor e ao produtor rural.

### **3.3 Consumo de pesticidas no Brasil**

Segundo dados fornecidos pelos painéis de informação de agrotóxico, dentre os defensivos agrícolas mais comercializados no Brasil nos anos de 2009 e 2020 foram herbicidas, fungicidas e inseticidas, conforme Figura 5, que expõem informações extraídas do sistema

eletrônico de relatórios de comercialização de agrotóxicos do IBAMA, elaborado pela Divisão de Gerenciamento de Substâncias parte da Coordenação de Controle Ambiental de Substâncias e Produtos Perigosos junto a Coordenação-Geral de Avaliação e Controle de Substâncias Químicas atrelada a Diretoria de Qualidade Ambiental.

Figura 5 - Vendas totais de pesticidas no Brasil por Classe de Uso nos anos de 2009 a 2020



Fonte: IBAMA (2021)

Dentro do relatório de comercialização de agrotóxico, o programa expõe também os boletins anuais com base nos relatórios de produção, importação, comercialização e exportação a partir do ano de 2009, exportação e vendas de agrotóxico no Brasil. Nessa conjuntura o IBAMA identificou em 2020, dado mais recente, 309 ingredientes ativos, apresentando em toneladas de ingrediente ativo (IA) os dez defensivos agrícolas mais comercializados no Brasil, conforme Tabela 5.

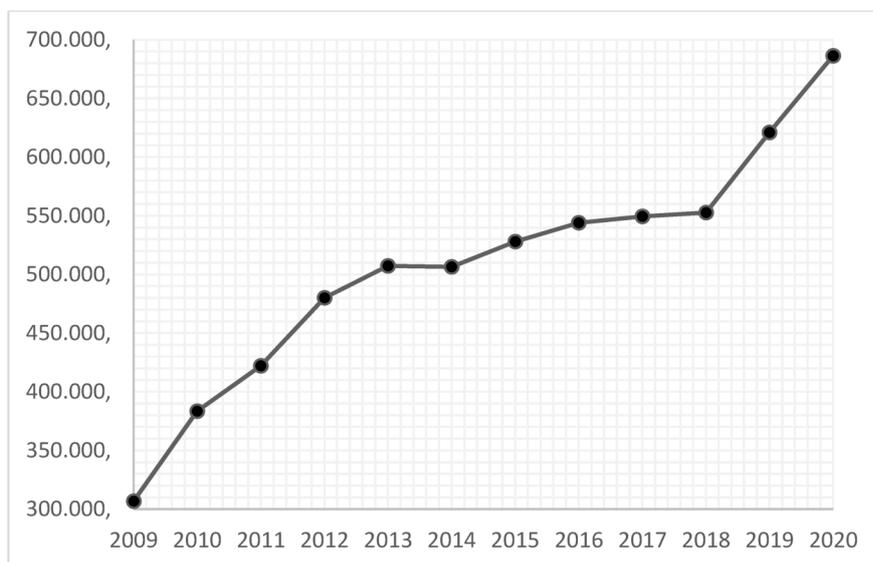
Tabela 5 – Os 10 ingredientes ativos mais vendidos em 2020 no Brasil

INGREDIENTE ATIVO	VENDAS (TON. IA)	RANKING
Glifosato e seus sais	246.017,51	1º
2,4-D	57.597,57	2º
Mancozebe	50.526,87	3º
Atrazina	33.321,11	4º
Acefato	29.982,50	5º
Clorotalonil	24.191,03	6º
Malationa	15.702,11	7º
Enxofre	11.390,90	8º
Imidacloprido	9.401,65	9º
Clorpirifós	8.864,88	10º

Fonte: Adaptado IBAMA (2021)

O painel de informação de agrotóxicos também mostrou um aumento acentuado da comercialização de agrotóxicos e afins, conforme Figura 6, dadas em toneladas de ingredientes ativos, durante os anos de 2009 a 2020.

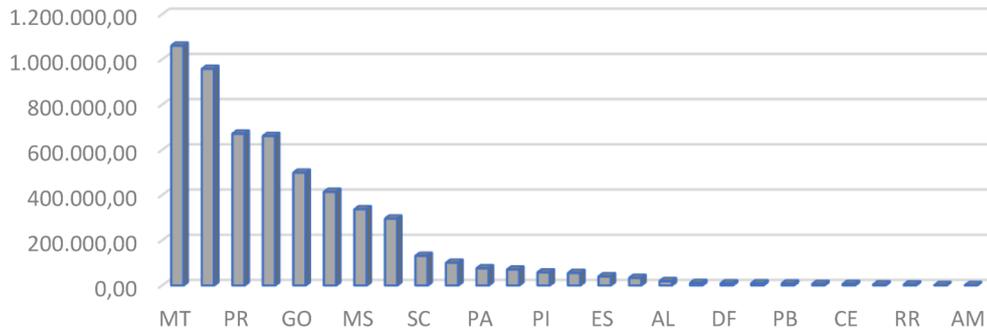
Figura 6 - Comercialização de Agrotóxicos e afins (em toneladas de ingredientes ativos)



Fonte: Adaptado IBAMA (2021)

A pesquisa também especifica, durante o mesmo período, os estados que mais consumiram defensivos agrícolas declarados, conforme expresso no Figura 7. A partir disso, pode-se verificar que o consumo de pesticidas varia entre estados e regiões do país, sendo o Mato Grosso o estado que mais utiliza pesticidas no país. Cabe salientar também, a concentração de consumo nos estados das regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país.

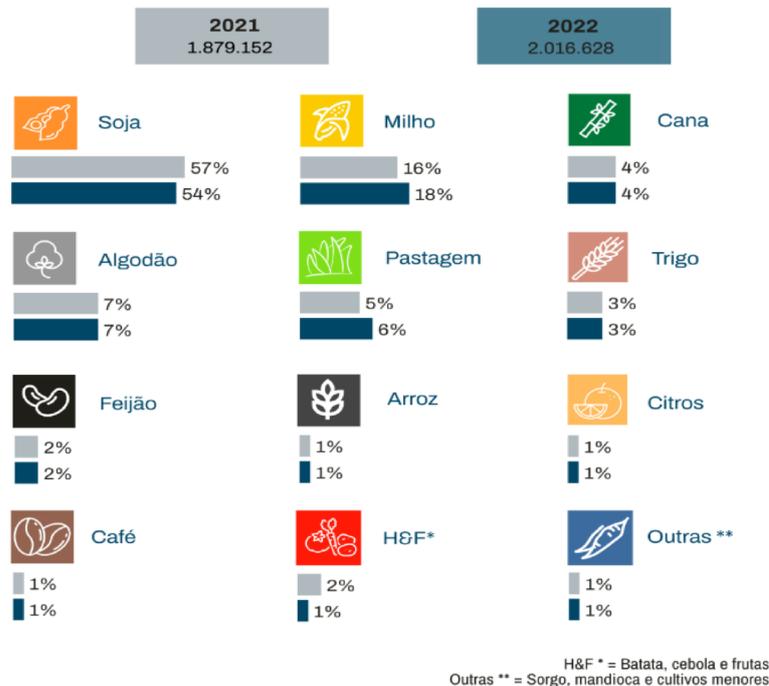
Figura 7 - Estados com maior consumo de pesticidas entre 2009 e 2020 (em toneladas de ingredientes ativos)



Fonte: Adaptado IBAMA (2021)

Essa variação de consumo de ingredientes de proteção agrícolas entre os estados pode ser justificada pela centralização de área plantada e cultivo de culturas agrícolas. Os principais cultivos agrícolas que utilizam pesticidas são soja, milho e algodão, conforme dados mais recentes divulgados pelo SINDIVEG, expostos na Figura 8.

Figura 8 - Área tratada por defensivos agrícolas em cada cultura aplicada (1.000 são) em 2021 e 2022



Fonte: SINDIVEG (2023)

### 3.4 Presença de agrotóxicos em alimentos

#### 3.4.1 Contaminação de Alimentos de Origem Vegetal.

Devido a intensa atividade agrícola, é necessário proteger o plantio para atender a demanda de alimentos, por isso, é utilizado defensivos agrícolas para garantir a maior produtividade no campo. Contudo, o uso indiscriminado desse composto causa diversos prejuízos ao ecossistema, à trabalhadores do campo, aos moradores da proximidade, mas também ao consumidor final.

Em relatório publicado pelo PARA divulgado em 2019, foi divulgado análises de monitoramento de resíduos de pesticidas em amostras de alimentos de origem vegetal coletadas aleatoriamente durante o ano entre 2017 e 2018, de acordo com a safra, a disponibilidade dos produtos no comércio e os pontos comerciais de grande volume no município. Foram coletadas e analisadas 4.616 amostras contendo uma variedade de 14 vegetais, categorizados conforme a Tabela 6.

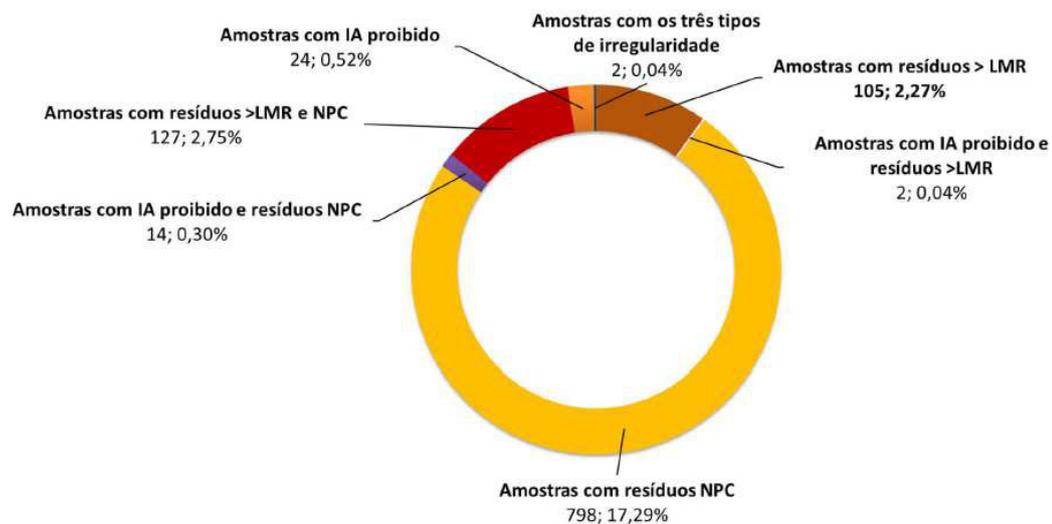
Tabela 6 – Distribuição de amostras por alimento

<b>Categoria/Alimento</b>	<b>Nº de Amostras</b>	<b>Total das amostras (%)</b>
<b>Cereais</b>	<b>329</b>	<b>7%</b>
Arroz	329	
<b>Frutas c/casca não comestível</b>	<b>1079</b>	<b>24%</b>
Abacaxi	347	
Laranja	382	
Manga	350	
<b>Frutas c/ cascas comestíveis</b>	<b>602</b>	<b>13%</b>
Goiaba	283	
Uva	319	
<b>Hortaliças folhosas</b>	<b>286</b>	<b>6%</b>
Alface	286	
<b>Hortaliças não folhosas</b>	<b>930</b>	<b>20%</b>
Chuchu	288	
Pimentão	326	
Tomate	316	
<b>Raízes, tubérculos e bulbos</b>	<b>1390</b>	<b>30%</b>
Alho	365	
Batata-doce	315	
Beterraba	357	
Cenoura	353	
<b>Total Geral</b>	<b>4616</b>	<b>100%</b>

Fonte: Adaptado ANVISA (2019a)

Das amostras analisadas, 23% obtiveram irregularidades descritas como: concentração de ingredientes ativos (IA) fora da concentração do LMR permitido, detecção de ingredientes ativos não permitidos para a cultura analisada e ingrediente ativo não permitido para a cultura (NPC) para uso no país, conforme exposto na Figura 9.

Figura 10 - Distribuição das amostras insatisfatórias no ciclo 2017/2018 de acordo com o tipo de irregularidade identificada



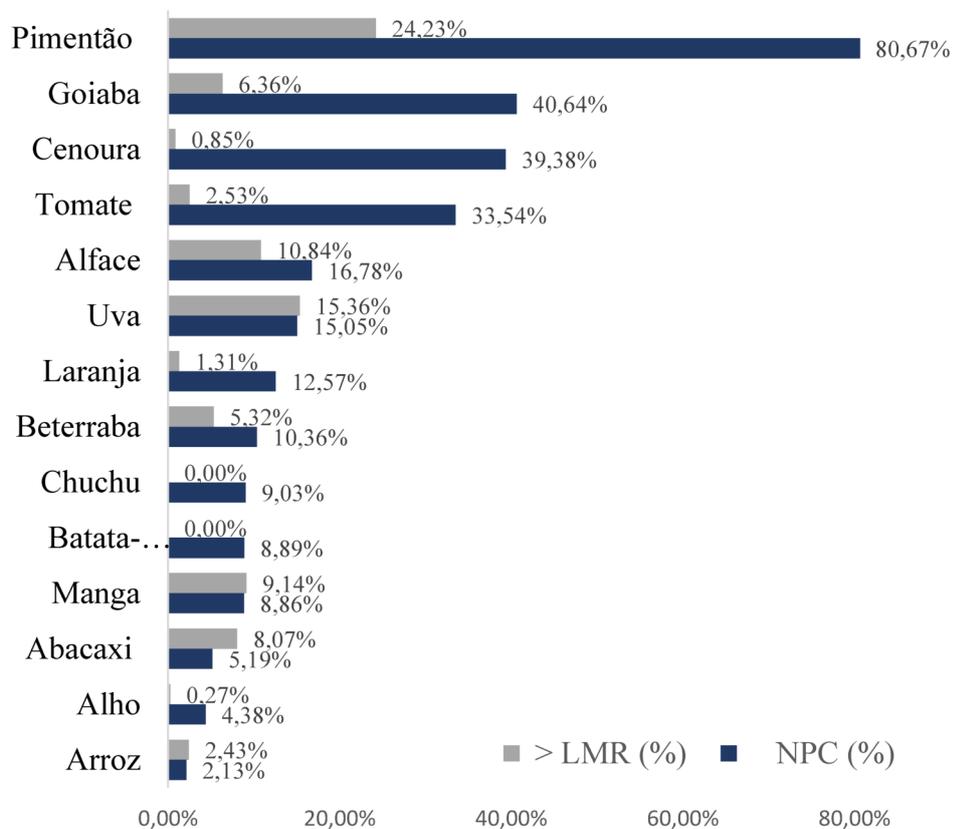
Fonte: ANVISA (2019a)

As análises determinaram que aproximadamente 20,4% das amostras totais analisadas apresentaram resíduos não permitidos para as culturas, além de 5,4% dos alimentos testados obtiveram concentrações acima do LMR permitido. Cabe salientar que LMR é um indicativo de segurança, entretanto, a cartilha ressalta que um alimento que excede o parâmetro não necessariamente apresenta terminante perigo ao consumidor, porém indica irregularidade.

Os critérios de avaliação do limite de resíduos partem de análises toxicológicas, considerando os padrões de exposição dietética, isto é, o grau de ingestão dos alimentos a curto e longo prazo, contudo para comprovar potenciais riscos à saúde do consumidor devem ser realizadas avaliações específicas, seguindo parâmetros de riscos, exposição e dose-resposta, a exemplo a DrfA (dose de referência aguda) e a IDA previstas, no Brasil, conforme RDC nº 295, de 29 de julho de 2019 (ANVISA, 2019b).

Além disso, infere-se que esses critérios podem variar de acordo com os países, estados, costumes e classes sociais, bem como as especificidades de cada cultura. No mesmo estudo citado, o programa detalhou os variados tipos de vegetais e com suas respectivas irregularidades conforme representadas na Figura 11.

Figura 11 – Resultados em % das amostras analisadas que apresentaram irregulares de Alimentos de Origem Vegetal.



Fonte: Adaptado ANVISA (2019a)

Dentre os resultados detalhados, foi percebido alta incidências de resíduos não permitidos, cabendo destacar as culturas de pimentão (80,67%), goiaba (40,64%), cenoura (39,38%) e tomate (33,54%). Das amostras com LMR acima do permitido por lei, cabe destacar os vegetais pimentão (24,23%), uva (15,36%) e alface (10,84%), respectivamente. O estudo, ainda, discriminou as substâncias com maior recorrência de detecção, conforme exposto na Tabela 7.

Dada a relevância das incidências, bem como as variadas substâncias detectadas, é destacado situações do alimento “*Minor Crops*”, denominado no Brasil como Culturas com Suporte Fitossanitários Insuficientes – CSFI, a exemplo do tomate, do pimentão e da goiaba. Esse grupo de vegetais possuem um número reduzido de defensivos e afins permitidos para manejo e para controle de pragas e doenças.

A Instrução Normativa Conjunta Nº 1, de 16 de junho de 2014 visa facilitar possíveis demandas de alteração para “atendimento das demandas fitossanitárias” (BRASIL, 2014). Em suma a norma estabelece um limite máximo de resíduo provisório, a fim de atender

demandas econômicas e emergências fitossanitárias. Dessa forma, os produtores e as indústrias de agroquímicos podem assim solicitar aos órgãos competentes novos registros e flexibilização do LMR mediante comprovação técnico-científica sobre a necessidade.

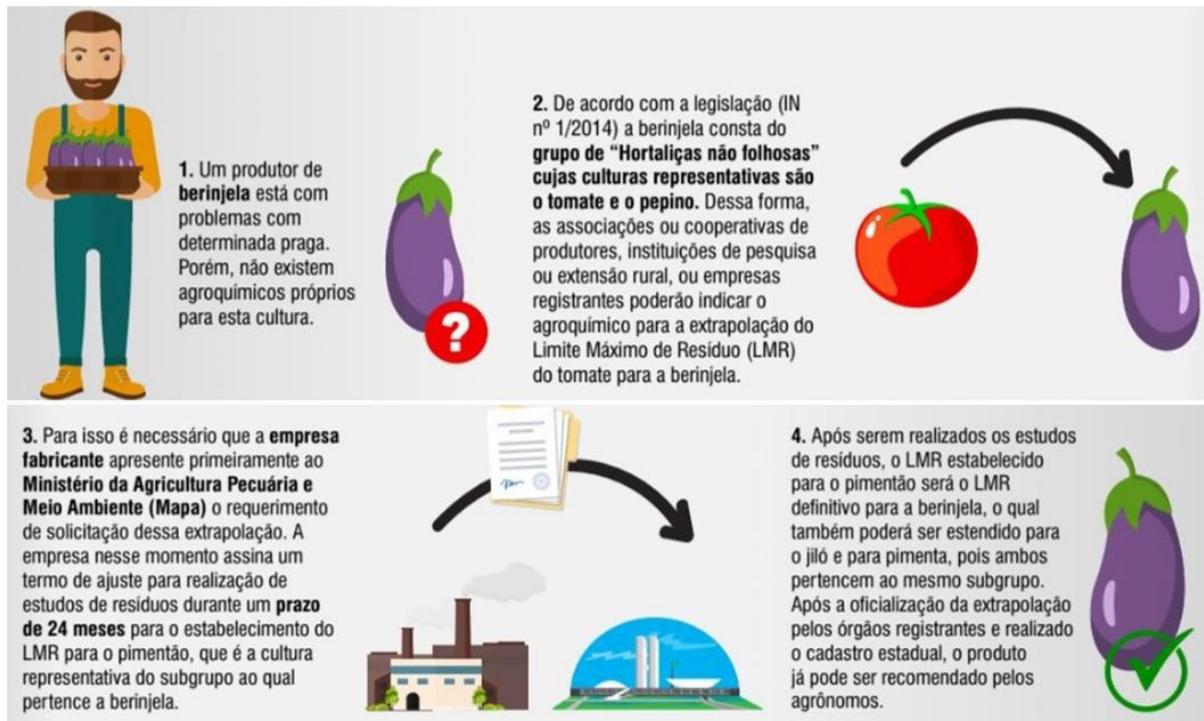
Tabela 7 – Descrição dos principais defensivos agrícolas encontrados nos alimentos irregulares

<b>Alimento</b>	<b>Principais substâncias com maior grau de LMR</b>	<b>Principais substâncias com maior incidência de NPC</b>
Pimentão	Cipermetrina, deltametrina e carbendazim	Acefato, metomil e clorpirifós
Goiaba	Imidacloprido, tebuconazol e ciproconazol	Cipermetrina, ditiocarbamatos, carbendazim, lambda-cialotrina e acefato.
Cenoura	Triflurarina e tetraconazol	Clorpirifós, acefato e flutriafol
Tomate	Bifentrina, ciflutrina e lambda-cialotrina	Acefato, clorpirifós e fipronil
Alface	Imidacloprido, cipermetrina e pencicuum	Acefato, clorfenapir e carbendazim
Uva	Etefom, clotianidina e bifentrina	Propargito, hexitiazoxi, fenpiroximato e acefato
Laranja	Formetano	Carbofurano, 2,4-D e mepiquate.
Beterraba	Ditiocarbamatos	Clorpirifós, pendimetalina, acefato e protiofós
Chuchu	-	Acefato, dimetoato e carbendazim
Batata-doce	-	Captana e ciromazina.
Manga	Formetanato	Ometoato, glifosato e acefato
Abacaxi	Carbendazim, etefom e imidacloprido	Azoxistrobina, ciromazina, diflubenzurom, epoxiconazol e imazalil.
Alho	Azoxistrobina.	Propamocarbe e ciromazina
Arroz	Todas piraclostrobina	Captana, Clotianidina e fenpropratrina

Fonte: Adaptado Anvisa (2019a)

A solicitação é assim avaliada e verificada para, posteriormente, se validada, aprovar novos critérios técnicos provisoriamente, contendo prazo máximo de 24 meses, conforme ilustrado no boletim informativo publicado pela Federação de Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), exposto na Figura 12.

Figura 12 - Processo de requerimento para extrapolação do LMR de determinada cultura



Fonte: Sistema FAEP (2018)

Apesar de beneficiar produtores, é necessário entender as consequências dessas medidas a longo prazo, bem como entender o porquê o agricultor prefere utilizar essa estratégia em suas lavouras. Em Reis Filho e colaboradores (2009) buscaram detectar as possíveis causas do uso intensivo de agrotóxicos nas culturas de tomate na região de Goianópolis, em Goiás. Observou-se o recorrente uso de pesticida preventivo pelos agricultores, mesmo não havendo necessidade, em desrespeito ao intervalo de segurança dos produtos especificados pelo fabricante. Alguns produtores admitiam uso abusivo, mas justificavam pelo medo de perdas, demonstrando desconhecimento ou descrença dos entrevistados em alternativas de manejo que buscam reduzir a utilização de agroquímicos.

O intervalo de segurança ou período de carência trata-se de um ciclo de confiança entre a aplicação do defensivo agrícola durante o processo produtivo, englobando o período entre a última aplicação e a colheita, o pós-colheita, comercialização, bem como o intervalo para consumo de pasto (BRASIL, 2002). Esse período de carência é analisado pela curva de decaimento do produto, feita por estudos específicos para cada produto e tipo de cultura que avaliam o tempo necessário da próxima aplicação para respeitar o LMR, conforme a

necessidade da substância de acordo com o manejo. Essas informações constam na bula do produto ou receituário agrônomo.

Contudo, essa necessária pausa é pouco respeitada no campo, como mostra Siqueira *et al.* (2013) que analisou a utilização de defensivos agrícolas no cultivo de hortaliças por trabalhadores rurais do município de Vitória de Santo Antão – PE e constatou que 28,3% dos trabalhadores desconhecem o período de carência e 3,8% admitiam não obedecer ao referido período, bem como 18,4% sequer sabiam qual tipo de agrotóxico era utilizado em seu plantio. Vale ressaltar que o estudo observou baixo grau de escolaridade entre os trabalhadores do campo, com uma parcela de 19,7% composta de analfabetos e uma maioria (57%) de agricultores com ensino fundamental incompleto.

Em suma, a pesquisa apurou risco de controle à saúde dos consumidores pela não utilização adequada do produto, bem como riscos à saúde dos manipuladores por não fazerem uso correto dos equipamentos de proteção individual, além do descarte incorreto de embalagens, indicando também contaminações ambientais.

Não obstante, um estudo publicado na revista *Ciência Agrícola* entrevistou produtores de tomate do município de Cambuci, no Rio de Janeiro, constatou na região produtores rurais de baixa escolaridade, pois 68,4% dos produtores não possuem ensino fundamental completo, sendo indicativo de possíveis dificuldades para ler e entender as bulas dos produtos. Cabe destacar que 20% dos entrevistados não utilizavam EPI e 75,4% dos produtores acham impossível a colheita sem utilização de pesticidas (CARVALHO *et al.*, 2016). Assim como em Reis Filho *et al.* (2009), o estudo constatou falhas nas normas de boas práticas agrícolas.

Além da falta de conhecimento da maioria dos produtores rurais, há carências de profissionais especialistas, bem como a tímida participação de órgãos públicos no fornecimento de assistência técnica especializada. As consequências do uso excessivo do produto no campo acarretam maior custo de produção, desequilíbrio no ecossistema, por conseguinte, aparecimento de pragas secundárias, sendo de suma importância entender os efeitos dos pesticidas na fisiologia da planta e os fatores que resultam no potencial biótico das pragas (CARVALHO *et al.*, 2016).

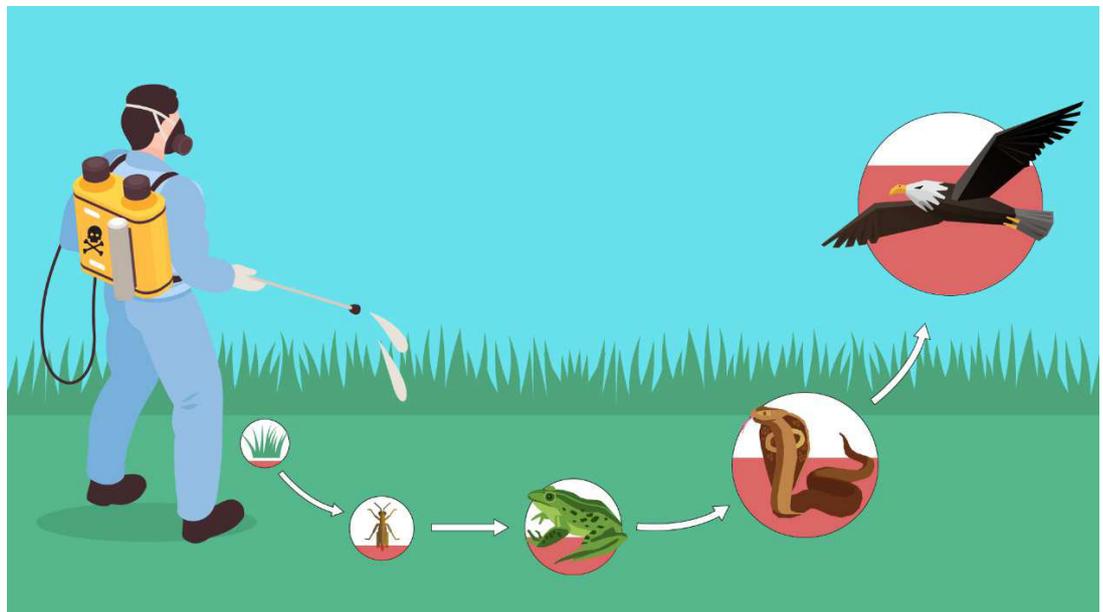
### **3.4.2 Contaminação de alimentos de origem animal**

Apesar de comumente a contaminação de defensivos agrícolas está associada a alimentos *in natura*, diversos estudos demonstram a presença dessas substâncias em produtos

como leites, carnes, ovos, podendo ser consequência de contaminações oriundas da alimentação, pela ingestão de vegetais contaminados, rações etc., bem como água contaminada. Outra via de contágios por substância pode haver durante o controle de ectoparasitas, como pulgas e carrapatos, que se alojam sob a pele do animal e podem transmitir doenças.

Um organismo vivo pode vir a aumentar a concentração química de um composto em seu organismo pelo um processo denominado de bioconcentração, a qual ocorre absorção da substância contaminante por via respiratória ou por contato com a pele. Contudo, os poluentes são absorvidos e se acumulam progressivamente ao longo da cadeia alimentar, resultando na transferência até o maior nível trófico, fenômeno conhecido como biomagnificação (VOUTSAS; MAGOULAS; TASSIOS, 2002), conforme ilustrado pela Figura 13. Em outras palavras, os consumidores do topo da cadeia alimentar absorvem grandes quantidades de contaminantes, devido a alimentação de variados seres vivos da sequência contendo resíduos de contaminantes nos tecidos.

Figura 13 - Ilustração do processo de biomagnificação pela concentração de pesticidas em vermelho intensificados ao longo da cadeia trófica

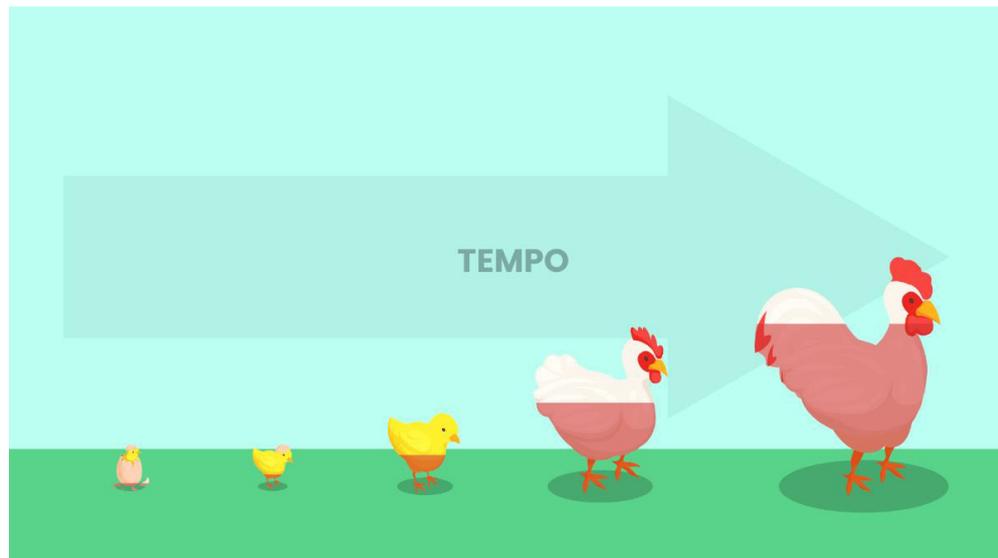


Fonte: De autoria própria

Após ingeridas, alguns tipos de defensivos agrícolas não possuem capacidades biodegradáveis, por isso são absorvidos e acumulados pelo organismo, incapaz de metabolizar esses poluentes, processo denominado como bioacumulação, conforme ilustrado na Figura 14. Este processo é o resultado da soma dos fenômenos de bioconcentração e biomagnificação que,

em termo gerais, entende-se que o processo pode ocorrer de forma direta, a partir do meio ambiente contendo poluentes em solo, sedimentos ou na água, bem como de forma indireta pela ingestão de alimentos contaminados.

Figura 14 - Bioacumulação de pesticidas representados em vermelho no organismo de um galo ao longo da vida



Fonte: De autoria própria

Aliado às particularidades acumulativas, determinados produtos fitossanitários possuem também características de lipossolubilidade. Portanto, possuem facilidade de adesão em gordura e, por conseguinte, conseguem adentrar no tecido adiposo de animais, contribuindo assim para maior bioacumulação.

Um exemplo extensamente discutido na literatura sobre o fenômeno de bioacumulação tem base no estudo desenvolvido por Dewailly e colaboradores (1999), o qual atribuiu a dieta rica em gordura de mamíferos marinhos pela população inuítes, povos esquimós que habitam regiões árticas da Groelândia. Foi observado uma grande concentração de organoclorados nos órgãos de groenlandeses falecidos entre 1992 e 1994, a partir de análises realizadas por cromatografia gasosa de alta resolução, em amostras do fígado, cérebro, gordura omental e gordura abdominal subcutânea, identificando a presença de onze pesticidas clorados e catorze variantes de bifenilas policloradas (PCBs), composto aromáticos clorados sintéticos oriundos de atividades industriais.

Os resultados foram comparados utilizando o mesmo método analítico em amostras de habitantes de Quebec, no Canadá, demonstrando um concentração média de PCBs, 2,2'-bis(4-

clorofenil)-1,1-dicloroetileno,  $\beta$ -hexaclorociclohexano, hexaclorobenzeno (HCB), mirex, trans-nonacloro, e oxiclordano em amostras de tecido adiposo foram 3 a 34 vezes maiores na população de inuítes.

O estudo é amplamente comparado a dados internacionais de populações de centros industriais, visto que a população inuítes embora vivam em região mais remota, possuem alta carga corporal de organoclorados devido ingestão diária de grandes quantidades de mamíferos marinhos, deixando a população vulnerável aos efeitos da biomagnificação. O mesmo estudo cita os resultados de uma pesquisa realizada em 1989-1990 em Nunavik, a qual comparou o leite materno da comunidade de inuítes a lactantes em Québec que demonstrou resultado de 2 a 10 vezes maior que o grupo de referência.

Na pesquisa realizada por Costabeber e colaboradores (2003), relacionou a frequência do consumo de carne e pescado aos níveis de resíduos de organoclorados em amostras de tecido adiposo de glândulas mamárias de mulheres residentes em Córdoba, na Espanha. A pesquisa testou 134 amostras de 1g de tecido gorduroso para análise dos organoclorados hexaclorobenzenos (HCB), lindano ( $\gamma$ -HCH), aldrin, e 4,4'-diclorodifenil-1,1'-dicloroetileno (p,p'-DDE) utilizando cromatografia gasosa. Bem como, foram colhidas informações sobre idade e periodicidade do consumo de pescado e carne entre as participantes, obtendo intervalos de consumo semanal de uma vez até mais de quatro vezes de consumo por semana.

Nas amostras analisadas, os compostos p,p'-DDE e HCB obtiveram a maior incidência 100% e 98%, respectivamente. Ao passo que aldrin obteve 64% de detecção e  $\gamma$ -HCH obteve menor percentual com frequência 16%. Já em termos de concentração média o p,p'-DDE apresentou a maior concentração (1,869  $\mu\text{g/g}$  de tecido adiposo), seguido de HCB (0,236  $\mu\text{g/g}$  de tecido adiposo), enquanto os compostos HCH e o aldrin obtiveram as menores médias (0,003 e 0,006  $\mu\text{g/g}$  de tecido adiposo, respectivamente).

As análises finais mostraram que p,p'-DDE obteve as maiores concentrações médias atreladas a frequência semanal do consumo de carne. Os resultados também mostraram que a concentração média dessa substância aumentava significativamente sua presença no tecido adiposo se o consumo de carne fosse maior que quatro vezes por semana, indicando que p,p'-DDE é um forte acumulador. Em contrapartida, não houve nenhuma alteração significativa nas concentrações dos compostos analisados relacionados com a frequência de consumo de pescado.

### 3.4.3 *Presença de pesticidas em alimentos processados*

Em alimentos, como frutas e legumes, há presença de agrotóxicos que repousam nas cascas dos vegetais, todavia, procedimentos como lavagem ou retirada de cascas e folhas podem reduzir a concentração de agrotóxicos presente no exterior do vegetal, porém a maior parte do resíduo químico presente é absorvida pela planta ou pelo fruto sistematicamente, impossibilitando a retirada (STOPPELLI; MAGALHÃES, 2005). Devido a isso, indicativos de adequabilidade dos alimentos se fazem tão importantes para verificação sanitária de produtos como aptos para consumo humano sem oferecer perigo.

Neste sentido, são dadas prioridades, em sua maioria, às análises de controle de resíduos de defensivos agrícolas em produtos *in natura*, produtos os quais não sofreram qualquer alteração após deixarem a natureza, a fim de simular a condição de maior contato com os agentes. Os resultados obtidos dos produtos *in natura* são confrontados com LMR de cada cultura para análises de concentração e identificação das substâncias.

Entretanto, evidências demonstram que pesticidas podem estar presentes em produtos que foram submetidos a diversos tipos de processamento, contudo carecem de regulação específicas de monitoramentos ou, sequer, de adequabilidade. A exemplo de comparativo sobre a presença de defensivos agrícolas em alimentos processados e não processados há o estudo publicados pela Acta Veterinária Brasileira em 2012, o qual listou variados artigos que submeteram produtos de origem animal a análises, a fim de identificar pesticidas (MELLO; SILVEIRA, 2012), conforme especificado na Tabela 8.

A partir da Tabela 8, a revisão expôs a presença de pesticidas organoclorados, organofosforados e carbamatos podem estar presentes em produtos de origem animal, ratificando sobre a importância do monitoramento e controle de resíduos de pesticidas e medicamentos de uso veterinário na produção agrícola. Cabe ressaltar, ainda, o destaque de organoclorados, presente na maioria dos produtos referenciados, que se caracteriza pela sua alta lipossolubilidade, prolongada persistência ambiental e propriedades que permitem a bioacumulação em organismos vivos. Trazendo, portanto, toxicidade em seres humanos principalmente por meio da alimentação, especialmente em alimentos com alto teor de gordura.

O processo de transferência também foi observado por Marcão (2015), pesquisa bibliográfica que avaliou a contaminação de pesticidas em leite, queijo, manteiga e iogurte. Contudo, o estudo salientou que produtos como manteiga, produto de importante detecção devido ao teor de gordura, apesar de, a princípio, favorecer o acúmulo de resíduos, porém pelos estudos não apresentou relação ao nível de contaminação. Em contrapartida, a literatura

destacou riscos ambientais como principais causadores da presença de contaminantes nesses produtos.

Tabela 8 – Resíduos de agrotóxicos em produtos de origem animal

<b>Produto de origem animal</b>	<b>Agrotóxico encontrado</b>	<b>Resultados*</b>	<b>Referências</b>
Leite cru	Carbamatos Organofosforados	93,80%	Nero <i>et al.</i> , 2007
Queijos	Organoclorados	100%	Santos <i>et al.</i> , 2006
Leite Pasteurizado	Organoclorados	95%	Martinez <i>et al.</i> , 1997
Leite, queijo, manteiga e iogurte	Organoclorados	20,60%	Salem; Ahmad ; Estitieh, 2009
Produtos cárneos sob inspeção federal	Organoclorados	96,9% matéria prima 97,7% produto processado	Carvalho, 1980
Salsicha Hot-dog	Organoclorados Bifenilas policloradas	Amostras apresentaram níveis abaixo dos estabelecidos pela legislação Nacional	Bogusz Junior <i>et al.</i> , 2004
Ovos	Organoclorados	28%	Ahmad, 2010
Carne de Frango		20%	
Carne Bovina		49%	
Peixe moluscos crustáceos	Organoclorados, Policlorobifenilos	100%	Stefanelli <i>et al.</i> , 2004

\* % de amostras com resíduos detectados.

Fonte: Mello e Silveira (2012)

Além disso, foi relacionado a exposição de tratamentos térmicos em determinados produtos com a reduziram níveis de resíduos, entretanto não foi capaz de degradar completamente. Cabe destacar, ainda, a observação do potencial de remoção dos defensivos em iogurtes atribuídos por microrganismo fermentadores utilizados na produção, bem como pesquisas que apontam a degradação de compostos organofosforados pela ação de bactérias ácido lácticas, associadas proporcionalmente a produção da enzima fosfatase. Ademais, o estudo salientou dificuldades pela escassez de estudos que relacionam a contaminação de pesticidas em matrizes lácteas, levantando a carências de estudos em produtos de consumo popular como sorvetes, leites fermentados, leite condensados e doces de leite.

Buscando analisar produtos de amplo consumo entre brasileiros, pesquisas mais recentes apresentadas pelo Idec evidenciaram a presença de contaminação de produtos industrializados por pesticidas, levantando questionamentos sobre segurança dos alimentos e melhores práticas de comercialização.

A primeira pesquisa se deveu pela testagem de 27 produtos processados de base vegetal. Esses produtos foram divididos em 8 categorias, categorizados em bebidas, como refrigerantes, néctares e bebidas de soja, além de cereais matinais, salgadinhos, biscoitos de água e sal, biscoitos recheados e pães de trigo. Os critérios adotados para escolhas dos produtos foram de fácil comercialização, além de serem produtos com apelo ao público infantil ou com apelo à saúde, bem como produtos com maior teor de açúcar, trigo, milho e soja em sua formulação.

O estudo investigou a presença ou não de defensivos agrícolas e se suas quantidades estavam dentro dos limites permitidos para produtos *in natura*. Além disso, também se direcionou a atenção para pesticidas não permitidos para as culturas vegetais presentes nos ingredientes dos produtos. Dentre os compostos analisados, foram realizadas testagens de análise multiresidual, para variados tipos de pesticidas, bem como análises específicas para presença de glifosato, glufosinato, diquat e paraquate, conforme exposto na Tabela 9.

Das oito categorias divididas, seis apresentaram presença de agrotóxicos em pelo menos um dos produtos e apenas nas categorias refrigerantes e néctares não foram detectados pesticidas. Mais da metade dos produtos possuíam ao menos um tipo de defensivo agrícola, sendo 14 dos produtos analisados testaram positivo para glifosato ou glufosinato. Cabe salientar que todos os produtos que possuíam trigo em sua formulação indicaram a presença de produtos fitossanitários.

Além da presença de glifosato e glufosinato, o estudo apontou a detecção de outros defensivos agrícolas como carbendazim (MBC) e benomil, cialotrina-lambda, cipermetrina, clorpirifós, clorpirifós-metílico, bifentrina, deltametrina, fenitrotiona, malationa e pirimifós-metílico. Vale ressaltar a presença do sinergista butóxido de piperonila (PBO) em 13 dos 27 produtos avaliados. O produto possui a maior utilização industrial como potencializador do efeito de alguns pesticidas, como carbamatos, organofosforados e piretróides, pois atua principalmente inibindo a atividade da enzima oxidase, aumentando a atividade e toxicidade de pesticidas.

Alguns estudos demonstram a utilização do composto como sinergista de inseticidas para controle da população *Aedes aegypti* (PEREIRA, 2008), ou como potencializador de toxicidade em populações de insetos resistentes (BECKEL; LORINI; LAZZARI, 2006). Contudo, seus danos à saúde humana são debatidos, como é o caso de um estudo feito nos EUA com mulheres entre 18 e 35 anos de idade, acompanhadas por pelo menos um ano após o início da gravidez, sugere a exposição de PBO com potencial toxicidade sobre o sistema endócrino, podendo trazer riscos à saúde reprodutiva (WILLIAMS *et al.*, 2008).

Tabela 9 – Resultados dos testes em produtos processados com base vegetal por produto analisado

<b>Categorias</b>	<b>Marcas</b>	<b>Glufosinato</b>	<b>Glifosato</b>	<b>Outros agrotóxicos não especificados</b>
<b>Refrigerante</b>	Coca-cola (Coca-Cola Company)	ND	ND	ND
	Pepsi (Ambev)	ND	ND	ND
	Guaraná Antarctica (Ambev)	ND	ND	ND
<b>Néctares</b>	Maguary (Britivic Ebba)	ND	ND	ND
	Del Valle (Coca-Cola Company)	ND	ND	ND
	Su Fresh (Wow Nutrition)	ND	ND	ND
<b>Bebida de Soja</b>	Ades (Coca-Cola Company)	ND	ND	ND
	Shefa (Shefa)	ND	ND	ND
	Batavo (Lactalis)	ND	ND	ND
<b>Cereais matinais</b>	Sucrilhos (Kellogg's)	ND	ND	ND
	Cereal Nescau (Nestlé)	ND	ND	ND
	Nesfit (Nestlé)	ND	ND	2 agrotóxicos
<b>Salgadinhos</b>	Fandangos (Pepsico)	ND	ND	ND
	Baconzitos (Pepsico)	ND	D	ND
	Torcida (Pepsico)	D	D	3 agrotóxicos + butóxido de piperonila
<b>Biscoitos de água e sal</b>	Marilan (Marilan Alimentos)	D	D	6 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Vitarella (M Dias Branco)	D	D	7 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Triunfo (Arcor)	D	D	5 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Zabet (M Dias Branco)	ND	D	6 agrotóxicos + butóxido de piperonila
<b>Biscoitos Recheados</b>	Bono (Nestlé)	ND	ND	3 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Negresco (Nestlé)	ND	D	2 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Oreo (Mondelez)	ND	D	5 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Traquinas (Mondelez)	ND	D	7 agrotóxicos + butóxido de piperonila
<b>Pães de Trigo ou Bisnaguinha</b>	Pullman (Bimbo do Brasil)	ND	D	3 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Wickbold (Wickbold)	D	ND	3 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Panco (Panco)	ND	D	8 agrotóxicos + butóxido de piperonila
	Seven Boys (Wickbold)	D	D	6 agrotóxicos + butóxido de piperonila

ND = Não detectado; D = Detectado. Fonte: Adaptado Idec (2021)

Posterior a detecção de agentes fitossanitários em produtos processados, o Idec voltou a analisar mais categorias de produtos industrializados voltando a atenção a produtos derivados de carne e de leite com base em produtos com maior volume de vendas e de fácil comercialização. Foram analisadas 24 amostras de mercadoria e divididas em 8 categorias de produtos com as marcas de maior preferência entre os consumidores brasileiros, segmentadas em linguiça suína tipo calabresa, salsicha, mortadela, hambúrguer de carne bovina, empanado de frango, iogurtes, bebida láctea sabor chocolate e requeijão.

Além de categorizar a presença de pesticidas, o estudo também buscou a presença de possíveis medicamentos de uso veterinários ou da presença do PBO, conforme exposto na Tabela 10.

A partir dos resultados, foi identificado presença de agrotóxico em 14 dos 24 produtos analisados, sendo percebido que todos os produtos que possuíam carne em sua composição apresentaram algum resíduo de pesticida, cabendo destacar a categoria empanado de frango, sendo destaque a marca Seara que apresentou 5 tipos da substância em sua composição.

Essa categoria atestou resultado positivo para presença de defensivos agrícolas em todos os lotes analisados, sendo relatado a presença de para pirimifós metílico em desconformidade de LMR, contudo foi não especificado a concentração encontrada. Cabe ressaltar o destaque da cartilha do Idec ao apelo publicitário das marcas de empanado ao público infantil por meio da utilização de personagens de desenhos animados, além de conter formatos variados para chamar atenção de crianças, principal consumidor.

De acordo com a monografia de agrotóxicos disponibilizada no site da Anvisa, o composto pirimifós metílico trata-se de um inseticida e acaricida organofosforado indicado para combate a carunchos, mosquitos adultos e larvas em culturas de arroz, aveia, centeio, cevada, milho, sorgo, trigo e triticale (ANVISA, 2023). Em Sgarbiero (2002), foi visto a presença de resíduos desse inseticida em maior concentração em produtos processados ricos em óleo, como o farelo de trigo e milho, com maior persistência a degradação que em alimentos com menor teor de gorduras, podendo ser inferido como fator de bioacumulação.

Outra categoria que chamou atenção pela diversidade de pesticidas encontrados foi o requeijão, em especial as marcas Vigor e Itambé. Ambas indicaram a presença fluazurona, medicamento de uso veterinário usualmente utilizada para controle de carrapatos, bem como a presença do inseticida Cipermetrina, também encontrado em duas marcas de empanado. Esse composto pertence ao grupo químico dos piretroides e é comumente utilizado para controle de formigas, autorizado para diversas culturas, como arroz, batata, milho, soja, tomate e feijão.

Tabela 10 – Resultados dos testes em produtos processados derivados de carnes e leite por produto analisado

<b>Categorias</b>	<b>Marcas</b>	<b>Resíduos de Agrotóxicos Detectados</b>	<b>Outras substâncias identificadas</b>
<b>Linguiça Suína</b>	Sadia (BRF)	ND	ND
<b>Calabresa</b>	Perdigão (BRF)	ND	ND
<b>Salsicha</b>	Seara (JBS)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
	Sadia (BRF)	Glufosinato	ND
	Perdigão (BRF)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
<b>Mortadela</b>	Aurora (Cooperativa Central Oeste Catarinense Aurora)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
	Sadia (BRF)	ND	ND
	Perdigão (BRF)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
<b>Hambúrguer de carne bovina</b>	Seara (JBS)	Glifosato	ND
	Sadia (BRF)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
	Perdigão (BRF)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
<b>Empanado de Frango (nugget)</b>	Seara (JBS)	Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
	Sadia (BRF)	Pirimifós Metílico	Butóxido de Piperonila
	Perdigão (BRF)	Pirimifós Metílico e Cialotrina Lambda	Butóxido de Piperonila
<b>Iogurte Ultraprocessado</b>	Seara (JBS)	Bifentrina, Cialotrina Lambda, Glufosinato, Pirimifós Metílico e Glifosato e seu metabólito AMPA	ND
	Activia (Danone)	ND	ND
	Nestlé (Nestlé)	ND	ND
<b>Bebida láctea sabor chocolate</b>	Danone (Danone)	ND	ND
	Nescau (Nestlé)	ND	ND
	Toddy (PepsiCo)	ND	ND
<b>Requeijão</b>	Pirakids (Laticínios Bela Vista)	ND	ND
	Vigor (Lala Group)	Cipermetrina e Fipronil	(IFA) (fluazurona) + metabólitos de fipronil e sulfona
	Nestlé (Nestlé)	ND	ND
	Itambé (Lactalis)	Cipermetrina e Clorpirifós	(IFA) (fluazurona)

ND = Não detectado. Fonte: Adaptado Idec (2022)

## 4 CONCLUSÃO

Frente às alterações de vigências internacionais e às atualizações acerca da autorização, proibição ou diminuição de limites de resíduos de pesticidas, constata-se a relevância de programas de constante monitoramento para fornecimento de dados de alimentos seguros e de qualidade para o consumo humano, como é o caso do PARA e do PNCRC. A partir disso, é preciso analisar com cautela estudos e alegações científicas atuais, bem como avaliar as considerações da exposição dietética.

No que se refere as principais causas do uso incorreto de pesticidas, atrelados a falhas no programa de boas práticas agrícolas, foi observado descrença ou despreparo dos produtores rurais, optando por aplicações desnecessárias ou desrespeitando o intervalo de segurança estabelecidos na bula dos agrotóxicos. Vale ressaltar as menções dos estudos analisados sobre a baixa escolaridade dos manipuladores, bem como a carência de mão de obra técnica especializada em culturas específicas, mas também em soluções alternativas, aliado a ausência de acompanhamento de órgãos competentes como um dos principais fatores de não conformidades no LMR.

Os estudos apresentados permitiram desmitificar que a presença de agrotóxicos é restrita apenas a produtos de origem vegetal, mas também podem ser carregadas por alimentos de origem animal, agravados pelo processo de biomagnificação e bioacumulação de alguns tipos de pesticidas, como organoclorados, organofosforados e carbamatos, especialmente os produtos contendo maior teor em gordura.

Cabe salientar que as publicações apresentadas mencionaram ainda que produtos com tratamento térmicos apresentaram diminuição na concentração dos agentes fitossanitárias, contudo, mostraram-se incapazes de eliminar o resíduo. Entretanto, houve menção de estudos que apresentam a degradação de compostos organofosforados durante o processo metabólico de bactérias ácido lácticas em produtos derivados do leite.

Além disso, foi apresentado publicações que constataram também a presença de variados defensivos agrícolas, ingredientes ativos e medicamentos de uso veterinário em alimentos processados e ultraprocessados. Contudo, os estudos careceram de dados de comparação dietéticas ou limite de resíduos nessas classes de produtos, sendo necessário estudos centrados nas toxicidades do alimento frente à níveis mais específicos de ingestão diária e LMR de alimentos industrializados, para obter parâmetros de controle a ser monitorado por órgãos competentes, visando garantir segurança na alimentação dos brasileiros.

## REFERÊNCIAS

ABDOURAHIME, H. *et al.* Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance mancozeb. **EFSA Journal**. v. 18, n. 12, p. 5755, 2020.

Agência Senado. Senado vai ampliar debate do projeto que altera Lei dos Agrotóxicos. **Canal Rural**. Publicado em 14 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/politica/senado-vai-ampliar-debate-do-projeto-que-altera-lei-dos-agrotoxicos/> Acesso 12 de outubro de 2022

AHMAD, R.; SALLEM, N. M.; ESTAITIEH, H. Occurrence of organochlorine pesticide residues in eggs, chicken and meat in Jordan. **Chemosphere**, v. 78, n. 6, p. 667-671, 2010.

AKASHE, M. M. ; PAWADE, U. V. ; NIKAM, A. V. Classification of pesticides: A Review. **International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy**, v. 9, n. 4, p. 144-150. 2018.

AKINSANYA, B. OLALERU, F. SAMUEL, O.B. AKEREDOLU, E. Bioaccumulation of Organochlorine Pesticides, *Procamallanus* sp. (Baylis, 1923) infections, and Microbial Colonization in African Snakehead fish Sampled from Lekki Lagoon, Lagos, Nigeria. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, n. 4, p. 1095-105, 2021.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **INSTRUÇÃO NORMATIVA CONJUNTA - INC Nº 2, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2018**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Publicado em: 08 fev. 2018. Ed. 28. Seção 1. Páginas 26-149.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografias de agrotóxicos**. Brasília:, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias>. Acesso 01 de mai. 2023

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos PARA**: relatório das amostras analisadas no período de 2017-2018: primeiro ciclo do Plano Plurianual 2017-2020. Brasília, 2019a. Disponível em: <http://bibliotecadigital.anvisa.ibict.br/jspui/handle/anvisa/444> Acesso em: 14 de junho de 2023.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 295, DE 29 DE JULHO DE 2019b**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Publicado em: 31 jul. 2019. Ed. 146. Seção 1. Página 85.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Novo marco regulatório de agrotóxicos**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Publicado em: em 21 de setembro de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acesoainformacao/perguntas-frequentes/agrotoxicos/novo-marco-regulatorio> Acesso 03 jul. 2023

AVERSI-FERREIRA, Tales Alexandre. **Mitigação de pesticidas com o uso de nanotubos de carbono - um estudo de Mecânica Quântica** Dissertação (Mestrado em Física). Universidade Federal de Alfenas. Minas Gerais, 2023.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. BOOKMAN COMPANHIA ED, 4ª Ed., 2011, 844 p.

BECKEL, H. S.; LORINI, I.; LAZZARI, S. M. N. Efeito do sinergista butóxido de piperonila na resistência de *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Silvanidae) a deltametrina e fenitrotiom. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 110–4, 2006.

BOGUSZ JUNIOR, S.; SANTOS, J. S.; XAVIER, A. A. O.; WEBER, J.; LEÃES, F. L.; COSTABEBER, I. Contaminação por compostos organoclorados em salsichas hot-dog comercializadas na cidade de Santa Maria (RS), Brasil. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1593-1596, 2004.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1459, de 2022**. Substitutivo da Câmara dos Deputados ao Projeto de Lei do Senado nº 526, de 1999. Brasília, DF: Senado Federal, 2022a. Disponível em: [https://www25.senado.leg.br/web/atividade/46 elatóri/-/46elatór/153396](https://www25.senado.leg.br/web/atividade/46/elatóri/-/46elatór/153396) Acesso 12 de outubro de 2022

BRASIL. Decreto nº n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. 2002, Seção 1, p. 1.

BRASIL. Instrução Normativa Conjunta nº1 de 16 de junho de 2014. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. 18 jun. 2014. Seção 1, Página 4.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anvisa vai reclassificar defensivos agrícolas que estão no mercado**. Novo Marco Regulatório. Publicado em 23 julho de 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/anvisa-vai-reclassificar-todos-os-agrotoxicos-que-estao-no-mercado> Acesso 25 de jan. de 2023

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 1459, de 2022**. Substitutivo da Câmara dos Deputados ao Projeto de Lei do Senado nº 526, de 1999. Brasília, DF: Senado Federal, 2023. <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153396>> Acesso 11 julho 2023

CARNEIRO, S.V. QUEIROZ, V.H.R. de. CRUZ, A.A.C. Cruza. FECHINE, L.M.U.D. DENARDINB, J.C. FREIRE, R.M. NASCIMENTO, R.F. do. FECHINE, P.B.A. Sensing strategy based on Carbon Quantum Dots obtained from riboflavin for the identification of pesticides. **Sensors and Actuators B: Chemical**. v. 301, n. 127149, p. 1-13, 2019.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 529-537, 2000.

CARVALHO, C. R. F., NIRALDO, J. P., CLÁUDIO, L. M. S. Levantamento dos agrotóxicos e manejo na cultura do tomateiro no município de Cambuci-RJ. Rio de Janeiro. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 14, n. 1, p. 15-28, 2016.

CARVALHO, J. P. P.; NISHIKAWA, A. M.; FAY, E. F. Níveis de resíduos de praguicidas organoclorados em produtos cárneos sob inspeção federal. **Revista de Saúde Pública**, v. 14, n. 3, p. 408-19, 1980.

CNS - Conselho Nacional de Saúde. **CNS repudia aprovação de Projeto de Lei que flexibiliza o uso de agrotóxicos e afeta a saúde da população**. Ministério da Saúde. Publicado em 11 de março de 2022. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/ultimas-noticias-cns/2386-cns-repudia-aprovacao-de-projetos-de-lei-que-flexibilizam-o-uso-de-agrotoxicos-e-afetam-a-saude-da-populacao#:~:text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Sa%C3%BAde,junto%20ao%20Minist%C3%A9rio%20da%20Agricultura>. Acesso 03 de julho 2023.

COSTABEBER, I.; SANTOS, J. S.; EMANUELLI, T. Relação entre a frequência de consumo de carne e pescado e os níveis de hexaclorobenzeno, lindano, aldrin e 4,4' - diclorodifenil - 1,1' dicloroetileno, em tecido adiposo de glândulas mamárias de mulheres espanholas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 151-155, 2003.

DEWAILLY, E. ; MULVAD, G. ; PEDERSEN, H. S. ; AYOTTE, P. ; DEMERS, A. ; WEBER, J. P.; HANSEN, J. C. Concentration of organochlorines in human brain, liver, and adipose tissue autopsy samples from Greenland. **Environmental Health Perspectives**, v. 107, n. 10, p. 823-828, 1999.

EFSA - EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Pesticides.**, 2023. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/pesticides>. Acesso em: 30 jul. 2023.

EFSA - EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Plant Protection Products and their Residues.** 2022. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/pt/science/scientific-committee-and-panels> Acesso em: 10 out. 2022

FAEP - Federação de Agricultura do Estado do Paraná. **Mapa das Minor Crops**. Sistema FAEP. Boletim Informativo. 1460. p. 16-17, 14 dez. 2018. Disponível em: <https://www.sistemafaep.org.br/arquivo/index.html?catalog=BI1460&startPage=16>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E., L., R. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade** [online], v. 7, n. 2, p. 111-124, 2004.

GOTTEMS, Leonardo. Glifosato proibido a partir de dezembro na SÃO. **AGROLINK**. Publicado em 19 de outubro de 2022. Disponível em:

[https://www.agrolink.com.br/noticias/glifosato-proibido-a-partir-de-dezembro-na-s%C3%A3o\\_471802.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/glifosato-proibido-a-partir-de-dezembro-na-s%C3%A3o_471802.html) Acesso 04 nov. 2022.

GRIGORI, Pedro. México proíbe herbicida Glifosato e outros países do continente limitam seu uso. **Agência Pública**. São Paulo. Publicado em 28 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://apublica.org/2021/01/mexico-proibe-herbicida-glifosato-e-outros-paises-do-contidente-limitam-seu-uso/> Acesso 04 nov. 2022.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Painéis de informações de agrotóxicos**: Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/paineis-de-informacoes-de-agrotoxicos> Acesso em: 31 maio 2022.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. [S. l.]: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/48elatórios48/48elatórios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acesso em: 04 nov 2022.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Avaliação ambiental para registro de agrotóxicos, seus componentes e afins de uso agrícola**: Brasília, 29 nov. 2023. Atualização 06 fev. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/avaliacao-e-destinacao/quimicos-e-biologicos/avaliacao-ambiental-para-registro-de-agrotoxicos-seus-componentes-e-afins-de-uso-agricola>. Acesso em: 18 jul 2023

LIMA, M.A.; CORRÊA, I.M.; **Entendendo os limites de resíduos de agrotóxicos em alimentos**. 2012. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2012\\_2/entendendoalimentos/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2012_2/entendendoalimentos/index.htm). Acesso em: 15 fev. 2016.

LINHARES, Amanda Guedes. **Efeito de pesticidas organofosforados e carbamatos sobre a acetilcolinesterase eritrocitária humana e seu potencial uso como biomarcador da exposição ocupacional**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

MARCÃO, L. **Avaliação da presença de agrotóxicos em produtos derivados de leite**. 2015. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

MARTINEZ, M. P.; ÂNGULO, R.; POZO, R.; JODRAL, M. Organochlorine pesticides in pasteurized Milk and associated health risks. **Food Chemistry**, v. 35, n. 6, p. 621-624, 1997.

MATA, J. S.; FERREIRA, R. L. Agrotóxico No Brasil – Uso e Impactos ao Meio Ambiente e a Saúde Pública. **Ecodebate**. 2013. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/02013/08/02/agrotoxico-no-brasil-uso-e-impactos-ao-meio-ambiente-e-a-saude-publica-por-joao-siqueira-da-mata-e-rafael-lobes-ferreira/#:~:text=Cada%20vez%20mais%20surtem%20estudos,que%20n%C3%A3o%20existem%20limite%20di%C3%A1rio>. Acesso 18 de outubro de 2022

MELLO, I. N. K.; SILVEIRA, W. F. Resíduos de agrotóxicos em produtos de origem animal. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 6, n. 2, p. 94-104, 2012.

NANUCI, Ricardo. **Aplicação de fungicidas multissítios em mistura e de forma isolada no manejo da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* na soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Proteção de Planta) – Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí – GO, 2020.

NERO L.A.; MATTOS M.R.; BELOTI V.; BARROS M.A.F.; NETTO D.P.; FRANCO B.D.G.M. Organofosforados e carbamatos no leite produzido em quatro regiões leiteiras no Brasil: Ocorrência e ação sobre *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. *Food Science and Technology*, v. 27, n. 1, p. 201-204, 2007.

NIST – National Institute of Standard and Technology. **Chemistry WebBook**. Disponível em: <https://doi.org/10.18434/T4D303> Acesso 03 jul. 2023.

NPIC - NATIONAL PESTICIDE INFORMATION CENTER. **International Pesticide Regulations**. NPIC, 2022. Disponível em: <http://npic.orst.edu/reg/intreg.html> Acesso em: 10 out. 2022.

O'MALLEY, G. F.; O'MALLEY, R. Intoxicação por organofosforados e carbamatos. Manual MSD. 2022. Disponível em <https://www.msdmanuals.com/pt-br/profissional/les%C3%B5es-intoxica%C3%A7%C3%A3o/intoxica%C3%A7%C3%A3o/intoxica%C3%A7%C3%A3o-por-organofosforados-e-carbamatos> Acesso em 03 de julho de 2023.

PAVANI, Nilton Dias. **Pesticidas: uma revisão dos aspectos que envolvem esses compostos**. 2016. Monografia (Licenciatura plena em Química) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

PEREIRA, B. B. **Efeitos do butóxido de piperonila na toxicidade do organofosforado Temefós e o envolvimento de esterases na resistência de *Aedes aegypti* (Díptera: culicidae) ao Temefós**. 2008. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

POERSCHKE, Lilian Beatriz. **Parâmetros bioquímicos em *Eisenia andrei* após exposição a pesticidas utilizados no cultivo da soja em solo sob integração lavoura-pecuária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria. RS. 2023.

REIS FILHO, J. S.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianópolis, Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 39, n. 4, p. 307–316, 2009.

ROMAN, Erivelton Scherer. **Inseticidas piretróides no controle de pragas**. 1º ed. Porto Velho: Embrapa, 1983.

SALEM, N. M. ; AHMAD, R. ; ESTAITIEH, H. Organochlorine pesticide residues in dairy products in Jordan. *Chemosphere*, v. 77, n. 5, p. 673-678, 2009.

SANCHES, Rodrigo. Agrotóxicos mais vendidos no Brasil, nos EUA e na SÃO. Agro. **G1**. Infográfico atualizado em 25 de setembro de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/10/07/quais-sao-e-para-que-servem-os-principais-ingredientes-dos-agrotoxicos-mais-vendidos.ghtml> Acesso 01 nov. 2022

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, n. 5, p. 53-58, 2003.

SANTOS M. A. T.; AREAS M. A., REYES F. G. Piretróides – uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.

SANTOS, J. S.; XAVIER, A. A. O.; RIES, E. F.; COSTABEBER, I. H.; EMANUELLI, T. Níveis de organoclorados em queijos produzidos no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 630- 635, 2006.

SGARBIERO, Eduardo. **Resíduos de pirimifós-metil em grãos de trigo, milho e milho pipoca, em alguns de seus produtos processados e ação residual desse inseticida sobre *Sitophilus spp.* (Coleoptera, Curculionidae)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, Igor Pereira da. **Espectrometria de massas ambiente: novas abordagens para análise de pesticidas em alimentos**. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Registro de Agroquímicos no Brasil**. Disponível em: <https://sindiveg.org.br/registro-de-agroquimicos-no-brasil/> Acesso em 25 jan. 2023

SIQUEIRA, D. F.; MOURA, R. M.; LAURENTINO, G. E. C.; ARAUJO, A. J.; CRUZ, S. L. Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**. 2013; v. 26, n. 2, p. 182-191, 2013.

STEFANELLI, P.; MUCCIO, A. D.; FERRARA, F.; BARBINI, D. A.; GENERALI, T.; PELOSI, P.; AMENDOLA, G.; VANNI, F.; MUCCIO, S.; AUSILI, A. Estimation of intake of organochlorine pesticides and chlorobiphenyls through edible fishes from the Italian Adriatic Sea during 1997. **Food Control**, v. 15, n. 1, p. 27-38, 2004.

IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Tem Veneno Nesse Pacote – O perigo duplo dos ultraprocessados**. Idec. 2021. Disponível em: < <https://idec.org.br/> > Acesso 23 maio 2022

IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Tem Veneno Nesse Pacote – Volume 2: Ultraprocessados de Origem animal**. Idec. 2022. Disponível em: < <https://idec.org.br/> > Acesso 12 de agosto de 2022

STOPPELLI, I. M. B. S.; MAGALHÃES, C. P. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 91–100. 2005.

TELTEBOIM, M. C.; MIRANDA, S. H. G.; OLIVEIRA, L.; OZAKI, V. A. Limites máximos de resíduos e suas implicações no comércio internacional de fruta. **Escola de Política Agrícola**. Ano XVI, nº1, p. 102-112, 2007.

**TV Senado**. PL que flexibiliza regras sobre agrotóxicos no Brasil é analisado pela Comissão da Agricultura. Publicado em 23 de junho de 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/tv/programas/noticias-1/2022/06/pl-que-flexibiliza-regras-sobre-agrotoxicos-no-brasil-e-analisado-pela-comissao-de-agricultura> Acesso 13 de outubro de 2022

VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S.; MACHADO, S. A. S.; MAZO, L. H.; AVACA, L. A. Análise de pesticidas por técnicas eletroanalíticas. Comunicado técnico - EMBRAPA, n. 7, p.1-12, ISSN 1413-8244, 1996.

VOUTSAS, E.; MAGOULAS, K.; TASSIOS, D. Prediction of the biaccumulation of persistent organic pollutants in aquatic food webs. **Chemosphere**, v. 48, n. 7, p. 645-651, 2002.

WILLIAMS, M. K.; RUNDLE, A. ; HOLMES, D. ; REYES, M. Changes in Pest Infestation Levels, Self-Reported Pesticide Use, and Permethrin Exposure during Pregnancy after the 2000–2001 U.S. Environmental Protection Agency Restriction of Organophosphates. **Environmental Health Perspectives**, v. 116, n. 12, p. 1681-88, 2008.