

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**UNIDADE HORTÊNSIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

**HARDI GERMANO WEIRICH**

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO  
PÚBLICO POR AGROTÓXICOS NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS/RS**

**SÃO FRANCISCO DE PAULA**

**2022**



**Hortênsias**

**HARDI GERMANO WEIRICH**

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO  
PÚBLICO POR AGROTÓXICOS NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS/RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Bárbara Estevão Clasen

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis para o Desenvolvimento

**SÃO FRANCISCO DE PAULA**

**2022**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

W425a Weirich, Hardi Germano.

Avaliação da contaminação das águas de abastecimento público por agrotóxicos no município de Três Passos/RS. / Hardi Germano Weirich. – São Francisco de Paula, 2022.

49 f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade, Unidade Hortênsias, 2022.

Orientadora: Profa. Dra. Bárbara Estevão Clasen.

1. Água. 2. Contaminação. 3. Agrotóxicos. 4. Dissertação.  
I. Clasen, Bárbara Estevão. II. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade, Unidade Hortênsias. III. Título.

**HARDI GERMANO WEIRICH**

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO  
PÚBLICO POR AGROTÓXICOS NO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ambiente e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Bárbara Estevão Clasen


Data da aprovação: 07/06/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



**Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Carolina Tramontina**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)



**Prof<sup>a</sup>. Dra. Aline Blank do Amaral**

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)



**Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)



**Prof. Dr. Marlon de Castro Vasconcelos**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

## RESUMO

O Brasil conquistou aumentos significativos na produtividade agrícola a partir dos anos de 1990 e se tornou um dos principais países do agronegócio mundial. A utilização de agrotóxicos aumentou a eficiência na produção de alimentos, no entanto, quando essas substâncias químicas são aplicadas nas culturas de interesse agrícola, podem contaminar o solo e resíduos de agrotóxicos são introduzidos no ambiente aquático. Os agrotóxicos tem o potencial de produzir efeitos tóxicos em organismos não alvo e quando estão presentes na água de abastecimento público podem causar intoxicações na população. Neste sentido, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a qualidade da água do rio Herval Novo que abastece a cidade de Três Passos/RS. Foram coletadas amostras de água bruta em três pontos: na nascente do rio, na represa de captação da Companhia de Saneamento e a jusante do ponto de captação. Também foi coletada uma amostra de água tratada no perímetro urbano e de um poço artesiano em uma comunidade rural, totalizando cinco pontos. Foram realizadas duas campanhas de amostragem, uma no verão e outra no outono. Nas amostras de água bruta e tratada foram analisados os parâmetros pH, cor, turbidez, nitrato, fósforo e sessenta e seis princípios ativos de agrotóxicos e na água do poço artesiano somente a análise de agrotóxicos. As análises físicas e químicas de pH, cor, turbidez, nitrato e fósforo não apresentaram alterações nas amostras coletadas no Rio Herval Novo e na água tratada e estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação. Nas análises multirresíduos para agrotóxicos, na coleta do verão, foram identificados os agrotóxicos atrazina, carbendazim, clomazone, imidacloprido, linuron e 2,4-D. Na coleta do outono, foi identificado apenas o agrotóxico atrazina na água do rio e na água tratada. O estudo mostrou que existe contaminação por agrotóxicos na água do rio, na água tratada e no lençol freático.

**Palavras chave:** Água. Contaminação. Agrotóxicos.

## ABSTRACT

Brazil has achieved significant increases in agricultural productivity since the 1990s and has become one of the main agribusiness countries in the world. The use of pesticides has increased efficiency in food production, however, when these chemicals are applied to crops of agricultural interest, they can contaminate the soil and pesticide residues are introduced into the aquatic environment. Pesticides have the potential to produce toxic effects on non-target organisms and when they are present in public water supply they can cause intoxication in the population. In this sense, the objective of this research was to evaluate the water quality of the Herval Novo river that supplies the city of Três Passos/RS. Raw water samples were collected at three points: at the source of the river, at the Sanitation Company catchment dam and downstream of the catchment point. A sample of treated water in the urban perimeter and an artesian well in a rural community was also collected, totaling five points. Two sampling campaigns were carried out, one in summer and one in autumn. In the samples of raw and treated water, the parameters pH, color, turbidity, nitrate, phosphorus and sixty-six active principles of pesticides were analyzed and in the water of the artesian well only the analysis of pesticides. The physical and chemical analyzes of pH, color, turbidity, nitrate and phosphorus showed no alterations in the samples collected in the Herval Novo River and in the treated water, and are in accordance with the potability standard established by legislation. In the multiresidue analyzes for pesticides, in the summer collection, the pesticides atrazine, carbendazim, clomazone, imidacloprid, linuron and 2,4-D were identified. In the autumn collection, only the pesticide atrazine was identified in the river water and in the treated water. The study showed that there is contamination by pesticides in river water, treated water and groundwater.

Keywords: Water. Contamination. Pesticides.

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 Regiões do Brasil que mais utilizaram agrotóxicos em 2020.....	15
Gráfico 2 Consumo de agrotóxicos por Estado.....	16
Gráfico 3 Os 10 ingredientes ativos mais comercializados em 2020.....	16
Gráfico 4 Total de agrotóxicos registrados nos anos de 2000 a 2021.....	17

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Classes toxicológicas do sistema GHS.....	18
Figura 2 Caminho percorrido pelos agrotóxicos em ambientes aquáticos e terrestre..	21
Figura 3 Fluxograma de uma estação de tratamento de água.....	23
Figura 4 Bacia hidrográfica U 30 – Turvo/Santa Rosa/Santo Cristo e sub bacia do rio Herval Novo.....	29
Figura 5 Demarcação dos pontos de coleta.....	30
Figura 6 Vista aérea da represa de captação e do ponto de coleta 2.....	31

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Resultados das variáveis físico-químicas da água bruta e tratada.....	32
Tabela 2 Resultados das análises multirresíduos de agrotóxicos/coleta do verão... ..	33
Tabela 3 Resultados das análises multirresíduos de agrotóxicos/coleta do outono... ..	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRASCO	Associação Brasileira de Saúde Coletiva
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
°C	Graus Celsius
CEVS	Centro Estadual de Vigilância em Saúde
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
E. COLI	<i>Escherichia coli</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
FAO	Organização para a Alimentação e Agricultura
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - RS
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
GHS	Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos
H <sub>2</sub> O	Fórmula Química da água
I.A.	Ingredientes Ativos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Km	Quilômetro
LARP	Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas
LC-MS/MS	Cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas
LOD	Limite de Detecção
LOQ	Limite de Quantificação
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
mg/L	Miligrama por Litro
mL	Mililitro
n.d.	Não Detectado
NH <sub>3</sub>	Amônia
OIT	Organização Internacional do Trabalho
pH	Potencial Hidrogeniônico
Pt/Co	Platina/Cobalto

SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEAPDR	Secretaria de Agricultura Pecuária e Desenvolvimento Rural
SISÁGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
UERGS	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
UF	Unidade Federativa
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UT	Unidades de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....	14
3.2 AGROTÓXICOS E OS RISCOS À SAÚDE HUMANA.....	15
3.3 CONTAMINAÇÃO AQUÁTICA.....	20
3.4 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	22
3.4.1 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	24
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	29
5.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	31
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	31
6 RESULTADOS.....	32
7 DISCUSSÃO.....	35
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 LEGISLAÇÃO.....	48
3 O QUE SÃO AGROTÓXICOS.....	48
4 TIPOS DE AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA.....	49
5 AGROTÓXICOS E O MEIO AMBIENTE.....	49
6 CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA E ROTULAGEM DE AGROTÓXICOS.....	50
7 EPIs UTILIZADOS NOS TRABALHOS AGRÍCOLAS.....	51
8 AQUISIÇÃO DO PRODUTO.....	52
9 TRANSPORTE.....	53
10 ARMAZENAMENTO.....	54
11 SEGURANÇA NA PREPARAÇÃO DE CALDAS.....	55
11.1 COMO FAZER A TRÍPLICE LAVAGEM.....	57
12 DESTINO DAS EMBALAGENS VAZIAS.....	57
13 APLICAÇÃO DAS CALDAS DE AGROTÓXICOS.....	59
13.1 PULVERIZAÇÃO COSTAL.....	59

13.2 PULVERIZAÇÃO TRATORIZADA DE BARRAS .....	60
14 PERÍODO DE CARÊNCIA .....	61
15 PREVENÇÃO DE ACIDENTES E HIGIENE .....	61
16 INTOXICAÇÃO .....	62
16.1 FORMAS DE INTOXICAÇÃO .....	62
16.2 SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO .....	63
<b>16.2.1 Intoxicação Aguda .....</b>	<b>63</b>
<b>16.2.2 Intoxicação Crônica .....</b>	<b>63</b>
17 PRIMEIROS SOCORROS .....	64
18 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65
REFERÊNCIAS .....	66
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	68
REFERÊNCIAS .....	69

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a EMBRAPA (2021), a contribuição do Brasil para o abastecimento mundial de alimentos alcançou 10% no ano de 2020, enquanto para a ABRASCO (2019), o país ocupa a posição de maior consumidor de agrotóxicos no mundo desde o ano de 2008.

Diante disso, produzir em larga escala requer a utilização de agrotóxicos como garantia de produção, e vemos o setor produtivo agrícola confrontar-se com problemas de saúde pública e ambientais. Prova disso, é que apenas uma pequena parcela das cidades brasileiras monitora a presença de agrotóxicos na água tratada. Dos 312 princípios ativos de agrotóxicos liberados, apenas quarenta são analisados por empresas ligadas ao Sistema de Informação e Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano (SISAGUA) gerido pelo Ministério da Saúde, o que torna difícil avaliar se os limites estabelecidos pela legislação estão sendo cumpridos (UMBUZEIRO, 2019). Dos 5.570 municípios brasileiros, 2.931 (52,6%) não realizam o monitoramento de agrotóxicos na água tratada. Entre 2014 e 2017, apenas 13,7% das amostras de água tratada analisadas não apresentaram a presença de agrotóxicos. Os dados são fornecidos pelo Ministério da Saúde (2017) e as informações fazem parte do SISAGUA, que reúne os resultados de testes feitos pelas empresas de abastecimento. A maioria dos agrotóxicos encontrados está abaixo do limite máximo permitido pela Portaria GM/MS Nº 888/2021, mas acima dos limites estabelecidos pela União Europeia (FIOCRUZ, 2019).

O Ministério da Saúde divulgou resultados dos testes realizados na água potável dos 21 municípios da microrregião Celeiro (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017; ABRASCO, 2019), gerando grande preocupação para a saúde pública, como segue:

As empresas de abastecimento detectaram todos os 27 pesticidas da Portaria GM/MS nº 888/2021 que são obrigados a testar por lei. Desses, 16 são classificados pela Anvisa como extremamente ou altamente tóxicos e 11 estão associados ao desenvolvimento de doenças crônicas como câncer, malformação fetal, disfunções hormonais e reprodutivas. Na Região Celeiro foram detectados contaminação múltipla de agrotóxico na água em cinco municípios: O município de Crissiumal apresentou contaminação por quinze agrotóxicos, Três Passos (quatorze), Sede Nova (quatorze), Braga (treze) Miraguai (dez) e em Coronel Bicaco apenas 1 (um) ingrediente ativo de agrotóxico foi encontrado. Nos municípios de Campo Novo, Chiapeta, Derrubadas, Humaitá, Redentora, Tenente Portela, Tiradentes e em Vista Gaúcha não foram identificados agrotóxicos na água. Nos municípios de Barra do Guarita, Bom Progresso, Esperança do Sul, Inhacorá, Santo Augusto, São Martinho e São Valério do Sul não houve testes de avaliação. Os dados são do Ministério da Saúde e foram obtidos e tratados em investigação conjunta da Repórter Brasil, Agência Pública e a organização suíça Public Eye em 2019.

As informações são parte do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA, 2017), que reúne os resultados de testes realizados pelas empresas de abastecimento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Os municípios da região Celeiro onde foram identificadas as contaminações por agrotóxicos pertencem a bacia hidrográfica U30, que abrange os rios Turvo/Santa Rosa/Santo Cristo. A bacia hidrográfica foi criada com a finalidade de fiscalizar e manter as características naturais e as relações das ações humanas realizadas no seu entorno. A sub-bacia do rio Herval Novo é integrante desta bacia hidrográfica (FEPAM, 2002).

Dada a importância de se avaliar a qualidade da água de abastecimento público proveniente do rio Herval Novo, objetivo principal do estudo, foi avaliar se a água que é consumida no município de Três Passos está contaminada por agrotóxicos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Avaliar a contaminação da água do rio Herval Novo, a água de abastecimento público e de um poço artesiano de uma comunidade rural por agrotóxicos no município de Três Passos/RS.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar parâmetros físico-químicos de qualidade da água do rio Herval Novo.
- Identificar os agrotóxicos presentes na água do rio, na água tratada de abastecimento público e na água do um poço artesiano de uma comunidade rural utilizando análise multirresíduos.
- Quantificar os princípios ativos de agrotóxicos presentes nas amostras de água.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (EMBRAPA, 2018) e o estado do Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor do grão do Brasil, superado apenas pelos estados do Mato Grosso e Paraná (MAPA, 2017). Os municípios de maior destaque na produção de soja, no RS, localizam-se na região Norte-noroeste, segundo o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2018).

O modelo de produção do agronegócio caracteriza-se pelo monocultivo em extensas áreas, antecedido pelo desmatamento e conseqüente comprometimento da biodiversidade, e pela dependência do consumo intensivo de fertilizantes e agrotóxicos para atender às metas de produtividade. A safra de grãos 2020/2021 no Brasil terminou com uma produção recorde de grãos. De acordo com levantamento divulgado, houve um crescimento de 2,7% na produtividade em comparação com a safra anterior (BRASIL, 2021).

A importância do Rio Grande do Sul na oferta nacional de alimentos é historicamente reconhecida. O Estado ocupa uma posição estratégica para a oferta nacional de cereais e oleaginosas e a agricultura está presente em praticamente todas as regiões do seu território. No levantamento dos grãos de verão da safra 2020, a área plantada estimada foi de 7,66 milhões de hectares. O rendimento médio da soja (*G. max*) ficou em 3.249 kg/ha, o milho (*Z. mays*) teve um rendimento médio de 7.552 kg/ha e o trigo (*Triticum sp*) como a principal cultura da estação de inverno teve uma produção de 2.890 kg/ha (SEAPDR, 2020).

No município de Três Passos, 96% da área agrícola é ocupada para a produção de grãos (IBGE, 2018). No ano de 2020, a produtividade média de grãos foi de 3.200 kg/ha de soja (*G. max*), 8.250 kg/ha de milho (*Z. mays*) e 2.400 kg/ha de trigo (*Triticum sp*). As demais culturas agrícolas não são representativas quando comparadas a produção destas três (AGROLINK, 2020). Conforme Serviço de Informação ao Cidadão, não há registros de dados para consulta relativos à utilização de agrotóxicos no município de Três Passos.

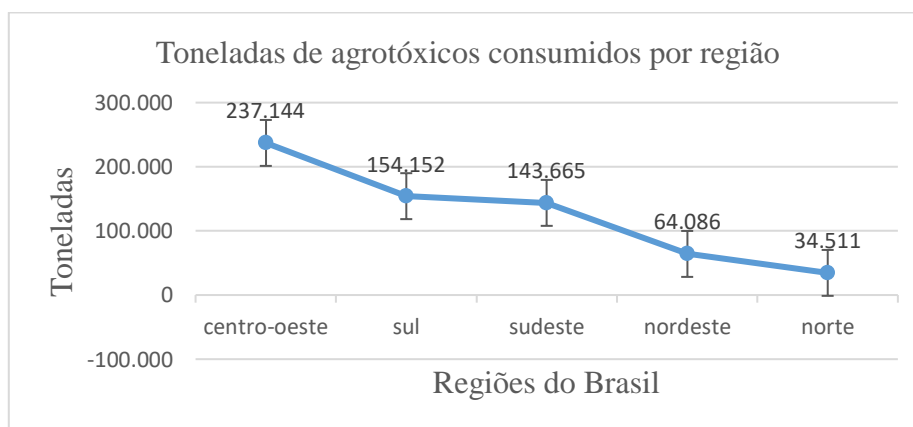
### 3.2 AGROTÓXICOS E OS RISCOS À SAÚDE HUMANA

Segundo a Lei Federal nº 7.802/89, agrotóxicos e afins são os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso no setor de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbano, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento (BRASIL, 1989).

O artigo 41 do Decreto nº 4.074/2002, determina que as empresas com produtos agrotóxicos, componentes e afins registrados no Brasil apresentem semestralmente aos órgãos federais e estaduais responsáveis pelo controle e fiscalização dessas substâncias relatórios sobre as quantidades produzidas, importadas, exportadas e comercializadas destes produtos. Os relatórios permitem o acompanhamento dessas atividades por ingrediente ativo e classe de uso (p.ex. herbicidas, inseticidas, fungicidas), entre outras possibilidades (BRASIL, 2002).

Dados atualizados do IBAMA (2021) mostram o perfil dos 312 ingredientes ativos registrados no Brasil e o consumo total por Unidade Federativa (UF). O consumo total de herbicidas, fungicidas, inseticidas, acaricidas, protetores de sementes, reguladores de crescimento e outros agrotóxicos foi de 685.745 toneladas no ano de 2020. As regiões que mais utilizaram agrotóxicos, em toneladas de princípios ativos, são apresentadas no Gráfico 1.

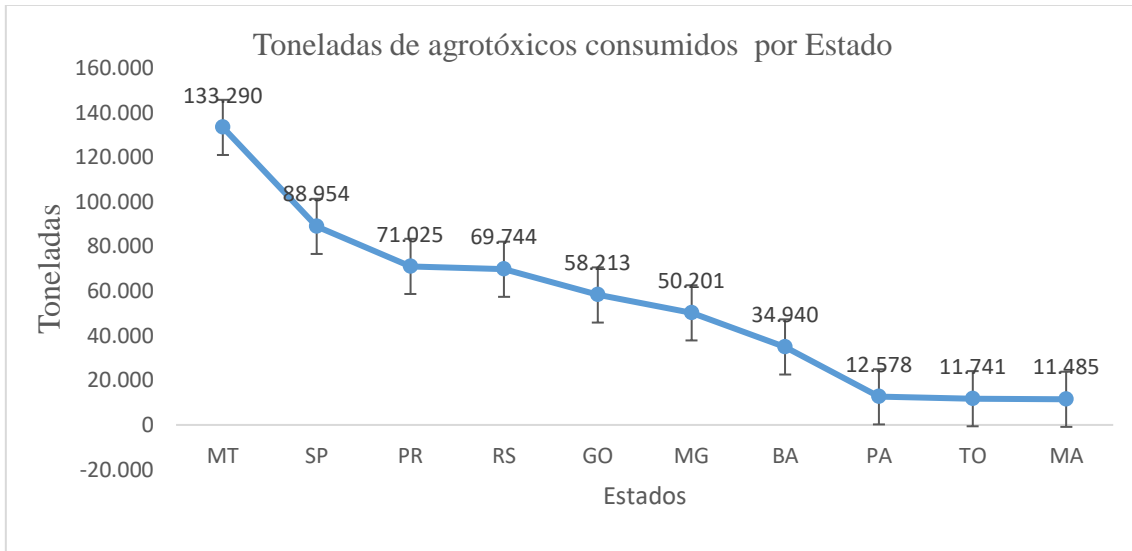
Gráfico 1: Regiões do Brasil que mais utilizaram agrotóxicos em 2020



Fonte: IBAMA, 2021. Adaptado pelo autor

Ainda segundo o IBAMA, os dez estados que mais se destacaram nesse consumo, em toneladas de ingredientes ativos são apresentados no Gráfico 2.

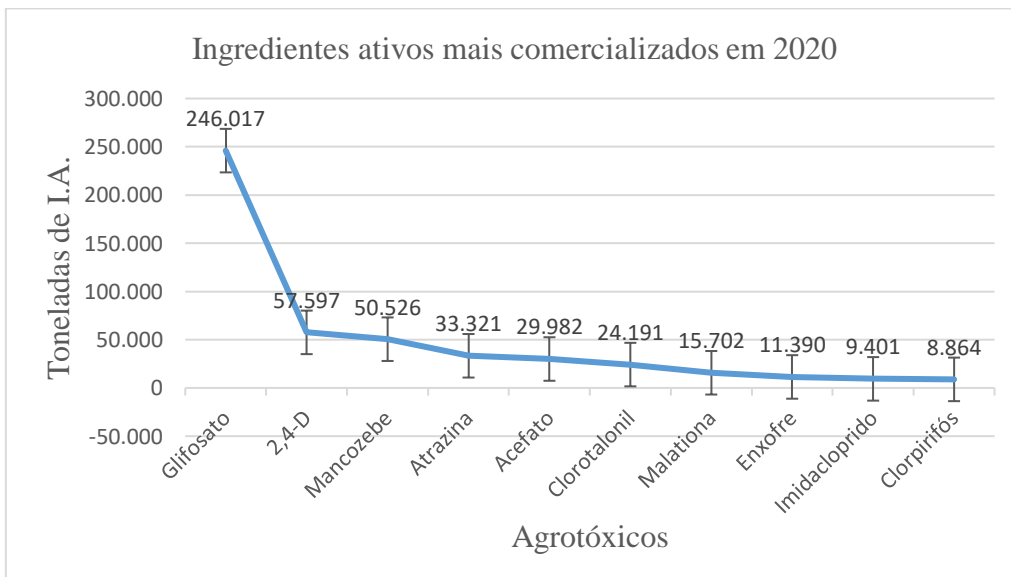
Gráfico 2: Consumo de agrotóxicos por Estado



Fonte: IBAMA, 2021. Adaptado pelo autor

Os 10 ingredientes ativos mais comercializados em 2020, em toneladas, são apresentados no gráfico 3.

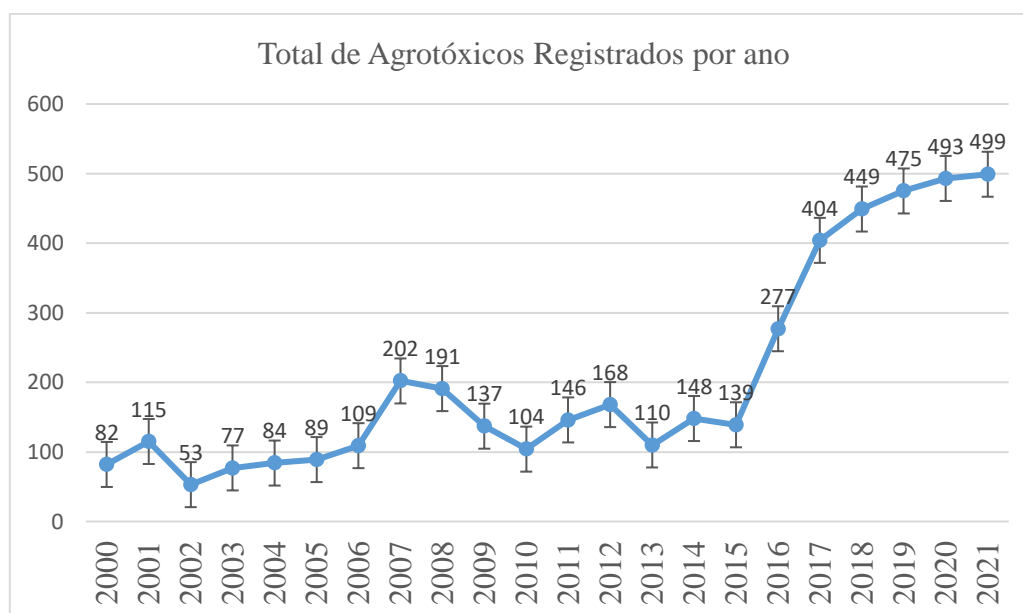
Gráfico 3: Os 10 ingredientes ativos mais comercializados em 2020



Fonte: IBAMA, 2020. Adaptado pelo autor

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), de 2000 a 2021 foram liberados 4.551 novos agrotóxicos e, no ano de 2021, estavam em uso 312 ingredientes ativos para utilização na agricultura no país. No entanto, mais da metade desses agrotóxicos e componentes industriais foram aprovados nos últimos 5 anos, são apresentados no gráfico 4.

Gráfico 4: Total de agrotóxicos registrados nos anos de 2000 a 2021



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (2021). Adaptado pelo autor

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2019), alterou a forma de registro de agrotóxicos. A autorização para o registro de um novo agrotóxico no país passa por três órgãos reguladores: a ANVISA avalia os riscos à saúde, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA é o órgão que analisa os perigos ambientais e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA analisa se ele é eficaz para controlar pragas e doenças no campo e formaliza o registro, desde que o produto tenha sido aprovado por todos os órgãos. O sistema passou a considerar a aprovação dos dois tipos de agrotóxicos: os produtos técnicos e os produtos formulados.

Produto técnico é um princípio ativo novo, ainda não comercializado, que será incluído na composição de produtos que serão introduzidos no mercado, obtido diretamente de matérias-primas por processo químico, físico ou biológico, destinado à obtenção de produtos formulados ou de pré-misturas e cuja composição contenha teor

definido de ingrediente ativo e impurezas, e destinados exclusivamente para uso industrial (MAPA, 2019).

Os produtos técnicos equivalentes são cópias de princípios ativos inéditos, que podem ser utilizados quando caem as patentes e podem ser usadas na formulação de produtos comerciais. É comum as empresas registrarem um mesmo princípio ativo várias vezes, para poderem fabricar agrotóxicos específicos para diferentes culturas (MAPA 2019).

Ainda segundo o MAPA (2019), os produtos formulados ou produtos comerciais são obtidos a partir de ingredientes ativos, incluindo suas impurezas e aditivos. Esses aditivos são substâncias ou produtos adicionados aos agrotóxicos para melhorar sua ação, função, durabilidade e estabilidade.

Já o produto formulado equivalente é um produto genérico; quando comparado com outro produto formulado já registrado, possui a mesma indicação de uso, equivalentes entre si, a mesma composição qualitativa e cuja variação quantitativa de seus componentes não o leve a expressar diferença no perfil toxicológico frente ao produto de referência. É o produto final ou o agrotóxico que o agricultor utiliza nas culturas de interesse agrícolas (MAPA, 2019).

No ano de 2019, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA aprovou um novo marco regulatório para avaliação dos riscos à saúde e classificação dos agrotóxicos. Com a decisão, o Brasil adotou o padrão internacional conhecido mundialmente como GHS - Sistema Global de Classificação Harmonizado, e com isso a classificação é dada em função da toxicidade, e passou a ser identificada com os respectivos nomes das categorias e cores no rótulo dos produtos.

A nova classificação toxicológica anunciada pela ANVISA (2019) estabelece que os produtos devem ser classificados em categorias (Figura 1), como: Categoria 1: Produto Extremamente Tóxico – faixa vermelha; Categoria 2: Produto Altamente Tóxico – faixa vermelha; Categoria 3: Produto Moderadamente Tóxico – faixa amarela; Categoria 4: Produto Pouco Tóxico – faixa azul; Categoria 5: Produto Improvável de Causar Dano Agudo – faixa azul e Categoria 6: Produto Não Classificado - faixa verde.

Figura 1: Classes toxicológicas do Sistema Global de Classificação Harmonizado

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NÃO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERADAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	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: ANVISA, 2019

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) afirma que os agrotóxicos causam 70 mil intoxicações agudas e crônicas por ano e que evoluem para óbito em países em desenvolvimento. Outros mais de sete milhões de casos de doenças agudas e crônicas não fatais também são registrados. O Brasil vem sendo o país com maior consumo destes produtos desde 2008, decorrente do desenvolvimento do agronegócio no setor econômico, havendo sérios problemas quanto ao uso de agrotóxicos no país (CARNEIRO *et al.*, 2015).

As mudanças propostas na nova classificação toxicológica, pode representar uma ameaça à saúde pública, e os efeitos agudos e crônicos a exposição à agrotóxicos podem ser minimizados. Seguem os principais efeitos agudos e crônicos que a exposição à agrotóxicos podem causar:

Os efeitos agudos são aqueles de aparecimento rápido e podem surgir os seguintes sintomas: através da pele - irritação, ardência, desidratação e alergias; através da respiração - ardência do nariz e boca, tosse, coriza, dor no peito, dificuldade de respirar e através da boca - irritação da boca e garganta, dor de estômago, náuseas, vômitos e diarreia. Também podem surgir outros sintomas como dor de cabeça, transpiração anormal, fraqueza, câimbras, tremores e irritabilidade (ANVISA, 2018).

Os efeitos crônicos são aqueles que aparecem após exposições repetidas a pequenas quantidades de agrotóxicos por um período prolongado. Podem-se relatar os seguintes sintomas: dificuldade para dormir, esquecimento, aborto, impotência, depressão, problemas respiratórios graves, alteração do funcionamento do fígado e dos

rins, anormalidade da produção de hormônios da tireoide, dos ovários e da próstata, incapacidade de gerar filhos, malformação e problemas no desenvolvimento intelectual e físico das crianças (ANVISA, 2018).

Estudos apontam grupos de agrotóxicos como prováveis causadores de câncer. A associação entre exposição a agrotóxicos e desenvolvimento de câncer ainda gera polêmicas, principalmente porque os indivíduos estão expostos a diversas substâncias, sem contar outros fatores genéticos. Porém, é importante salientar que estudos vêm mostrando o potencial de desenvolvimento de câncer relacionado a diversos agrotóxicos, justificando a recomendação de precaução para com o uso e contato segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2021).

Ainda existem outras vulnerabilidades que impactam diretamente nas intoxicações, como a deficiência no monitoramento e fiscalização das atividades em que há exposição a agrotóxicos, as condições precárias de trabalho, a dificuldade no acesso à informação no campo, a falta de assistência e vigilância toxicológica, bem como as fragilidades da vigilância em saúde, indicando que a nova classificação representa uma verdadeira ameaça ao sistema de saúde brasileiro de acordo com a Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ, 2019).

### 3.3 CONTAMINAÇÃO AQUÁTICA

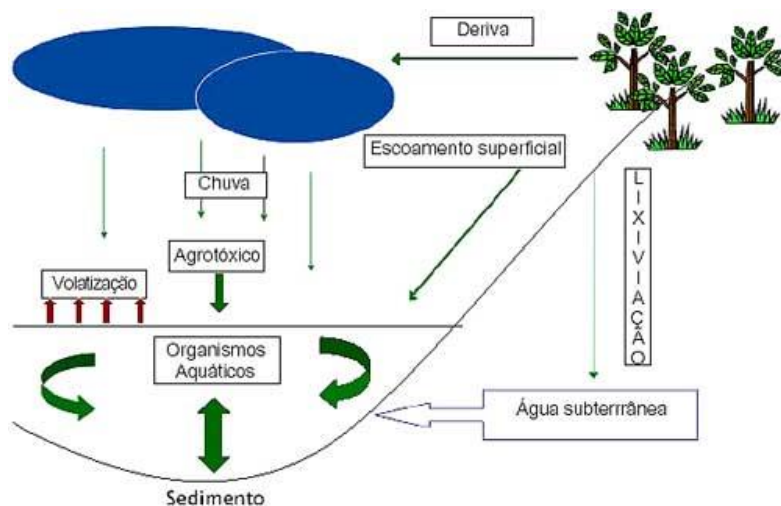
Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006), nas áreas agrícolas, o solo e as plantas recebem uma grande quantidade de agroquímicos, seja na forma de nutrientes ou de defensivos agrícolas que podem permanecer no solo, serem absorvidos pelas plantas ou lixiviados para águas superficiais e para o lençol freático.

Também segundo a EMBRAPA (2014), os principais contaminantes de origem agrícola são os resíduos de agrotóxicos. Esses produtos, quando aplicados às culturas agrícolas, podem lixiviar diretamente para os corpos de água através da água da chuva e pela percolação da água de irrigação no solo atingindo o lençol freático. Também podem ocorrer formas indiretas de contaminação, seja por volatilização ou transporte pelo vento de gotas dos produtos químicos aplicados e posterior deposição na água e novamente no solo, às vezes em áreas distantes onde foram aplicados.

Segundo Tomita e Beyruth (2002), os agrotóxicos podem alcançar os ambientes aquáticos através da aplicação intencional, deriva e escoamento superficial a partir de

áreas onde ocorreram aplicações. A lixiviação dos agrotóxicos através do perfil dos solos pode ocasionar a contaminação de lençóis freáticos, portanto, além de afetar os próprios cursos de água superficiais, os agrotóxicos podem alcançar os lençóis freáticos é apresentado na figura 2.

Figura 2: Caminho percorrido pelos agrotóxicos em ambientes aquáticos e terrestre



Fonte: Tomita e Beyruth, 2002

Habib (2012) alerta que a água contaminada com agrotóxicos prejudica diretamente a fauna e a flora aquática. A contaminação das águas pelos agrotóxicos tem efeito direto nos seres vivos e na biota de um modo geral. Além dos efeitos diretos, os peixes podem bioacumular os agrotóxicos no tecido adiposo.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (1990) a contaminação das águas superficiais por agrotóxicos hidrossolúveis em córregos, rios e lagos, acontece por meio do escoamento dos produtos químicos a partir de plantas tratadas e do solo contaminado. Noori *et al.* (2020), relatam que apenas uma fração dos agrotóxicos atinge o alvo e o restante penetra no solo, contaminando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e muitos anos são necessários até que esses contaminantes se dissipem.

O destino dos agrotóxicos no ambiente é afetado por processos de retenção (adsorção, absorção), de transformação (decomposição, degradação) de transporte (deriva, volatilização, lixiviação, escoamento superficial) e por interações desses processos. Quando um agrotóxico é aplicado, vários processos físicos, químicos e biológicos determinam seu comportamento no meio aquático, em função da temperatura

da água, do oxigênio dissolvido, do pH, a velocidade da água e da radiação solar (Berti *et al.*, 2009).

Quando o contaminante está presente no meio aquático, independentemente da sua concentração, os organismos podem apresentar processos de acumulação (bioconcentração ou bioacumulação) quando o foco é o organismo e biomagnificação quando se aborda a cadeia trófica. Mesmo em concentrações baixas, os agrotóxicos podem apresentar riscos para muitas espécies, podendo esses efeitos tóxicos serem transferidos para outros organismos da cadeia alimentar (GRISA *et al.*, 2008).

Peixes e invertebrados podem acumular agrotóxicos em concentrações muito acima daquelas encontradas nas águas nas quais eles vivem; os compostos se ligam ao material particulado em suspensão e são ingeridos pelos organismos.

Dentro do ecossistema, seres vivos como peixes, anfíbios, moluscos, crustáceos podem acumular esses agrotóxicos em concentrações muito acima daquelas encontradas nas águas nas quais eles vivem, alterando o funcionamento da sua fisiologia animal. Os organismos afetados por esses resíduos podem apresentar distúrbios endócrinos, alterações moleculares, esterilidade, alterações neurológicas, além de ser um potencial foco de intoxicação humana (MARINS *et al.*, 2020).

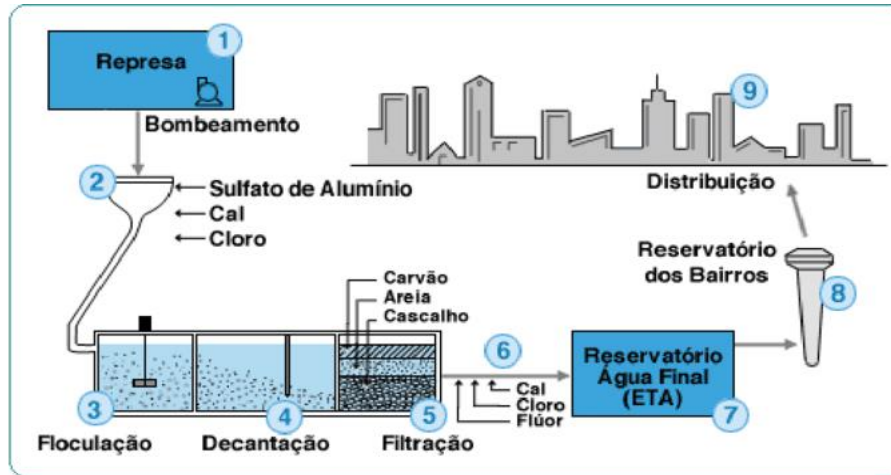
### 3.4 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Foi publicado pelo Ministério da Saúde (MS, 2021), a Portaria nº 888/2021 que define os padrões de potabilidade de água para consumo humano. Esta legislação substituiu os padrões de Potabilidade definidos no anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017. A Portaria do MS nº 888/2021 abrange aproximadamente 130 parâmetros, os quais estão divididos em tabelas de padrão de potabilidade e estão separados por substâncias orgânicas, inorgânicas agrotóxicos e padrão bacteriológico (BRASIL, 2021).

Do total da água existente no planeta, 97,5% correspondem à água salgada e o restante (2,5%) à água doce. Destes, 68,9% estão nas calotas polares, 29,9% nos reservatórios subterrâneos, e apenas 1,2% disponíveis como águas superficiais. A água, indispensável ao organismo humano, e demais seres vivos, pode conter substâncias químicas e microrganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a fim de minimizar os riscos à saúde. As Estações de Tratamento de Água (ETAs) foram criadas para remover os riscos presentes nas águas das fontes de abastecimento por meio de uma combinação de operações de tratamento. O processo convencional de tratamento de água

é dividido em fases, conforme a figura 3 do fluxograma de uma estação de tratamento de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2008).

Figura 3: Fluxograma de uma estação de tratamento de água



Fonte: Sabesp, 2008

O processo convencional de tratamento de água da SABESP inicia com o bombeamento da água bruta da represa para a estação de tratamento. Na estação de tratamento da água, o processo pode ser dividido em fases. Em cada uma delas existe o controle de dosagem de produtos e o acompanhamento dos padrões de qualidade. As fases do tratamento são: pré-alcalinização (adição de cal ou soda-barrilha para ajustar o pH), coagulação (adição de sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, seguido de agitação rápida), floculação (mistura lenta da água para provocar a formação de flocos), decantação (etapa para separar os flocos formados na etapa anterior), filtração (é um leito formado por pedras, areia e carvão antracito, que retém as sujidades que não foram retiradas na fase de decantação), pós-alcalinização (nesta fase é realizada a correção de pH para evitar as incrustações nas tubulações), desinfecção (nesta etapa é feita a adição de cloro na água antes de sua saída da Estação de Tratamento). O tratamento realizado garante que a água fornecida pela companhia de saneamento atende os padrões de potabilidade da Portaria GM/MS N° 888/2021.

### 3.4.1 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A análise físico-química da água bruta, principalmente aquela destinada ao consumo humano é de grande importância. A água, após passar por processos de purificação nas estações de tratamento, deve estar isenta de substâncias químicas indesejáveis que podem ser prejudiciais à saúde humana (FUNASA, 2009).

A Resolução Nº 357/2005 do Conama, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e a qualidade apresentada por um corpo d'água num determinado momento conforme seus usos. O controle de qualidade da água é um conjunto de medidas operacionais que visa avaliar e conservar a qualidade da água estabelecida para o corpo de água, que envolve a remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos e também o tratamento convencional para realizar a clarificação, que envolve a coagulação e floculação, a correção de pH e a desinfecção.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2009), para caracterizar uma água potável, são avaliados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas e são utilizados como indicadores da qualidade da água. Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses teores constituem os padrões de qualidade, que são fixados tem o objetivo de garantir que a água utilizada para uma determinada finalidade não contenha impurezas.

A Portaria GM/MS Nº 888/2021, estabelece os padrões de qualidade e potabilidade da água para consumo, e define os valores máximos e mínimos para as variáveis de pH, cor, turbidez, nitrogênio e fósforo como segue:

O pH é uma medida que determina se a água é ácida ou alcalina. É um parâmetro que deve ser acompanhado para melhorar os processos de tratamento e preservar as tubulações contra corrosões ou entupimentos, apesar de não trazer riscos sanitários. O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos. A vida aquática depende do pH da água, sendo recomendável a faixa de 6 a 9;

A turbidez é a medição da resistência da água à passagem de luz, sendo provocada pela presença de partículas dissolvidas na água. É um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. A turbidez está relacionada a presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente

divididas, organismos microscópicos e outras partículas; o padrão de potabilidade deve ser de 5 unidades de turbidez (UT).

A cor é um parâmetro que indica a presença substâncias, orgânicas e inorgânicas, dissolvidas na água, e assim como a turbidez também está associada ao aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. A cor resulta da existência de substâncias em solução na água que pode ser causada por ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica presente na água, principalmente vegetais, pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos. A intensidade de cor deve ser inferior a 5 unidades de cor medida em mg/L Pt/Co.

O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas como molecular, amônia, nitrito e nitrato. É um elemento indispensável ao crescimento de algas; a amônia é tóxica aos peixes; as causas do aumento do nitrogênio na água são o despejo de esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e excrementos de animais. A concentração admitida é de 10 mg/L nitrogênio.

O fósforo encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico; é essencial para o crescimento de algas, mas em excesso, causa a eutrofização; suas principais fontes são a dissolução de compostos do solo, a decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais; fertilizantes; detergentes e excrementos de animais. É admitido uma concentração de 0,2 mg/L de fósforo.

### **3.4.2 TÉCNICAS DE REMOCAO DE AGROTÓXICOS DA ÁGUA**

A seleção da tecnologia de tratamento de água depende de fatores como a natureza dos poluentes, sua concentração, volume a tratar e a toxicidade dos agrotóxicos. Existem diferentes métodos físicos, químicos e biológicos que são usados para a remoção de agrotóxicos, sejam métodos independentes ou associados, tais como a oxidação química, fotodegradação, combinação de ozônio com radiação UV, degradação pelo reagente de Fenton, nanofiltração, degradação biológica, coagulação e adsorção em carvão ativado (PEREIRA *et al*, 2017).

A presença de agrotóxicos nos mananciais pode trazer dificuldades para o tratamento da água, em virtude da necessidade de tecnologias mais complexas do que aquelas normalmente usadas para a potabilização nos tratamentos convencionais e de ciclo completo. Nas estações de tratamento de água (ETAs) que utilizam as etapas de ciclo completo (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção), apenas parte

das substâncias químicas presentes é removida, sendo necessária a inclusão de processos alternativos mais eficientes (SANCHES *et al.*, 2013).

A radiação ultravioleta (UV) oferece boas remoções, porém muitas vezes o tempo de exposição necessário para alcançar resultados satisfatórios é muito alto, tornando inviável a utilização da radiação UV no tratamento da água (PIMENTA, 2013).

A nanofiltração por membranas também é um processo que vem sendo estudado na remoção de agrotóxicos, devido ao baixo tempo de retenção hidráulica e ausência de produtos químicos, porém apresenta custos mais elevados (RIBEIRO, 2002).

O uso de algumas dessas tecnologias pode não ser viável, fazendo-se necessário o uso de processos de menor custo e de alto desempenho, como por exemplo, a adsorção por carvão ativado associado à pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular (GORZA, 2012).

Dentre as tecnologias citadas, podem-se destacar os processos Oxidativos Avançados - POAs, nos quais ocorre a degradação de contaminantes tóxicos por meio do radical hidroxila altamente oxidante. Os principais tipos de POAs são: Fenton ( $\text{Fe}^{+2} / \text{H}_2\text{O}_2$ ), Foto-Fenton (UV/ $\text{Fe}^{+2} / \text{H}_2\text{O}_2$ ), Fotólise ( $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{UV}$ ), Ozonólise ( $\text{O}_3 / \text{UV}$ ) e Fotocatálise heterogênea ( $\text{TiO}_2 / \text{UV}$ ). Junto com os POAs, a radiação UV e a ozonização são os tratamentos mais encontrados em estudos científicos para a remoção de agrotóxicos (MAGALHÃES, 2008).

#### 4 ANÁLISE DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA BRUTA E TRATADA

Existem vários estudos sobre a análise de resíduos de agrotóxicos em matrizes aquosas. Essas análises são difíceis de serem executadas, uma vez que esses compostos possuem diferentes propriedades físico-químicas e ocorrem em concentrações extremamente baixas na água. Com isso, existe a necessidade de técnicas analíticas de detecção de alta sensibilidade e seletividade para realizar essas análises e atender aos requisitos estabelecidos nas legislações em relação à água para consumo humano. A análise desses compostos tem sido realizada por meio de técnicas analíticas tradicionais

com diferentes tipos de detectores, incluindo cromatografia gasosa e cromatografia líquida de alta eficiência (WILLE *et al.*, 2012).

#### 4.1 TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS

A cromatografia é uma técnica na qual os componentes de uma solução são separados com base nas diferentes velocidades que são transportados através de uma fase estacionária (coluna cromatográfica) por uma fase móvel líquida (cromatografia líquida) ou gasosa inerte (cromatografia gasosa) e um detector é posicionado ao final da coluna cromatográfica para registrar o sinal do analito eluído da coluna para análise qualitativa e quantitativa deste composto (SKOOG *et al.*, 2008).

A cromatografia pode ser combinada a diferentes sistemas de detecção e trata-se de uma das técnicas analíticas mais utilizadas e de melhor desempenho atual. O acoplamento de um cromatógrafo com o espectrômetro de massas combina as vantagens que a cromatografia oferece (alta seletividade e eficiência de separação) com as vantagens da espectrometria de massas (obtenção de informação estrutural, massa molar e aumento adicional da seletividade)<sup>1</sup>. Para que o acoplamento seja possível, é necessário que as características de cada instrumento não sejam afetadas pela sua conexão, assim como não devem ocorrer modificações químicas não controladas do analito e perda de amostra durante a sua passagem do cromatógrafo para o espectrômetro de massas. Várias ferramentas analíticas para detecção de agrotóxicos em amostras ambientais estão disponíveis. Normalmente são utilizados métodos analíticos clássicos, como cromatografia gasosa e líquida, cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrógrafos de massa e eletroforese capilar; esses métodos têm alta sensibilidade e seletividade (CHIARADIA *et al.*, 2008).

#### 4.2 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Na maioria das análises químicas de resíduos, onde os analitos se encontram em nível de traços (ug/kg), é necessário a realização de uma etapa prévia de preparação da amostra, com o objetivo de promover a extração e a concentração dos analitos de interesse e eliminar possíveis interferentes. A extração em fase sólida foi introduzida para suprir as desvantagens apresentadas pela extração líquido-líquido. As limitações na determinação de resíduos de agrotóxicos foram minimizadas após o desenvolvimento de

métodos multirresíduo. Esses apresentam como vantagens a possibilidade de analisar um grande número de compostos, altos percentuais de recuperação dos analitos, a remoção dos possíveis interferentes da amostra, boa precisão e robustez, baixo custo e rapidez na preparação da amostra. Esses aspectos devem ser considerados durante o desenvolvimento e a validação de um método de preparo de amostra (PRESTES; ADAIME; ZANELLA, 2011).

#### 4.3 EXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA

A extração em fase sólida (SPE) é uma das técnicas mais utilizadas para extração e concentração de amostras complexas, permitindo que analitos em concentrações muito baixas sejam detectados por métodos cromatográficos. A fase sólida é preparada pela deposição de um polímero sobre suporte de sílica da coluna, seguido de imobilização usando radiação de microondas ou tratamento térmico. Os principais objetivos da extração em fase sólida é a remoção de interferentes, o isolamento e a concentração dos analitos de interesse (JARDIM, 2010).

#### 4.4 DETERMINAÇÃO MULTIRRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA EMPREGANDO EXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA (SPE) E CROMATOGRAFIA LÍQUIDA ACOPLADA A ESPECTÓGRAFO DE MASSAS (LC-MS/MS)

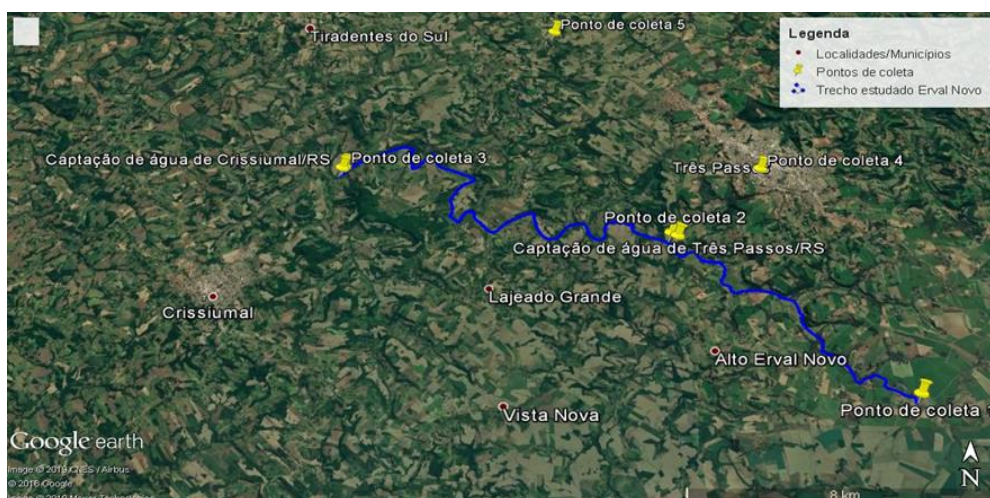
Na maioria das análises químicas de resíduos, onde os analitos se encontram em nível de traços (ug/kg), é necessário a realização de uma etapa prévia de preparação da amostra, com o objetivo de promover a extração e a concentração dos analitos de interesse e eliminar possíveis interferentes. A extração em fase sólida foi introduzida para suprir as desvantagens apresentadas pela extração líquido-líquido. As limitações na determinação de resíduos de agrotóxicos foram minimizadas após o desenvolvimento de métodos multirresíduo. Esses apresentam como vantagens a possibilidade de analisar um grande número de compostos, altos percentuais de recuperação dos analitos, a remoção dos possíveis interferentes da amostra, boa precisão e robustez, baixo custo e rapidez na preparação da amostra. Esses aspectos devem ser levados em conta durante o desenvolvimento e a validação de um método de preparo de amostra (PRESTES; ADAIME; ZANELLA, 2011).



## 5.2 DEMARCAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA, PRESERVAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS

Os pontos de coleta (Figura 5) foram demarcados conforme a extensão do rio, mantendo uma distância média de 10 Km entre eles, desde a nascente do rio no município de Bom Progresso até desaguar no rio Lajeado Grande, no município de Crissiumal. O ponto de coleta de água potável foi selecionado por se localizar no perímetro urbano, local de maior consumo de água diário. O poço artesiano foi selecionado como um ponto de coleta para a análise da água por se localizar em uma área rural do município e atender a demanda de água de consumo daquela comunidade.

Figura 5: Demarcação dos pontos de coleta do rio Herval Novo, da água tratada do perímetro urbano e do poço artesiano da comunidade rural



Fonte: Google Earth, 2019

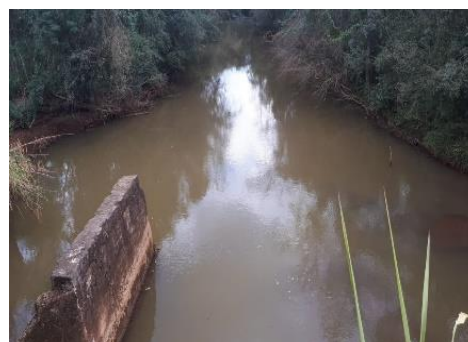
Os pontos de coleta de água do rio Herval Novo estão dentro dos limites da área geográfica do município de Três Passos. O primeiro ponto de coleta está localizado à montante, distante 10 Km da represa de captação, com as coordenadas geográficas de lat  $27^{\circ} 29'0''$  Sul e  $53^{\circ} 54'13''$  Oeste. O segundo ponto está localizado na represa de captação da companhia de saneamento, com as coordenadas geográficas de lat  $27^{\circ} 28'57''$  Sul e  $53^{\circ} 58'57''$  Oeste. O terceiro ponto está localizado à jusante da captação, distante 9 Km da represa de captação, com as coordenadas geográficas de  $27^{\circ} 27'35''$  Sul e  $54^{\circ} 04'01''$  Oeste. O quarto ponto de amostragem está localizado no perímetro urbano a 4 km da represa de captação, com as coordenadas geográficas de  $27^{\circ} 27'38''$  Sul e  $53^{\circ} 56'15''$  Oeste e o quinto e último ponto, o poço artesiano de coleta está a 9 Km distante da represa

de captação e a 10 Km do perímetro urbano, com as coordenadas geográficas de 27° 24'23'' Sul e 53° 59'59'' Oeste.

Figura 6: Imagem de satélite da represa de captação e vista local da represa de captação de água (ponto 2 de análise)



Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Autor (2020)

### 5.3 COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Foram realizadas duas coletas da água do rio Herval Novo, da água potável do perímetro urbano e do poço artesiano, sendo a primeira realizada no verão no mês de fevereiro do ano de 2020, ciclos das culturas de soja e milho safrinha e a segunda no outono no mês de abril do ano de 2021, épocas de milho e trigo. Todas as amostras foram coletadas em frascos de vidro âmbar de um litro, identificadas com seus respectivos pontos de coleta e acondicionadas em geladeira a uma temperatura de 4 °C.

### 5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para as análises físico-químicas de pH, cor, turbidez, nitrato e fósforo foram utilizadas as metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012), que dispõe sobre os procedimentos de controle da qualidade da água potável e pela Portaria GM/MS nº 888/2021. As análises foram realizadas no laboratório da Unidade da UERGS em Três Passos/RS.

As análises cromatográficas para determinação de agrotóxicos nas amostras de água do rio Herval Novo, água tratada e do poço artesiano, foram realizadas no laboratório de análises de resíduos de pesticidas – LARP da UFSM, utilizando a

metodologia de determinação de multirresíduos de agrotóxicos em água potável empregando extração em fase sólida (SPE) e cromatografia líquida acoplada a espectrógrafo de massa (LC-MS/MS), conforme metodologias descritas por Sabin *et al.* (2009), Martins *et al.* e Zanella (2013).

## 6 RESULTADOS

Os resultados das variáveis físico-químicas das amostras analisadas de água bruta estão em conformidade com a Resolução Conama nº 357/2005 e a água tratada apresentou resultados analíticos em conformidade com os valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

A Resolução Conama nº 357/2005 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e estabelece as condições de qualidade apresentadas por um corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada. Deve ser realizado o monitoramento do corpo de água do rio para verificar os parâmetros de qualidade dessa água bruta a ser utilizada no tratamento convencional para tornar a água potável.

Os resultados das análises físico-químicas das amostras de água do rio e da água tratada estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis físico-químicas analisadas nas amostras de água bruta coletada no período de verão de 2020 e de água tratada coletada no período do outono de 2021.

Identificação das amostras		água bruta			água tratada		
Variáveis	Unidade	VMP	coleta 1	coleta 2	VMP	coleta 1	coleta 2
pH		6 – 9	7,3	7,3	6 – 9	6,7	6,7
Cor	mg/L Pt/Co	75	120	110	15	< 1	< 1
Turbidez	UT	100	15	13	5	2	2
Nitrato	mg/L N	10	1,3	1,1	10	1,2	1,15
Fósforo	mg/L P	0,075	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

Na coleta do período do verão, no mês de fevereiro de 2020, foram identificados seis agrotóxicos nas amostras de água bruta, na água tratada e na água do poço artesiano.

Os herbicidas 2,4-D, clomazone e linuron foram identificados na nascente do rio, na represa de captação, a jusante da captação, na água tratada e no poço artesiano. A atrazina foi identificada em quatro dos cinco pontos amostrados; somente a água do poço artesiano não apresentou a presença do herbicida. O inseticida imidacloprido foi detectado apenas a jusante da represa de captação e o fungicida carbendazim está presente na nascente do rio e abaixo da represa de captação.

Nas amostras de água do rio Herval Novo, da água tratada e do poço artesiano coletadas no verão, os resultados das análises multirresíduos para os agrotóxicos 2-4 D oscilou de 0,116 a 0,145 ug/L e o herbicida linuron apresentou resultados menores que os valores máximos permitidos (VMP) que variou de 0,021 a 0,035 ug/L; o herbicida clomazone apresentou resultados que variaram de 0,233 ug/L a 0,311 ug/L e o herbicida atrazina, o inseticida imidacloprido e o fungicida carbendazim apresentaram resultados menores que o limite de quantificação do método (<LOQ). Os resultados são apresentados na tabela 2.

A Portaria GS/MS 888/2021 fixa os valores máximos permitidos (VMP) para a atrazina de 2 ug/L, para o 2,4-D de 30 ug/L e de 120 ug/L para o fungicida carbendazim. O herbicida clomazone não consta na Portaria.

O Centro Estadual de Vigilância em Saúde do estado do Rio Grande do Sul, através da Portaria CEVS/RS 320/2014 estabelece os limites máximos permitidos para o inseticida imidacloprido de 130 ug/L e a ANVISA/2014 fixa os valores máximos permitidos de 1 ug/L para o herbicida linuron para a água de consumo.

Tabela 2: Resultados da análise multirresíduos de agrotóxicos nas amostras de água bruta e água tratada – coleta do verão em Três Passos/RS no ano de 2020

Identificação das amostras	ponto 1	ponto 2	ponto 3	ponto 4	ponto 5
Agrotóxicos identificados	Concentração (ug/L)				
2,4-D	0,138	0,137	0,136	0,116	0,145
Atrazina	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	n.d
Carbendazim	< LOQ	n.d	< LOQ	n.d	n.d
Clomazone	0,279	0,258	0,254	0,233	0,311

Imidacloprido	n.d	n.d	< LOQ	n.d	n.d
Linuron	0,027	0,028	0,021	0,035	0,028

Ponto 1: nascente do rio Herval Novo; ponto 2: represa de captação da água para abastecimento humano; ponto 3: abaixo da represa de captação; ponto 4: água tratada; ponto 5: poço artesiano no interior do município; LOD: limite de detecção; LOQ: limite de quantificação; n.d.: não detectado.

A maior concentração individual de princípio ativo identificado na coleta de verão foi o herbicida clomazone (0,311 ug/L) e 2,4-D (0,145 ug/L) na água do poço artesiano e linuron (0,035 ug/L) na água tratada do perímetro urbano. Os agrotóxicos atrazina, carbendazim e imidacloprido apresentaram resultados <LOQ na coleta da mesma estação.

Nas amostras coletadas na estação do outono, foi identificado apenas o herbicida atrazina na nascente do rio, na represa de captação, abaixo da represa de captação e na água tratada. No poço artesiano o herbicida não foi identificado. O agrotóxico apresentou resultados inferiores aos valores máximos permitidos (VMP) para os as amostras coletadas na represa de captação e abaixo da represa de captação, e menores que o limite de quantificação (<LOQ) para as amostras da nascente e da água tratada. No poço artesiano não foram identificados agrotóxicos na coleta do outono.

A amostra coletada na represa de captação apresentou resultado de 0,057 ug/L e abaixo da represa de captação a concentração foi de 0,056 ug/L do ingrediente ativo. Na água coletada na nascente e do perímetro urbano a concentração foi <LOQ. O herbicida não foi detectado no poço artesiano. Os resultados estão listados nas Tabela 3.

Tabela 3: Resultados da análise de agrotóxicos nas amostras de água – coleta do outono em Três Passos/RS no ano de 2021

Identificação das amostras	ponto 1	ponto 2	ponto 3	ponto 4	ponto 5
Agrotóxicos identificados	Concentração (ug/L)				
Atrazina	< LOQ	0,057	0,056	< LOQ	n.d

Ponto 1: nascente do rio Herval Novo; ponto 2: represa de captação da água para abastecimento humano; ponto 3: abaixo da represa de captação; ponto 4: água tratada; ponto 5: poço artesiano no interior do município; LOD: limite de detecção; LOQ: limite de quantificação; n.d.: não detectado.

Os demais ingredientes ativos que foram detectados na coleta do verão, não foram identificados nas amostras do outono.

## 7 DISCUSSÃO

A qualidade da água do rio Herval Novo é o reflexo das condições naturais do uso e da ocupação do solo no entorno da bacia hidrográfica. A qualidade da água do rio é afetada pelo escoamento superficial e infiltração da água da chuva no solo, resultantes da precipitação atmosférica, quando são incorporadas substâncias estranhas ao ambiente aquático (Vidal, 2011).

O entorno do rio Eral Novo caracteriza-se pelas atividades da agricultura familiar, onde se destaca o cultivo de soja (60%), trigo e milho (25%) e outras atividades agrícolas (15%) como a bovinocultura de leite e a suinocultura. Possui áreas de encosta com declividade e áreas levemente onduladas e a cobertura vegetal remanescente é composta por mata nativa (SEBRAE, 2020). No município, não há registros do quantitativo de agrotóxicos utilizados a cada ano nos cultivos agrícolas mais representativos informação obtida no ano de 2021 junto ao Serviço de Informação ao Cidadão do município de Três Passos.

As culturas de milho, soja e trigo são plantadas na maioria das propriedades da sub-bacia hidrográfica do rio Herval Novo. Em relação ao uso de agrotóxicos nessas culturas, a maioria dos produtores fazem aplicações de agrotóxicos durante a condução das culturas. Este fato traz em si uma preocupação técnica e cultural, pois os produtores acreditam que, para obter uma ótima produção dessas culturas, é necessário utilizar herbicidas em larga escala para dessecar as áreas de plantio e controlar insetos e doenças fúngicas com o uso de inseticidas e fungicidas e sem o devido acompanhamento técnico, (ROSA *et al*, 2022).

As águas superficiais são caracterizadas por suas características físicas, químicas e bacteriológicas inadequadas para consumo. Nesse contexto, essas águas necessitam de tratamento, que é realizado com o objetivo de elevar a qualidade física, química, bacteriológica e organoléptica, tornando-as aptas ao consumo humano (BRASIL, 2014).

A necessidade de tratamento e os processos exigidos são determinados com base nos resultados de análises físico-químicas do manancial a ser empregado como fonte de abastecimento público (MORAES; SOUZA, 2014). Nas estações de tratamento, são empregadas etapas no processo de purificação das águas superficiais, que incluem a coagulação, floculação, sedimentação, filtração, fluoração (opcional), cloração e correção de pH. São tratamentos convencionais usados para a purificação da água de consumo.

No período do verão, as chuvas ocorreram de forma normal e no outono abaixo da média para o período. Os resultados do relatório para o período do verão se justificam pela solubilidade dos agrotóxicos e lixiviação da água da chuva. Os resultados dos relatórios de análise do período do outono apresentaram concentrações <LOQ nas amostras da água do rio e não detectado nas amostras coletadas no poço artesiano. Estes resultados são justificados pelo baixo índice de chuvas que ocorreram nesse período. Milhome (2009) e Solomon (2010) reforçam que o escoamento superficial e a lixiviação são responsáveis pelo deslocamento dos agrotóxicos até as águas dos rios e dos poços artesianos.

A mobilidade da atrazina na água é considerada alta conforme o modelo de Goss (BRITO *et al.*, 2001). No ano de 2020, a incidência de chuvas na região no período do verão foi considerada normal e abaixo da média no período do outono, o que não favorece o transporte da atrazina aplicada nos plantios de milho no entorno do rio Herval Novo. Segundo Mudhoo e Garg (2011), apenas 0,1 a 3,0% da carga de atrazina aplicada ao solo tem como destino o arraste para águas superficiais próximas às lavouras, o que pode explicar as baixas concentrações observadas.

A presença dos contaminantes nos pontos avaliados tem relação com características físico-químicas dos agrotóxicos e com as características dos locais de coleta das amostras. A proximidade das áreas agrícolas cultivadas com o rio com e a declividade dos solos do local, acentuam o escoamento superficial, o que contribui para o carreamento das substâncias empregadas nas lavouras, favorecendo a contaminação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, principalmente em períodos de chuva intensa.

Milhome *et al.* (2009) destacam que devido a facilidade de deslocamento dos agrotóxicos das áreas cultivadas até as águas superficiais do rio, as águas da chuva também recarregam as águas subterrâneas, levando consigo os agrotóxicos lixiviados, enquanto que Solomon *et al.* (2010), relatam que o destino dos agrotóxicos nos sistemas aquáticos é afetado pelas propriedades físicas e químicas da molécula, pela presença de outras substâncias na água, do pH, da temperatura e interação com o sedimento.

Prosen (2012) e Martinazzo *et al.* (2011) relatam que as propriedades da atrazina resultam em moderada mobilidade e elevada persistência no ambiente, contribuindo para a acumulação desse contaminante tanto na superfície como em profundidade no solo e é potencialmente perigoso quando atinge águas superficiais e subterrâneas através da lixiviação, podendo contaminar os lençóis freáticos, o que confirma a presença do

herbicida nas amostras de água coletadas. O tempo de meia vida no solo é de 20 a 50 dias e na água de 90 dias. A atrazina, utilizada nas culturas agrícolas do local, principalmente na cultura do milho, está presente na água do rio estudado, e segundo Lins *et al.* (2010), o agrotóxico é classificado como bioacumulativo e não biodegradável, podendo ocasionar toxicidade às diferentes espécies aquáticas.

Marins *et al.* (2020) relatam que o transporte dos agrotóxicos pela água da chuva, através da lixiviação, está relacionado à solubilidade destas substâncias na água. No ecossistema aquático, os seres vivos como os peixes, podem absorver esses compostos químicos, alterando o funcionamento da sua fisiologia animal. Zang *et al.* (2019) afirmam que os organismos afetados pelos resíduos de agrotóxicos podem apresentar distúrbios endócrinos, causar esterilidade e alterações neurológicas, além de ser um potencial foco de intoxicação alimentar para a população, gerando riscos à saúde das pessoas.

Aguiar (2019) ressalta que a contaminação humana por agrotóxicos pode ocorrer por contato com a pele e inalação de partículas, o consumo de água potável e de gêneros alimentícios expostos a esses produtos químicos. Os consumidores e os produtores rurais são os mais afetados.

O herbicida 2,4-D, foi identificado em todas as amostras de água coletadas na estação do verão e os resultados apresentaram concentrações abaixo dos VMP pela legislação vigente. Os resultados dos cinco pontos analisados ficaram entre 0,116 ug/L a 0,145 ug/L do princípio ativo 2,4-D. Na amostragem do outono, o agrotóxico não foi identificado nos pontos analisados.

Segundo a EMBRAPA (2008), o herbicida 2,4-D é um herbicida altamente seletivo, sistêmico, pré e pós-emergente, utilizado nas culturas de soja, milho, trigo e outras culturas para o controle das plantas invasoras nas lavouras do estado do Rio Grande do Sul. A aplicação do agrotóxico afeta o crescimento das plantas daninhas, produzindo a morte dos tecidos e da planta. Para a ANVISA (2019), o herbicida é classificado como extremamente tóxico e possivelmente carcinogênico para humanos.

Relatório da Fiocruz (2014) afirma que a exposição ao herbicidas 2,4-D representa perigos à saúde, podendo causar desregulação endócrina, perturbações nas funções reprodutivas, nos rins e tireóide, alterações genéticas, efeitos cancerígenos e desenvolvimento de doença neurodegenerativa de Parkinson, que inicia com o tremor das mãos e avança para sintomas como movimentos lentos, rigidez dos músculos e perda de equilíbrio.

Milhorne et al. (2009), relatam que a alta solubilidade em água indica tendência do composto ser removido do solo e atingir os corpos hídricos. O índice de GUS e o modelo de GOSS são usados com frequência para avaliar o potencial de contaminação em águas subterrâneas e superficiais, relatado por Pessoa *et al.* (2003).

Os métodos usualmente empregados para avaliação do risco potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais consideram as propriedades físico-químicas dos compostos, as condições climáticas, as características topográficas e as práticas de manejo. Os métodos mais conhecidos são índices GUS e Goss que ponderam somente as propriedades do agrotóxico.

O Índice GUS (Groundwater Ubiquity Score), estabelecido por Gustafson (1989), é um dos métodos de predição mais utilizados atualmente (LAVORENTI et al., 2003). Ele avalia o potencial de determinado composto ser lixiviado, atingindo águas subterrâneas, por meio das propriedades do próprio princípio ativo. Enquanto, o índice de GOSS (1992) avalia a movimentação dos agrotóxicos sobre o solo e a sua capacidade de atingir águas superficiais.

As propriedades físico-químicas dos agrotóxicos são fatores relevantes para sua interação no meio e indicam a tendência do agrotóxico a ser carregado na água, no solo e ar (SILVA, 2004), facilitando a compreensão das rotas de destino e do transporte de cada composto. As principais propriedades físico-químicas relacionadas ao comportamento ambiental dos agrotóxicos são: o coeficiente de partição ou sorção do solo ( $K_d$  ou  $K_{oc}$ ), a solubilidade em água ( $S_w$ ), a pressão de vapor ( $PV$ ), o coeficiente de partição n-octanol-água ( $K_{ow}$ ), as constantes de ionização ácido ou base ( $pK_a/pK_b$ ) e constante da lei de Henry ( $kH$ ) e meia vida do agrotóxico no solo ( $DT_{50}$ ).

Para Neto *et al.* (2012), o agrotóxico 2,4-D tem alto potencial de contaminação ambiental, por ser bioacumulativo e de elevada toxicidade. É classificado como um herbicida classe I, extremamente tóxico e muito perigoso ao meio ambiente e apresenta tempo de meia-vida de 4 a 17 dias no solo e de 4 a 8 dias na água. Usualmente utilizado no pós-plantio das culturas do milho, soja e trigo, é avaliado como altamente transportável e muito tóxico para organismos aquáticos. Os resultados do relatório de análise confirmam o transporte do agrotóxico pela água da chuva até os corpos hídricos superficiais e subterrâneos, sendo identificado nos cinco pontos amostrados.

O clomazone é um herbicida pré e pós-emergente e sistêmico, de nome químico (2-(2-clorofenil) metil - 4,4 - dimetil -3 - isoxalidinona, pertence ao grupo químico das isoxalidinona, de classificação toxicológica V, e muito perigoso ao meio ambiente

(ANVISA, 2011). Este herbicida é usado nas culturas da soja, milho e mandioca da bacia hidrográfica em análise e arroz irrigado na região central do Rio Grande do Sul, tendo sido identificado em todos os pontos amostrados na coleta realizada no verão. Os resultados variaram de 0,254 ug/L a 0,279 ug/L na água do rio, de 0,233 ug/L na água tratada e 0,311 ug/L na água do poço artesiano. Na coleta do outono o herbicida não foi identificado.

Em trabalho de monitoramento das águas da bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, na região Central do Estado do Rio Grande do Sul, Marchezan *et al.* (2010) demonstraram que o herbicida clomazone que apresenta maior incidência nas amostras coletadas nesta bacia hidrográfica, pode estar relacionado com a sua persistência no ambiente e sua elevada solubilidade em água, associado à ocorrência de chuvas que promovem o extravasamento da água da lavoura para os rios.

Zanella *et al.* (2002) relataram que os resíduos de clomazone podem durar até 130 dias em águas agrícolas e serem detectados em 90% das amostras de água coletadas em cursos perto de regiões de cultivo de arroz. Assim, esse herbicida pode chegar a rios, lagos, córregos, nascentes e águas subterrâneas através do vazamento constante de água a partir destas culturas em épocas de plantio e colheita ou durante a lixiviação das chuvas. Van der Oost *et al.* (2003) relatam que o herbicida dissolvido na água pode atingir os organismos não-alvo, como os peixes e causar distúrbios na função endócrina, que estão diretamente ligados a problemas na reprodução e à mortalidade.

O linuron, de nome químico 3-(3,4-diclorofenil)-1-metoxi-1-metilureia, é um herbicida fenilureia substituído, um sólido branco cristalino, inodoro, classificado como pouco tóxico – classe III, mas perigoso ao meio ambiente (ANVISA, 2002).

Segundo a EMBRAPA (2007), o uso do herbicida está autorizado para o controle em pré e pós emergência de ervas daninhas, gramíneas anuais em culturas como a mandioca, o sorgo, o milho e soja. Sua persistência ambiente é alta e quando aplicado várias vezes no estágio de crescimento da cultura demonstra tendência de bioacumulação.

O agrotóxico linuron é empregado nas culturas da região e foi identificado nos cinco pontos amostrados na coleta de verão. Na nascente, a concentração do ingrediente ativo foi de 0,027 ug/L, na represa de captação foi de 0,028 ug/L e a jusante da represa a concentração foi de 0,027 ug/L. O maior valor foi detectado na água tratada do perímetro urbano com 0,035 ug/L e no poço artesiano com 0,028 ug/L. Na coleta de outono não foi detectado linuron. Segundo Gisele (2016), este herbicida tem baixa mobilidade na água e

no solo. Ela relata que as ureias substituídas são pouco móveis no solo e a persistência varia de 3 a 6 meses.

O agrotóxico imidacloprido, de nome químico (1-(6-cloro-3-piridinilmetil)-N-nitroimidazolidim-2-ilideneamino, é um inseticida da classe dos neonicotinóides, sintetizado a partir da nicotina natural, de classificação toxicológica II – altamente tóxico para insetos e perigoso ao meio ambiente, e de alta solubilidade em água (ANVISA, 2015).

Segundo a EMBRAPA (2017), as concentrações residuais encontradas de imidacloprido em sedimentos foi de 77 dias e no solo de 28 dias após a semeadura. O tempo de permanência no solo e na água sugerem um potencial de lixiviação para águas subterrâneas, sendo uma condição de risco para o uso desse inseticida em áreas de recarga de aquíferos.

O imidacloprido foi identificado somente abaixo da represa de captação na coleta de verão e em concentração inferior ao LOQ. Nos demais pontos de amostragem, tanto no verão como no outono, o ingrediente ativo não foi detectado. Ele é utilizado para prevenir e controlar a infestação de insetos nas diferentes culturas agrícolas, eliminando-os por ingestão e contato (DURO *et al.*, 2013).

O carbendazim é um fungicida sistêmico seletivo benzimidazólico, de amplo espectro e largamente utilizado nas culturas de soja, milho e trigo cultivadas nas proximidades do rio em análise e também em grande variedade de frutas e vegetais para controlar doenças fúngicas nas plantas alvo (AGROFIT, 2016). Este fungicida possui elevada toxicidade e sua dinâmica ambiental é favorável à ocorrência em mananciais de abastecimento, e está presente na água do rio Herval Novo, na amostra coletada na nascente do rio e a jusante da represa de captação. Nesses dois pontos apresentou resultados inferiores ao LOQ. A ausência do carbendazim na represa de captação, no poço artesiano e na água tratada pode ser justificada pelo baixo coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc), baixa mobilidade e tempo de meia-vida no solo e na água, conforme o critério de GOSS e relatado por Pessoa *et al.* (2003). As informações sobre a dinâmica ambiental desses compostos são escassas, mas demonstram baixo potencial de lixiviação pela presença do fungicida em apenas 2 (dois) pontos amostrados, sendo pouco afetado pelos aspectos de precipitação e lixiviação.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**UNIDADE HORTÊNSIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

**HARDI GERMANO WEIRICH**

**UTILIZAÇÃO DE EPIS, MANUSEIO, PREPARAÇÃO E CUIDADOS NA  
APLICAÇÃO DE CALDAS DE AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA.**

**SÃO FRANCISCO DE PAULA**

**2022**



**uergs**  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

**Hortênsias**

**HARDI GERMANO WEIRICH**

**UTILIZAÇÃO DE EPIs, MANUSEIO, PREPARAÇÃO E CUIDADOS NA  
APLICAÇÃO DE CALDAS DE AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA.**

Produto Técnico apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Bárbara Estevão Clasen

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis para o Desenvolvimento

**SÃO FRANCISCO DE PAULA**

**2022**

## LISTA DE FIGURAS

Fig.1. Classes Toxicológicas do Sistema GHS.....	8
Fig.2. Equipamentos de proteção individual usados na agricultura.....	10
Fig. 3. Receituário agrônomo para aquisição de agrotóxicos .....	10
Fig. 4. Transporte de produtos perigosos.....	11
Fig. 5. Depósito de agrotóxicos.....	12
Fig. 6. Placas de sinalização obrigatórias para depósitos de agrotóxicos.....	12
Fig.7. Preparação de calda de agrotóxico e a utilização correta de EPIs.....	13
Fig.8. Manuseio de agrotóxicos sem EPIs.....	13
Fig. 9. Tríplex lavagem de embalagens vazias.....	14
Fig. 10. Depósito de embalagens vazias.....	15
Fig. 11. Embalagens recicladas.....	15
Fig. 12. Pulverização costal com a utilização correta de EPIs.....	16
Fig. 13. Pulverização sem o uso de EPIs.....	17
Fig. 14. Pulverização tratorizada com utilização correta de EPIs .....	17
Fig. 15. Pulverização tratorizada sem a utilização correta de EPIs .....	18
Fig. 16: Sintomas de intoxicação por agrotóxicos e medidas de primeiros socorros.....	21



## **APRESENTAÇÃO**

Esse manual tem o propósito de orientar os trabalhadores na agricultura sobre o uso correto e seguro de agrotóxicos, que inicia no momento da emissão do receituário agrônomo, a aquisição do produto de interesse e a sua aplicação na lavoura, até o destino final das embalagens vazias.

Os agrotóxicos são produtos químicos importantes para proteger as plantas do ataque de insetos, de doenças e de plantas daninhas, mas podem ser perigosos se forem usados de forma incorreta. Além dos organismos indesejados, os agrotóxicos causam intoxicações em qualquer organismo vivo que de alguma forma seja exposto.

A aplicação de agrotóxicos requer equipamentos que garantam segurança ao trabalhador, que causem o menor impacto ambiental, sejam eficientes na distribuição do produto na lavoura com o menor esforço do operador. A segurança na aplicação exige o uso correto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e uma série de outros cuidados.

Salienta-se que essa breve descrição não deve ser entendida como a única referência para o uso correto e seguro de agrotóxicos.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	47
2 LEGISLAÇÃO.....	48
3 O QUE SÃO AGROTÓXICOS.....	48
4 TIPOS DE AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA.....	49
5 AGROTÓXICOS E O MEIO AMBIENTE.....	49
6 CLASSIFICAÇÃO E ROTULAGEM DE AGROTÓXICOS.....	50
7 EPIs UTILIZADOS NOS TRABALHOS AGRÍCOLAS.....	51
8 AQUISIÇÃO DO PRODUTO.....	52
9 TRANSPORTE.....	53
10 ARMAZENAMENTO.....	54
11 SEGURANÇA NA PREPARAÇÃO DE CALDAS.....	55
11.1 Como Fazer a Tríplice Lavagem.....	57
12 DESTINO DAS EMBALAGENS VAZIAS.....	57
13 APLICAÇÃO DAS CALDAS DE AGROTÓXICOS.....	59
13.1 Pulverização Costal.....	59
13.2 Pulverização Tratorizada de Barras.....	60
14 PERÍODO DE CARÊNCIA.....	61
15 PREVENÇÃO DE ACIDENTES E HIGIENE.....	61
16 INTOXICAÇÃO.....	62
16.1 Formas de Intoxicação.....	62
16.2 Sintomas de Intoxicação.....	63
<b>16.2.1 Intoxicação Aguda.....</b>	<b>63</b>
<b>16.2.2 Intoxicação Crônica.....</b>	<b>63</b>
17 PRIMEIROS SOCORROS.....	64
18 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	66

## 1 INTRODUÇÃO

Este manual aborda, de forma simplificada, os passos para o uso correto de agrotóxicos, as normativas e as leis que regulamentam o uso de agrotóxicos na agricultura.

O manual traz informações referentes a classificação e tipos de agrotóxicos, a aquisição do produto, o transporte, o armazenamento e os cuidados na preparação das caldas, o manuseio e a aplicação de agrotóxicos, a tríplice lavagem, o destino correto e a reciclagem das embalagens vazias.

Também apresenta informações quanto a intoxicações e doenças associadas ao uso continuado de agrotóxicos, a prevenção de acidentes e os primeiros socorros em caso de intoxicação.

Equipamentos de proteção individual – EPIs, são vestimentas e acessórios de uso individual, que tem como finalidade proteger o agricultor dos riscos químicos dos produtos utilizados.

A Norma Regulamentadora - NR 6 estabelece quais são os EPIs recomendados para os trabalhadores rurais utilizarem nas atividades agrícolas, que inicia no transporte e armazenamento dos agrotóxicos, no preparo e a aplicação da calda na lavoura, no plantio e na colheita e no armazenamento dos produtos agrícolas.

A NR 31 estabelece as normas de segurança e saúde em atividades agrícolas. Quanto mais tóxico for o produto utilizado e quanto maior o tempo de exposição ao agrotóxico pelo trabalhador, maior será o nível de proteção exigido. Muitos casos de intoxicação podem ser evitados quando as normas de segurança são seguidas corretamente.

A utilização de agrotóxicos é regulamentada pela **Lei nº 7.802**, de 11 de julho de 1989, e regulamentada pelos Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, e nº 10.833 de 7 de outubro de 2021.

## **2 LEGISLAÇÃO**

As informações sobre o uso correto e seguro de agrotóxicos é regulamentado pela Lei Federal no 7.802/1989, o Decreto nº 4.074/2002 e o Decreto nº 10.833/2021, que dispõe sobre a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos.

A NR 6 – Norma Regulamentadora 6 estabelece os cuidados que devem ser tomadas em relação à aquisição, à distribuição e à utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) nas empresas agrícolas e produtores rurais.

A NR 31 – Norma Regulamentadora 31, estabelece uma série de regras que devem ser seguidas em qualquer atividade agrícola. A norma traz as regras que todos os produtores e trabalhadores devem seguir para garantir a sua segurança enquanto estão em serviço. Ela trata de equipamentos de proteção pessoal (EPIs), transporte e manipulação de produtos químicos, prevenção de acidentes de trabalho, medidas de proteção individual, à saúde e a segurança do trabalhador em atividades agrícolas, no controle e no uso de agrotóxicos e operação de máquinas, equipamentos e implementos (MTE, 2020).

A Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 296, de 29 de julho de 2019, aprovou as informações para rótulos e bulas de agrotóxicos, com o objetivo de estabelecer informações obrigatórias relativas a proteção humana que devem constar nos rótulos e bulas de agrotóxicos e a adoção das diretrizes de rotulagem do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS).

## **3 O QUE SÃO AGROTÓXICOS**

A Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, define e classifica o termo agrotóxicos como “produtos e componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de

seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento”.

Resumidamente, podemos dizer que os agrotóxicos são produtos químicos que alteram a composição da flora e da fauna com o objetivo de evitar que doenças, proliferação de insetos ou plantas daninhas prejudiquem as plantações.

#### **4 TIPOS DE AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA**

Os agrotóxicos são classificados de acordo com o grupo químico e os organismos-alvo que controlam, a sua toxicidade e periculosidade ambiental. Os agrotóxicos também se diferenciam pelas formas como agem no combate as plantas invasoras e insetos. A ação se dá por meio de contato ou por ingestão. Tipos de agrotóxicos utilizados na agricultura:

Fungicidas são utilizados para controlar as doenças fúngicas em plantas.

Herbicidas são usados para controlar plantas invasoras ou plantas daninhas.

Inseticidas são usados no combate de insetos, larvas e formigas.

Acaricidas são usados para controlar os ácaros.

Bactericidas são usados no controle das bactérias.

Adjuvantes são substâncias adicionadas à formulação herbicida ou à calda herbicida para aumentar a eficiência do produto ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação (EMBRAPA, 2013).

#### **5 AGROTÓXICOS E O MEIO AMBIENTE**

O comportamento do agrotóxico no ambiente é bastante complexo. Os agrotóxicos podem alcançar águas superficiais, como córregos, rios e lagos e as águas subterrâneas, por meio do escoamento no solo dos produtos químicos aplicados nas plantas.

Outra dificuldade encontrada na aplicação de agrotóxicos é chamada de deriva. Esta ocorre quando uma porção do agrotóxico aplicado que não atinge o alvo desejado, se deposita em áreas vizinhas ou é carregada a grandes distâncias, com grande potencial de impactos indesejados no ambiente. Além disso, qualquer que seja o caminho do agrotóxico no meio ambiente, invariavelmente o homem é seu receptor (MMA, 2020).

## 6 CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA E ROTULAGEM DE AGROTÓXICOS

O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos – GHS estabelece os critérios para classificar substâncias e compostos com relação aos perigos físicos, para a saúde e para o meio ambiente. Isso inclui, além dos elementos harmonizados para informar dos perigos, os requisitos sobre a rotulagem, pictogramas e fichas de segurança.

O marco regulatório para classificação e rotulagem de agrotóxicos, instituído pela ANVISA (2019), através da RDC nº 296/2019, trouxe mais segurança para os agricultores. Essa classificação facilita a identificação do perigo do uso do agrotóxico. Para isso, foram ampliadas de quatro para seis as categorias da classificação toxicológica. Uma cartela de cores ajudará na identificação dos riscos.

A classificação em função da toxicidade deverá ser determinada e identificada com os respectivos nomes das categorias e cores no rótulo dos produtos que expressa o perigo de toxicidade do agrotóxico com base na sua composição química. Para cada categoria, haverá a indicação de danos causados relacionados à mortalidade - toxicidade aguda oral, dérmica e inalatória, conforme Figura 1:

Figura 1: Classes Toxicológicas do Sistema GHS

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NÃO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERADAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	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: Anvisa, 2019

As mudanças foram propostas com base nos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos – GHS. O Brasil passou a utilizar as regras harmonizadas, juntamente com os países da União Europeia, da Ásia, dos Estados Unidos e Canadá e países de outros continentes a partir de 2020.

## **7 EPIs UTILIZADOS NOS TRABALHOS AGRÍCOLAS**

A NR-6 (2001) define os EPIs como acessórios ou equipamentos de proteção individual, que tem como finalidade proteger o trabalhador rural dos riscos à segurança e à saúde durante a preparação de caldas e aplicação de agrotóxicos na lavoura, prevenindo de intoxicações que podem ocorrer através do contato com a pele, olhos, boca e nariz.

O kit de EPIs estabelecido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (2001), é um conjunto de equipamentos de segurança que protegem o trabalhador de acidentes nas atividades agrícolas. Ele é recomendado por um engenheiro agrônomo ou técnico de segurança, de acordo com a cultura a ser implantada, a utilização do pulverizador adequado à cultura, as condições climáticas do momento e as etapas de manipulação. No rótulo e na bula de cada agrotóxico também há a indicação dos tipos de EPIs necessários para uso.

Os EPIs obrigatórios utilizados para trabalhos com agrotóxicos na agricultura são:

Luvas: utilizadas para proteger as mãos à exposição.

Respiradores ou máscaras: usados para evitar a absorção dos vapores e partículas tóxicas através dos pulmões.

Óculos de segurança ou viseira facial transparente: é a proteção dos olhos e do rosto contra respingos.

Jaleco e calça: roupas de manga comprida que protegem tronco, membros superiores e inferiores devendo ser usados em todos os tipos de aplicação.

Touca árabe: é hidro-repelente e substitui o chapéu de abas largas.

Avental: produzido com material impermeável para maior segurança.

Botas: devem ser preferencialmente de cano alto e não devem ser de couro.

Figura 2: Equipamentos de proteção individual usados na agricultura



Fonte: [www.encartale.com.br](http://www.encartale.com.br)



Fonte: [segurancadotrabalho.ufv.br](http://segurancadotrabalho.ufv.br)

## 8 AQUISIÇÃO DO PRODUTO

A venda de agrotóxicos aos usuários será feita através de receituário próprio, prescrito por profissionais legalmente habilitados, conforme art. 13 da Lei nº 7.802/89. O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA é o agente fiscalizador e verifica a regularidade da conduta do profissional emissor da receita agrônoma.

Deve-se solicitar orientações ao estabelecimento comercial ou cooperativa onde foi adquirido o produto, informações quanto aos cuidados necessários para transportar produtos químicos, a nota fiscal de aquisição do agrotóxico, corretamente preenchida,

possibilitando o transporte de produtos perigosos e conferir se a ficha de emergência acompanha os produtos adquiridos.

Figuras 3: Receituário agrônômico para aquisição de agrotóxicos



Imagem: [www.cidasc.sc.gov.br](http://www.cidasc.sc.gov.br)



Imagem: [www.creapb.com.br](http://www.creapb.com.br)

## 9 TRANSPORTE

Transportar agrotóxicos é uma tarefa de responsabilidade e exige que sejam tomadas várias medidas preventivas para diminuir o risco de acidentes em vias públicas. Os documentos necessários para o transporte e armazenamento são a nota fiscal, a ficha de emergência e o receituário agrônômico.

A NR 31 estabelece normas para o transporte de agrotóxicos, como segue: “Os agrotóxicos, adjuvantes e produtos afins devem ser transportados em recipientes rotulados, resistentes e hermeticamente fechados”.

A ficha de emergência é um documento de porte obrigatório para o transporte de produtos perigosos, conforme o Art. 22 do Regulamento de Transporte de Produtos Perigosos e aprovado pela Resolução nº 5.848/2019. Também está prevista na Resolução 420/04 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2004) e a Portaria 204/97 do Ministério do Transporte.

Para o transporte de produtos perigosos em grandes quantidades é recomendado utilizar veículos adequados e para pequenas quantidades, usar veículo com caçamba e cobertos com uma lona impermeável, conforme Figura 4.

Figura 4: Transporte de produtos perigosos



Imagem: [www.uffrj.br](http://www.uffrj.br)



Imagem: [www.creapb.com.br](http://www.creapb.com.br)

## 10 ARMAZENAMENTO

Os agrotóxicos devem ser guardados ou armazenados em local seguro, independentemente da sua quantidade, e ficarem distantes de locais com possibilidade de inundação ou próximos de outros prédios. Esses produtos devem ficar isolados de locais onde se acondicionem ou se consumam alimentos e bebidas e também distantes de mananciais, represas, rios, riachos e lagos. O armazém deve ser construído em alvenaria, com boa ventilação e piso impermeável de fácil limpeza e que não permita infiltração para o solo, além de boa ventilação.

O armazenamento dos agrotóxicos nos depósitos deve seguir as orientações da NBR 9843/2013 da ABNT, que trata do armazenamento de agrotóxicos e afins em propriedades rurais (BRASIL, 2013).

Figura 5: Depósito de agrotóxicos



Imagem: [www.apoioemtudo.blogspot.com](http://www.apoioemtudo.blogspot.com)

Figuras 6: Placas de sinalização obrigatórias para depósitos de agrotóxicos



Fonte: [www.google.com](http://www.google.com)



Fonte: [www.google.com](http://www.google.com)

## 11 SEGURANÇA NA PREPARAÇÃO DE CALDAS

A maioria dos acidentes com agrotóxicos ocorre durante o seu manuseio e no decorrer do preparo da calda e na aplicação do produto no campo. Daí a necessidade de o agricultor consultar um Engenheiro Agrônomo que recomende o produto químico adequado, a formulação e a dosagem correta e a técnica de aplicação mais indicada.

O preparo da calda exige muito cuidado, pois é o momento em que o agricultor manuseia o agrotóxico concentrado.

O operador deve, obrigatoriamente, usar os equipamentos de proteção individual (EPIs). A calda deve ser preparada em ambiente aberto e ventilado, observando as

instruções do rótulo do produto e evitar a inalação de gases, respingos e contato direto com o agrotóxico; também não se deve desentupir bicos ou orifícios com a boca. Não beber, comer ou fumar durante o manuseio e aplicação dos produtos na lavoura.

Figura 7: Preparação de calda de agrotóxico com o uso correto dos EPIs



Imagem: [www.cartamaior.com.br](http://www.cartamaior.com.br)

Figura 8: manuseio de agrotóxicos sem utilização de EPIs



Imagem: [www.misereor.org](http://www.misereor.org)

## 11.1 COMO FAZER A TRÍPLICE LAVAGEM

A tríplice lavagem da embalagem utilizada deve ser realizada logo após o esvaziamento, longe de locais que possam ser contaminados e causar riscos à saúde de outras pessoas. Deve-se esvaziar completamente a embalagem com resíduos de agrotóxicos no tanque do pulverizador e preencher a embalagem com 1/4 do seu volume com água limpa; tampar a embalagem e agitar por 5 segundos; despejar a calda resultante no tanque do pulverizador. Repita esta operação por 3 vezes, sempre transferindo o líquido resultante para o tanque do pulverizador.

As embalagens onde foi realizada a tríplice lavagem, devem ser inutilizadas e guardadas em depósito próprio, longe de residências e de locais onde há circulação de pessoas.

Figura 9: etapas para fazer a tríplice lavagem de frascos vazios de agrotóxicos



Imagem: [www.repositório.ifgoiano.edu.br](http://www.repositório.ifgoiano.edu.br)

## 12 DESTINO DAS EMBALAGENS VAZIAS

Após realização da tríplice lavagem, os frascos vazios devem ser encaminhados para as empresas que comercializaram os agrotóxicos, que enviam essas embalagens para as empresas que fazem a reciclagem dessas embalagens. Os usuários de agrotóxicos têm

a obrigação de devolver as embalagens vazias aos estabelecimentos comerciais onde foram adquiridos os produtos, no prazo de até um ano da data da compra.

Os estabelecimentos nos quais os recipientes serão entregues, fornecerão comprovante de recebimento das embalagens e deverão dispor de instalações adequadas para seu recebimento e armazenamento, até que sejam recolhidos pelas empresas titulares do registro, produtoras e comercializadoras, responsáveis pela destinação final dessas embalagens.

Figura 10: Depósito de embalagens vazias corretamente acondicionadas



Imagem: [itarana.es.gov.br](http://itarana.es.gov.br)

Fig. 11: Embalagens vazias recicladas e enfardadas



Imagem: [coopercitrus.com.br](http://coopercitrus.com.br)

## 13 APLICAÇÃO DAS CALDAS DE AGROTÓXICOS

Para a aplicação das caldas são utilizadas máquinas pulverizadoras. Podem ser manuais (pulverizador costal) ou tratorizados com barras de pulverização. Nas barras de pulverização de líquidos, a calda é transformada em pequenas gotas que são depositadas sobre as plantas daninhas ou plantas cultiváveis.

### 13.1 PULVERIZAÇÃO COSTAL

O pulverizador costal possibilita um fácil e descomplicado manuseio e aplicação de agrotóxicos. Através do bombeamento, ele lança o líquido ao exterior, passando por bicos que fracionam este líquido em pequenas gotas que são distribuídas no local ao ser aplicado. Nas figuras abaixo, exemplos de pulverização costal usando EPIs e pulverização de forma incorreta sem a utilização de EPIs.

Figura 12: Utilização do pulverizador costal com uso correto de EPIs



Imagem: [www.prometalepis.com.br](http://www.prometalepis.com.br)

Figura 13: Pulverização sem o uso de EPIs



Imagem: [www.febrapdp.org.br](http://www.febrapdp.org.br)

### 13.2 PULVERIZAÇÃO TRATORIZADA DE BARRAS

A barra de pulverização é montada na parte traseira do trator e está acoplada ao tanque com a calda de pulverização. A barra é composta por bicos de pulverização que estão colocados ao longo da barra que efetua a aplicação nos locais desejados.

Fig. 14: Pulverização tratorizada com a utilização de EPIs



Imagem: Consea/MG

Figura 15: pulverização tratorizada sem a utilização de EPIs



Imagem: [www.agencia.cnptia.embrapa.br](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br)

#### **14 PERÍODO DE CARÊNCIA**

Intervalo de segurança ou período de carência é o número de dias que representa o intervalo ou espaço de tempo entre a aplicação do agrotóxico e a colheita, para uso ou consumo seguro do alimento e que deve estar escrito na bula do defensivo. Este prazo visa garantir, que no momento da colheita, uso ou consumo, o produto atenda os valores do Limite Máximo de Resíduos (LMR) definido pela ANVISA (2021).

#### **15 PREVENÇÃO DE ACIDENTES E HIGIENE**

A prevenção de acidentes e as práticas de higiene ajudam na diminuição de intoxicações na aplicação de agrotóxicos.

Não comer ou beber durante o manuseio e a aplicação de produtos fitossanitários. Após o manuseio dos agrotóxicos, devemos tomar banho utilizando sabão neutro. As vestimentas de trabalho devem ser lavadas com água e sabão em abundância e os EPIs utilizados devem ser higienizados e guardados em local próprio.

Ler e seguir rigorosamente a receita agrônômica e as recomendações do rótulo do agrotóxico; não reutilizar embalagens vazias e não utilizar utensílios domésticos na mistura de produtos. Crianças, gestantes e mulheres que estão amamentando não podem ter contato com agrotóxicos. O operador deve utilizar equipamentos de proteção como máscara, óculos, luvas, chapéu, botas, avental, camisa de manga comprida, calça comprida.

## **16 INTOXICAÇÃO**

Todos os agrotóxicos são potencialmente perigosos e podem causar danos à saúde de pessoas, animais e ao meio ambiente. As formas de intoxicação mais comuns é o contato com os produtos no momento do preparo e na aplicação da calda ou qualquer outro tipo de manuseio inadequado com o produto. Os agrotóxicos são absorvidos por meio de contato com a pele, da mucosa, pela respiração e por ingestão.

### **16.1 FORMAS DE INTOXICAÇÃO**

De uma maneira geral, dependendo das vias de penetração, as primeiras reações às intoxicações são:

a) Através da pele (cutânea):

Pele avermelhada, inchada, quente e dolorosa, leve ardência e aparecimento de brotoejas e alergias e desidratação da pele.

b) Através da respiração:

Ardência no nariz e boca, tosse, coriza, dor no peito e dificuldade de respirar.

c) Através da boca:

Irritação da boca e garganta, dor no estômago, náuseas, vômitos e diarreia.

Outros efeitos vão aparecendo após uma contaminação prolongada e são bem diversificados, como segue:

Dor de cabeça, transpiração anormal, fraqueza, câimbras, tremores, aborto, irritabilidade, dificuldade para dormir, dificuldade de aprender, esquecimento, impotência sexual e depressão.

## 16.2 SINTOMAS DE INTOXICAÇÃO

Os sintomas de intoxicação podem ser agudos ou crônicos.

### 16.2.1 Intoxicação Aguda

Os sintomas agudos podem ocorrer de forma leve, moderada ou grave, dependendo da quantidade de agrotóxico absorvido, do tempo de exposição, da toxicidade do produto e do tempo decorrido entre a exposição e o atendimento médico. Essa exposição acontece num período de até 24 horas, acarretando diversos efeitos rápidos sobre a saúde.

São sintomas como cefaleia (dor de cabeça), náuseas; vômitos; dilatação das pupilas, diarreia; taquicardia, hipersecreção salivar, incontinência urinária e fecal, perda de consciência; pequenos tremores musculares involuntários, fraqueza muscular generalizada, distúrbios sensoriais, confusão mental, distúrbios motores, movimentos involuntários dos olhos, pequenas contrações musculares involuntárias e fraqueza.

### 16.2.2 Intoxicação Crônica

A intoxicação crônica apresenta efeitos de médio e longo prazos. Os quadros clínicos são mais indefinidos. Essa intoxicação é manifestada através de inúmeras patologias, que atingem diversos órgãos e sistemas do corpo humano.

Dificuldade para dormir, esquecimento, aborto, impotência, depressão, problemas respiratórios graves, alteração do funcionamento do fígado e dos rins, anormalidade da produção de hormônios da tireoide, dos ovários e da próstata, incapacidade de gerar filhos, malformação e problemas no desenvolvimento intelectual e físico das crianças.

Estudos apontam grupos de agrotóxicos como prováveis e possíveis carcinogênicos que afetam o sistema imunológico, hematológico, hepático, neurológico, reprodutivo, além de malformações congênitas e tumores.

Também há correlações com o aumento do risco do desenvolvimento de diversos tipos de câncer, doença de Parkinson, depressão e até suicídio. Esses sintomas não aparecem imediatamente (ANVISA, 2018)

## 17 PRIMEIROS SOCORROS

Primeiros socorros são os cuidados imediatos que devem ser prestados a uma pessoa vítima de acidente ou mal súbito, a fim de manter as funções vitais, aplicando medidas e procedimentos de socorro imediato, até que médicos socorristas possam prestar o atendimento especializado.

Ler o rótulo do produto para ver se é recomendado provocar vômito; quando recomendado, provocar vômito baixando bem a cabeça do intoxicado e pressionando a base da língua com o cabo de uma colher ou objeto similar. Não fazer o intoxicado beber leite ou respirar vapor de álcool.

Fig. 16: Sintomas de intoxicação por agrotóxicos e medidas de primeiros socorros



Imagens: Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF)

Logo após o atendimento dos socorristas, deve-se procurar os serviços de saúde mais próximos, levando o rótulo ou embalagem do agrotóxico e o receituário agrônomo ou fazer contato com o Centro de Informações Toxicológicas (CIT/RS) – 0800 721 3000.

## **18 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse breve manual é um produto técnico do projeto de pesquisa e está diretamente relacionado ao tema estudado.

A cada ano cresce a utilização de agrotóxicos no Brasil. Os riscos da utilização de agrotóxicos estão relacionados a sua toxicidade e as condições de exposição dos trabalhadores rurais.

Os trabalhadores rurais são o grupo de maior risco, pois estão expostos diretamente aos agrotóxicos, que inicia no preparo da calda e descarte de embalagens vazias e a aplicação no campo. Esse contato pode trazer sérios riscos à saúde, deixando sequelas irreversíveis e até a morte.

Os riscos podem ser minimizados, se utilizados corretamente os EPIs e os trabalhadores rurais estiverem plenamente capacitados para utilizar os agrotóxicos de forma correta e segura na lavoura.

Cabe as autoridades, a implementação de campanhas educativas junto aos agricultores e sindicatos rurais, e apresentar os riscos e os danos causados à saúde que a utilização incorreta de agrotóxicos pode causar.

## REFERÊNCIAS

ANDEF. Manual de Armazenamento de Produtos Fitossanitários. Disponível em: <https://www.casul.com.br/arquivo/imagem/1679091c5a880faf6fb5e6087eb1b2dcArmazenamento.pdf>. 2006. Acesso em: julho de 2020.

ANTT. Transporte de Produtos Perigosos. 2001. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=100652>. Acesso em: 8 de março de 2022

ANVISA. Novo Marco Regulatório. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acesoainformacao/perguntasfrequentes/agrotoxicos/novo-marco-regulatorio>. 2019. Acesso em: 04 março de 2020.

BRASIL. LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 5 de março de 2022

BRASIL. NR 6. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>. Acesso em: 11 de março de 2022

BRASIL. NR 31. Disponível em: [http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55880421/do1-2018-12-19-portaria-n-1-086-de-18-de-dezembro-de-2018-55880232](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55880421/do1-2018-12-19-portaria-n-1-086-de-18-de-dezembro-de-2018-55880232). 2020. Acesso em: 5 de março de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. <https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/produtos-agrot%C3%B3xicos.html>. 2020. Acesso em: 4 de março de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-6-nr-6>. Acesso em: 8 de março 2022

BRASIL. RDC 296/2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 9 de março de 2022.

EMBRAPA. Agrotóxicos. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 5 de março de 2022.

EMBRAPA. Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/10340/1/Dc-102.pdf>. 2006. Acesso em julho de 2020.

ESALQ. Manual de Aplicação de Produtos Fitossanitários. Disponível em: <http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Leitura%20-%20Manual%20Tecnologia%20de%20Aplicacao.pdf>. 2010. Acesso em julho de 2010.

FIOCRUZ. É veneno ou Remédio. Disponível em: [https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/cap\\_01\\_veneno\\_ou\\_remedio.pdf](https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/cap_01_veneno_ou_remedio.pdf). Acesso em: agosto de 2020.

INCA. Agrotóxicos. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxicos>. 2019. Acesso em: agosto de 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Intoxicação por Agrotóxicos. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/dicas/108agrotox.html>. 2006. Acesso em: agosto de 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. NR 31. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-31-atualizada-2020.pdf/view>. Acesso em: 5 de março de 2022.

SENAR. Prevenção de Acidentes com Agrotóxicos: NR 31. Disponível em: [http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senar/conteudos/149/anexos/RIS2\\_Modulo\\_05.pdf](http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senar/conteudos/149/anexos/RIS2_Modulo_05.pdf). 2015. Acesso em: julho de 2020

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos nas análises confirmaram a presença de resíduos de herbicidas, inseticidas e fungicidas na água do rio Herval Novo, na água potável e na água do poço artesiano.

As concentrações dos diferentes ingredientes ativos de agrotóxicos encontradas na água tratada e os valores dos resíduos apresentaram valores abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP) pela legislação, o que indica a potabilidade das diferentes amostras de água analisadas.

O tratamento convencional tem pouco ou nenhum efeito sobre a remoção de agrotóxicos da água. Os tratamentos de água necessitam de processos dedicados e específicos para cada ingrediente ativo de agrotóxico e também há necessidade de se realizarem mais estudos com relação à remoção e degradação dos agrotóxicos, ,

As concentrações de princípios ativos encontrados nas amostras de água podem ser consideradas irrelevantes, mas alertam para a necessidade da adoção de propostas sustentáveis e menos impactantes ao meio ambiente e à saúde humana.

Não é possível estabelecer limites máximos aceitáveis para a exposição humana a agrotóxicos, uma vez que a exposição persistente a baixas concentrações pode provocar efeitos adversos ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

AGROLINK. Estatísticas Agropecuárias. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/regional/rs/tres-passos/estatistica>. 2020. Acesso em: dez de 2021

BERTI, A.P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L.C.; EDUARDO, L.; GRASSI, A. Efeitos da Contaminação do Ambiente Aquático por Óleos e Agrotóxicos. SaBios: Revista de Saúde e Biologia, v. 4, n. 1, p. 45-51, 2009.

BRASIL. ANVISA. Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Portaria 2914/2011. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf).

BRASIL. ANVISA. Portaria PRC 5/2017. Padrões de potabilidade da água para consumo humano. Disponível em: <https://iusnatura.com.br/potabilidade-da-agua/>. 2017. Acesso em nov. 2020 21 19.

BRASIL. FUNASA. Manual Prático de Análise de Água. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf). 2006. Brasília. Acesso em: out 2019.

BRASIL. Lei nº 7.802. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17802.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm). 1989. Acesso em: out 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Informações Técnicas. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>. 2021. Acesso em: jan de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Notícias. Disponível em: <https://www.agricultura.gov.br/noticias/brasil-fecha-safra-2018-2019-com-recorde-de-242-1-milhoes-de-toneladas-de-graos>. 2019. Acesso em: dez de 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Orientações Técnicas para o Monitoramento de Agrotóxicos na Água para Consumo humano. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/04/Doc--Orientações-Agrotoxicos-FINAL.pdf>. Acesso em jul de 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. 2021. Acesso em jan de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: FUNASA, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental>. Acesso em: 20 mai. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio\\_nacional\\_vigilancia\\_populacoes\\_e\\_expostas\\_agrotoxicos.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_nacional_vigilancia_populacoes_e_expostas_agrotoxicos.pdf). 2018. Acesso em: dez de 2021

CARNEIRO, F. F. et al. Segurança Alimentar e nutricional e saúde. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxicos>. 2015. Rio de Janeiro. Acesso em: dez 2021

MARIZA C. CHIARADIA.; CAROL H. COLLINS.; ISABEL C. S. F. JARDIM. O estado da arte da cromatografia associada à espectrometria de massas acoplada à espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos. Disponível em: <http://quimicanova.sbg.org.br>. 2008. Acesso em: 22 de julho de 2022

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPÉIA. Directive 80/778/EEC. Relating to the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of European Communities*, n. L299, 1980. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A31980L0778>. 1980. Acesso em: jan 2021.

CONAMA. Resolução do CONAMA N° 357/2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUÇÃO...PDF>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

CPTEC/INPE. Previsão Climática. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

DRAPER, H.H. HADLEY, M. Malondialdehyde determination as index of lipid Peroxidation. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/007668799086135I>. 1990. Acesso em: dez de 2019.

DURO, P. N.; TEIXEIRA, J. G.; PINTO, A. P. Desenvolvimento de métodos eletroquímicos para quantificação de neonicotinóides em amostras de água contaminadas. 2013. f.15-20. Dissertação de Mestrado em Análises Químicas Ambientais - Universidade de Évora,

EMBRAPA. Herbicidas. Mecanismos de ação e uso. 2008 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30295/1/doc-227.pdf> Acesso em: 12 de abril de 2022

EMBRAPA. Dinâmica de Imidacloprido e Tiodicarbe na Água, Sedimento e Solo de Lavoura de Arroz Irrigado. Circular Técnica 186. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171558/1/Circular-186.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2022.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: Solo, Água e Sedimentos. Disponível em: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=EMBRAPA+MEIO+AMBIENTE.+Manual+de+Procedimentos+de+Coleta+de+Amostras+em+%C3%81reas+Agr%C3%ADcolas+para+An%C3%A1lise+da+Qualidade+Ambiental%3A+Solo%2C+%C3%81gua+e+Sedimentos>. São Paulo. 2006.

EMBRAPA. O agro brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/59784047/o-agro-brasileiro-alimenta-800-milhoes-de-pessoas-diz-estudo-da-embrapa>. 2021. Acesso em: 30 dez 2021

EMBRAPA. KARAM, D.; RIOS, J. N. G.; FERNANDES, R. C. Agrotóxicos. 2014. Brasília. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1007543/agrotoxicos>. Acesso em: 16 nov. de 2019

FAO. Chapter 4: Pesticides as water pollutants. Disponível em: <https://www.fao.org/common-pages/search/en/?q=4%20impacts%20of%20pesticides%20on%20the%20environment> Acesso em: jan de 2021

FIOCRUZ. Dossiê ABRASCO. Um alerta sobre os agrotóxicos na saúde. Disponível em: [https://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco\\_2015\\_web.pdf](https://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf). 2015. Acesso em: dez de 2021.

FIOCRUZ. Mudanças na rotulagem e bulas de agrotóxicos e nas diretrizes para classificação, avaliação toxicológica e avaliação de risco dietético. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/documento/gt-de-agrotoxicos-fact-sheet-no-1>. 2019. Acesso em: Dez de 2021

FIOCRUZ. Parecer técnico destaca perigos à saúde por uso de 2,4-D em herbicidas 2014. Disponível em: <http://www6.ensp.fiocruz.br/visa/?q=node/6083> Acesso em: 12 de abril de 2022.

GRISA, F.T.; ORTIZ, K.S.; GEREMIAS, D. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha - Rio Grande do Sul. Química. Nova, v. 31, n. 7, 1631-1635, 2008.

GORZA, N. L. Remoção de agrotóxicos em uma instalação piloto de tratamento de águas de abastecimento do tipo convencional, associado à pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br>. UFES. Acesso em: 22 de julho de 2022

GOSS, D.W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. Disponível em: <https://www.jstor.org>. 1992. Acesso em: 22 de julho de 2022.

GUSTAFSON, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Disponível em: <https://www.scienceopen.com>. 1989. Acesso em: 22 de julho de 2022

HABBIB, M. Agrotóxicos e a poluição das águas. Disponível em: <https://www.seesp.org.br/site/index.php/comunicacao/noticias/item/3046-agrot-xicos-e-a-polui-o-das-guas>. 2012. Acesso em: Dez de 2021

IBAMA. Reavaliação ambiental do Neonicotinoide Imidacloprido. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/aceso-a-informacao/publicacoes-oficiais/reavaliacao-ambiental-do-neonicotinoide-imidacloprido>. 2021. Cesso em: 10 de maio de 2022

IBAMA. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. 2021. Acesso em: jan de 2022.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>. 2019. Acesso em out de 2021.

IBGE. Produção Agrícola - Lavoura Temporária. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/tres-passos/pesquisa/14/0>. 2018. Acesso em: dez de 2019.

JARDIM, I. C. S. F. Extração em Fase Sólida: Fundamentos Teóricos e Novas Estratégias para Preparação de Fases Sólidas. *Scientia Chromatographica* Vol.2, Nº1, 13-25, 2010

LIMA, M. C; ROCHA, S. A. Efeitos toxicológicos sobre as abelhas silvestres no Brasil. 2012. Brasília. IBAMA

LAVORENTI A.; PRATA F.; REGITANO, J. B. Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos. In: CURI, N. et al. **Tópicos ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p. 335-400, 2003.

MAGALHÃES, F. Síntese e caracterização de óxidos de ferro e compósitos para aplicações no tratamento redox de efluentes aquosos. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br>, 2008. UFMG. Acesso em: 22 de julho de 2022

MARINS, A.T.; SEVERO, E.S.; LEITEMPERGER, J.W.; CEREZER, C.; MULLER, T.E.; COSTA, M.D.; WEIMER, G.H.; BANDEIRA, N.M.G.; PRESTES, O.D.; ZANELLA, R.; LORO, V. L. Assessment of River Water Quality in the Agricultural Region of Brazil Using Biomarkers in a Native Neotropical Fish, *Astyanax* spp. (Characidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 104, p. 575-581, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-020-02821-0>. Acesso em: 22 de julho de 2022

MARTINAZZO, R.; DICK, D. P.; HIRSCH, M. M.; LEITE, S. B.; PERALBA, M. C. R. Sorção de atrazina e de mesotriona em latossolos e estimativa do potencial de contaminação. *Química Nova* 34, 1378-1384, 2011

MILHOME, M. A. L.; SOUSA, D. O. B.; LIMA, F. A. F.; NASCIMENTO, R. F. **Superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE**. *Eng Sanit Ambient*, v.14 n.3, jul/set 2009. p. 363-372.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. INCA. Ambiente, Trabalho e Cancer. 2021. Disponível em: [https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente\\_trabalho\\_e\\_cancer\\_-\\_aspectos\\_epidemiologicos\\_toxicologicos\\_e\\_regulatorios.pdf](https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente_trabalho_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf). Acesso em: 13 de abril de 2022.

MORAES, M. E. B.; SOUZA, J. R. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>. Acesso em: 11 de maio de 2022

MUDHOO, A.; GARG, V. K. Sorption, Transport and Transformation of Atrazine in Soils, Minerals and Composts: A Review. Disponível em: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5835af9e5b49528a0972e3d5&assetKey=AS%3A431602128953353%401479913374848>. 2011. Acesso em: 24 de abril de 2022.

NETO, M. L. Q.; MEDEIROS, M. K. S.; FLORÊNCIO, F. D. C.; JÚNIOR, P. L. S. Análise da qualidade da água subterrânea utilizada no abastecimento urbano: um estudo de caso em poços tubulares no município de São Rafael/RN. In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB. sn, p. 29, 2016

PEREIRA, A. R.; PEREIRA, O. R.; BOTTR, S. C. Remoção dos agrotóxicos incluídos na Portaria 2914/2011 em ETAs. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_210\\_n\\_1711.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_210_n_1711.pdf). Acesso em: 22 de julho de 2022.

PESSOA, M.C.P.Y *et al* Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 13, p. 111-122, jan-dez. 2003.

PIMENTA, G. G. Descontaminação de água tratada contendo parationa-metílica pelo emprego de radiação UV, ozônio e processo oxidativo avançado. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br>. 2013. Acesso em: 22 de julho de 2022

PRESTES, O. D.; ADAIME, M. B.; ZANELLA, R. QuEChERS: possibilidades e tendências no preparo de amostra para determinação multiresíduo de pesticidas em alimentos. *Scientia Chromatographica*, v. 3, p. 51-64, 2011.

PROSEN, H. Fate and determination of triazine herbicides in soil (Cap. 3). In: HASANEEN, M. N. A. E. (Ed.). *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*. Rijeka: Intech, 2012. p. 43-58.

RENATO, C. S.; SILVA, K. A. BARROS, C. P. ANTONIO C.P. Carcinogenicidade do carbendazim e seus metabólitos. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140214>. 2012. Acesso em: 22 de abril de 2022

RIBEIRO, M. L. Remoção de compostos orgânicos de águas por ultra e nanofiltração em membranas poliméricas. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br>. UFRGS. 2002

ROSA, G. M.; SILVA, D. W.; FLACH, K. A.; JUNIOR, J. A. C. Uso e manejo de agrotóxico em propriedades rurais no norte e noroeste do estado do Rio Grande do Sul. 2022. Disponível em: <blob:http://clium.org/c6c61321-00b0-4b1d-ba41-3683a2f7e048> Acesso em: 19 de julho de 2022.

SABESP. Tratamento de água. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/calandraweb/toq/2008/COTIA.pdf> Acesso em: jan de 2021.

SABIN, Guilherme P.; PRESTES, Osmar D.; ADAIME, Martha B. and ZANELLA, Renato. Multiresidue determination of pesticides in drinking water by gas chromatography-mass spectrometry after solid-phase extraction. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/9mWHtsMYkDypTydg77HxWSL/?lang=en>. J. Braz. Chem. Soc. [online]. 2009, vol.20, n.5, p.918-925.

SANCHES, S. et al. Removal of pesticides from water combining low pressure UV photolysis with nanofiltration. Separation and Purification Technology, v.115, n. 30, p.73-82, 2013. Acesso em: 22 de julho de 2013.

SEBRAE. Perfil das Cidades Gaúchas. Três Passos. 2020. Disponível em: [https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Tres\\_Passos.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Tres_Passos.pdf). Acesso em: 11 de maio de 2022.

SECRETARIA DA AGRICULTURA PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO RURAL. Levantamento Sistemático da produção agrícola. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/levantamento-sistematico-da-producao-agricola-ibge>. 2020. Acesso em: nov 2021

SEMA. U 30. Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/u030-bh-turvo>. Acesso em: 21 jan 2021

SECRETARIA DE SAÚDE DO RS. CEVS/RS. Portaria 320/2014. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/11110603-portaria-agrotoxicos-n-320-de-28-de-abril-de-2014.pdf>. Acesso em 14 de abril de 2022.

SECRETARIA DE SAÚDE DO RS. CEVS/RS. Intoxicações por Agrotóxicos em 2020 e 2021. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/202201/31110543-lista-45-principios-ativos.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2022.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. 8ª edição, São Paulo: Cengage Learning, 2008

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS DE ANÁLISE DE ÁGUA. Disponível em: Acesso em: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=standard+methods+for+the+examination+of+water+and+wastewater>. 2012. Acesso em nov 2021.

TISLER, T.; JEMEC, A; MOZETIC, B; TREBSE, P. Haard identification of imidacloprid to aquatic environment. Chromosphere. 2009. p. 907 -914

TOMITA, R.Y; BEYRUTH, Z. Toxicologia de Agrotóxicos em ambiente aquático. Disponível em: Disponível em: <https://www.oocities.org/~esabio/tomita.htm>. Acesso em: dez de 2021.

UMBUZEIRO, G. Agrotóxicos colocam em risco a vida aquática. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2021/11/30/agrotoxicos-colocam-em-risco-vida-aquatica>. 2021. Acesso em: Dez de 2021

VIDAL, N. A. Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Erval Novo - município de Três Passos, RS. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/38282>. Acesso em: 14 de abril de 2022

VIGIAGUA. Portaria Estadual nº 320/2014. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/11110603-portaria-agrotoxicos-n-320-de-28-de-abril-de-2014.pdf> Acesso em: 13 de abril de 2022.

WILLE, K.; BRABANDER, H. F.; WULF, E.; CAETER, P. V.; JANSSEN, C. R.; VANHAECKE, L. Coupled chromatographic and mass-spectrometric techniques for the

analysis of emerging pollutants in the aquatic environment. Trends in Analytical Chemistry, v. 35, p. 87-108, 2012.

ZANELLA, et al. Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/x8X843HF6kJmYnKsjX7fNNP/?stop=previous&format=html&lang=pt>. Acesso em; 24 de abril de 2022.