

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DE GEOGRAFIA**

ARTHUR CAMPANA PEIXOTO

**MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA:
O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ**

Porto Alegre

2024

ARTHUR CAMPANA PEIXOTO

**MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA:
O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luis Alberto Basso

Porto Alegre
2024

AGRADECIMENTOS

Em um país onde muitas pessoas passam fome e não concluem nem o ensino básico, sou grato por encerrar a graduação em uma universidade de excelência como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Agradeço às minhas avós Berenice e Evoni, que dedicaram suas vidas ao cuidado da família e foram fundamentais em minha criação e suporte durante a vida escolar.

À minha mãe, que nunca deixou de prover o necessário para que eu e meu irmão tivéssemos o melhor estudo e educação.

Ao meu pai, por me incentivar a estudar na UFRGS.

À minha companheira Rafaella, que me apoiou quando quis voltar ao pré-vestibular e cursar Geografia. E por me fazer um homem melhor, incentivar-me a finalizar a graduação e a me aprimorar sempre.

Ao meu orientador, Prof. Luis Alberto Basso que aceitou ser meu orientador e nunca negou suporte.

A todos professores do curso de Geografia, pela ótima formação.

E aos meus colegas, pela parceria nessa etapa incrível em minha vida.

RESUMO

Atualmente, no Brasil, o monitoramento e controle de agrotóxicos é precário e a grande maioria dos estados e municípios não estão adequados à legislação vigente. Este trabalho apresenta um plano de monitoramento dos agrotóxicos aplicados nas lavouras de arroz na Bacia Hidrográfica do Gravataí (BHG), considerando sua quantidade de uso, época de aplicação e criticidade para a poluição da água. O estudo em questão pode fornecer subsídios para o processo decisório do órgão ambiental, especialmente no que diz respeito à alocação de recursos destinados ao monitoramento da qualidade da água. Seu objetivo principal é identificar o momento mais adequado para a detecção e avaliação do potencial risco de contaminação hídrica proveniente dos resíduos de agrotóxicos. Foram analisados 12 ingredientes ativos (IA), entre herbicidas, fungicidas e inseticidas, resultando em metade deles com potencial risco de contaminação às águas superficiais da BHG.

Palavras-Chave: arroz, agrotóxicos, águas superficiais, poluição hídrica.

ABSTRACT

Currently, in Brazil, the monitoring and control of pesticides are inadequate, with the majority of states and municipalities not complying with existing legislation. This undergraduate thesis presents a monitoring plan for pesticides used in rice cultivation in the Gravataí Watershed, considering their usage quantity, application timing, and their criticality for water pollution. The study at hand can provide insights for the decision-making process of the environmental agency, particularly regarding the allocation of resources for water quality monitoring. Its main objective is to identify the most suitable time for detecting and evaluating the potential risk of water contamination from pesticide residues. Twelve active ingredients (AI), including herbicides, fungicides, and insecticides, were analyzed, revealing that half of them pose a potential risk of contaminating water sources.

Keywords: Rice, pesticides, surface water, water pollution.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BHG	Bacia Hidrográfica do Gravataí
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DISA	Divisão de Insumos e Serviços Agropecuários
DMAE	Departamento Municipal de água e esgoto
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
IA	Ingredientes Ativos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PC	Portaria de Consolidação
QUALIÁGUA	Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água
SEAPI	Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
SISAGUA	Sistema de Monitoramento de Informações sobre Qualidade da Água para o Consumo Humano
USEPA	Agência de Proteção Ambiental Americana

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vazões de demanda e consumo por setor na bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHG).	11
Figura 2 - Regiões Hidrográficas do RS e suas bacias hidrográficas.	15
Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Gravataí.	16
Figura 4 - Banhado Grande.	17
Figura 5 - Rede básica de monitoramento de qualidade da água na BHG.	25
Figura 6 - Esquema tradicional de tratamento da água.	26
Figura 7 - Plantações de arroz irrigado na BHG.	27
Figura 8 - Precipitação média mensal (mm).	32
Figura 9 - Distribuição anual das condições climáticas e épocas de aplicação dos principais IA para a cultura do arroz na BHG.	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo a ANVISA	20
Quadro 2 - Principais grupos químicos dos Fungicidas.	21
Quadro 3 - Principais representantes dos Herbicidas.	22
Quadro 4 - Grupo dos Inseticidas	22
Quadro 5 - Municípios com maiores áreas agrícolas na BHG.	30
Quadro 6 - Classificação e Divisão Climática (Moreno, 1961).	31
Quadro 7 - Principais IA utilizados na cultura do arroz da BHG	34
Quadro 8 - IA mais utilizados para o plantio do arroz e seus principais meses de utilização.	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2 OBJETIVO GERAL	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
1.5 ÁREA DE ESTUDO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. AGROTÓXICOS.....	18
2.1.1 Avaliação toxicológica e ambiental dos Agrotóxicos	19
2.2 A LEGISLAÇÃO E A CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR AGROTÓXICOS	22
2.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	24
2.4 RIZICULTURA.....	26
3 METODOLOGIA	30
3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E A PRODUÇÃO DE ARROZ NA BHG	30
3.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO GRAVATAÍ.....	30
3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS I.A.....	32
3.4 LEVANTAMENTO DOS INGREDIENTES ATIVOS UTILIZADOS PARA O ARROZ NO RS E COMERCIALIZADOS NA BHG	33
3.5 PRINCIPAIS ÉPOCAS PARA O MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	36
4.2 MELHORES ÉPOCAS PARA MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos vêm sofrendo intensas interferências antrópicas, o que resulta em poluição e comprometimento da qualidade. A deterioração dos ambientes aquáticos caracteriza-se como um dos maiores problemas ambientais mundiais, sendo que os maiores responsáveis pela sua contaminação são os lançamentos de efluentes domésticos e industriais sem tratamento e o uso intensivo de substâncias químicas na agropecuária (Oliveira *et al.*, 2012).

A utilização de agrotóxicos e afins na produção agrícola é uma prática destinada ao controle de pragas e doenças que afetam plantas cultivadas e que está relacionada à segurança alimentar e, conseqüentemente, ao bem-estar humano. Nesse contexto, possíveis efeitos danosos à saúde humana ou ao meio ambiente necessitam ser prevenidos ou controlados.

A Portaria de Consolidação (PC) nº5 de 2017 do Ministério da Saúde estabelece a necessidade de desenvolver um plano específico destinado ao monitoramento dos agrotóxicos presentes na água bruta destinada ao consumo humano, ela informa que o plano de amostragem para os agrotóxicos deve considerar a avaliação dos seus usos na Bacia Hidrográfica, bem como a sazonalidade de culturas. Em situações em que esse plano não tenha sido estabelecido, é permitido realizar apenas uma avaliação a cada seis meses, o que pode não coincidir com o período de maior aplicação de pesticidas (Brasil, 2017 *apud* Leite; Pereira; Silva, 2021).

Quem controla a qualidade da água para consumo humano no Brasil é a Coordenação Geral de Vigilância em Saúde (CGVAM), que pertence à Secretaria de Saúde, do Ministério da Saúde. A norma vigente para água potável é a já mencionada PC nº 5 de 2017, que define padrões e procedimentos para o controle e a vigilância da qualidade da água, contemplando 27 agrotóxicos (Brasil, 2017 *apud* Leite; Pereira; Silva, 2021). A CGVAM é responsável por coordenar o Programa Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água para o Consumo Humano (VIGIAGUA), que atua por meio do Sistema de Monitoramento de Informações sobre Qualidade da Água para o Consumo Humano (SISAGUA) (Barbosa; Solano; Umbuzeiro, 2015).

Como a água para o consumo humano, em boa parte dos municípios brasileiros, é proveniente de rios e córregos, o monitoramento das águas superficiais é fundamental, pois quanto pior for a qualidade da água bruta, maior serão os gastos com a adição de substâncias para torná-la potável e, portanto, apta ao abastecimento doméstico.

Em monitoramentos realizados em diferentes regiões do Brasil foram encontrados resíduos de agrotóxicos nos rios, indicando a necessidade de avaliar e gerenciar os riscos decorrentes da utilização destes produtos para a saúde dos seres vivos e equilíbrio ecológico dos ecossistemas (Gomes; Barizon, 2014). O Sistema Único de Saúde (SUS) atua com o VIGIAGUA nos pontos de coleta de água bruta e, também, nas torneiras de abastecimento final, assim como na avaliação dos agrotóxicos presentes. Conforme dados desse programa, o estado do Rio Grande do Sul tem tido resultados significativos em relação a quantidade destes produtos, a maioria na água bruta (VIGIAGUA-RS, 2019).

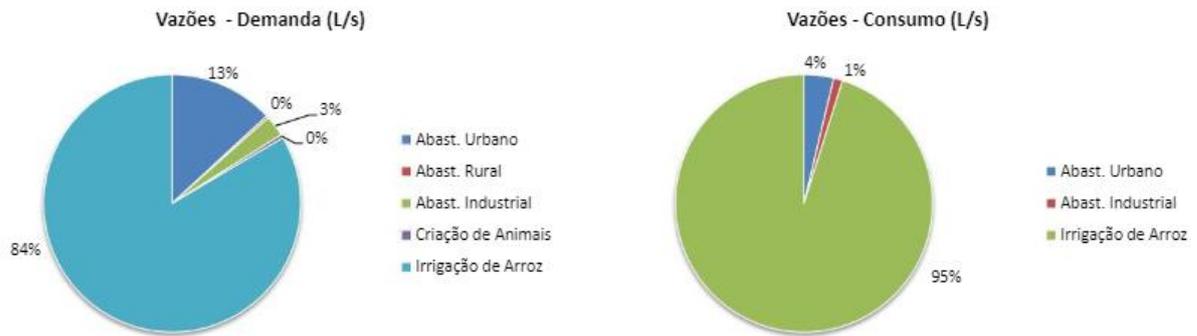
Em síntese, o monitoramento e a análise dessas substâncias na rede de drenagem das bacias hidrográficas são essenciais para o aperfeiçoamento da gestão ambiental e o cumprimento da legislação. Portanto, este estudo propõe um método que pode ser útil na identificação dos princípios ativos prioritários associados à cultura do arroz e na determinação das épocas mais apropriadas para realizar esse monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (BHG).

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Segundo o Fundo de Nações Unidas para a Agricultura e Alimentos (FAO), a agricultura é o setor que mais consome água no mundo, chegando a quase 70% de toda a água utilizada. A irrigação é a principal forma de utilização desta água, representando 40% de toda a produção (FAO, 2020).

Na BHG o consumo de água é maior do que a média devido à cultura de arroz irrigado, que utiliza diretamente a água da Bacia, conforme a figura 1.

Figura 1 - Vazões de demanda e consumo por setor na bacia hidrográfica do rio Gravataí (BHG).



Fonte: RT Síntese, p. 43, 2012.

Devido a grande utilização da água para a irrigação do arroz, o monitoramento regular dos agrotóxicos da água superficial é uma prática essencial para garantir que a água destinada ao consumo humano seja segura, saudável e atenda aos padrões regulatórios estabelecidos, isto é vital para proteger a saúde da população, preservar o meio ambiente e promover o uso sustentável dos recursos hídricos.

Atualmente não ocorre o monitoramento regular de agrotóxicos na frequência ideal. A partir dos resultados do presente trabalho, pretende-se indicar quais os períodos mais apropriados para tal monitoramento na BHG.

1.2 OBJETIVO GERAL

Identificar a época ideal de monitoramento de agrotóxicos na água, utilizados nas lavouras de arroz na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, com o propósito de determinar a sazonalidade mais apropriada para detecção e avaliação do risco de contaminação hídrica.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar brevemente do ponto de vista geográfico a BHG.
- Levantar os principais ingredientes ativos (IA) dos agrotóxicos utilizados nas lavouras de arroz no Rio Grande do Sul
- Identificar quais desses agrotóxicos possuem o maior risco de contaminação hídrica.

- Definir a frequência de amostragem mais indicada ao monitoramento de agrotóxicos na água na BHG.

1.4 JUSTIFICATIVA

A contaminação dos recursos hídricos derivada de agrotóxicos no Brasil ainda é um tema pouco pesquisado, com escassas fontes oficiais de informação e fontes públicas para consulta (Carneiro *et al.*, 2015). O uso inadequado dessas substâncias pode gerar contaminação do solo, da atmosfera e de recursos hídricos, além de afetar a saúde humana. Órgãos internacionais apontam que a exposição aos agrotóxicos reflete em riscos à saúde, como, por exemplo, em problemas no sistema nervoso e em câncer (Vieira *et al.*, 2017).

Os agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para matar insetos, larvas e fungos com o intuito de controlar as doenças provocadas por tais vetores e de regular o crescimento da vegetação. Eles são hidrossolúveis e podem alcançar as águas superficiais, como córregos, rios e lagos, por meio do escoamento superficial (Ribeiro; Vieira, 2010). Esses agroquímicos podem, também, penetrar no solo atingindo os aquíferos gerando um problema ainda mais grave, pois, ao contaminar as águas subterrâneas, a remoção das impurezas é cara e muitas vezes impossível, levando muitos anos para que dissipem (Oliveira *et al.*, 2001).

Um terço dos alimentos consumidos diariamente pelos brasileiros está contaminado por agrotóxicos, segundo análise de amostras coletadas em todas as 26 Unidades Federadas do Brasil. 63% das amostras analisadas apresentaram contaminação por agrotóxicos, sendo que 28% apresentaram ingredientes ativos não autorizados (Abrasco, 2012 *apud* Carneiro *et al.*, 2015). No Brasil, a produção agrícola cresceu cerca de 20% entre os anos de 2010 e 2019 e o volume de agrotóxicos utilizados no mesmo período aumentou 78%. O nosso país é um dos principais destinos de agrotóxicos proibidos em outras nações (Bombardi, 2017).

Informações sobre as quantidades do produto utilizado e suas tendências a longo prazo, auxiliam na tomada de decisões regulatórias, no direcionamento da fiscalização e em decisões sobre investimentos, estudos e pesquisas para registro de alternativas menos impactantes. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental

Henrique Luis Roessler (FEPAM), órgão técnico vinculado à Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) do estado do Rio Grande do Sul tem realizado monitoramento sistemático da qualidade da água superficial em todas as bacias gaúchas, avaliando cerca de 27 parâmetros de qualidade da água, entre eles: Oxigênio Dissolvido, pH, Coliformes Fecais, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio orgânico, Fosfato Total, Fosfato, Turbidez, Sólidos Totais, Condutividade, Índice de fenóis, Surfactantes, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo Total, Mercúrio, Níquel, Zinco, Alumínio, Ferro, Manganês Temperatura da Água, Transparência e Profundidade (FEPAM, 2021).

As coletas e análises de amostras de água são realizadas pela Divisão de Planejamento Ambiental, da FEPAM, e os dados são armazenados e interpretados pelo seu Departamento de Qualidade. Mesmo avaliando uma série considerável de parâmetros de qualidade da água, os agrotóxicos e seus metabólitos, não estão sendo monitorados na BHG. O controle desses produtos químicos nas águas superficiais é fundamental pois a bacia apresenta uma grande área ocupada com atividades agrícolas, especialmente lavouras de arroz e soja, onde se aplicam tais substâncias e, portanto, há risco potencial de contaminação por agrotóxicos das águas superficiais.

Nos cultivos agrícolas do sul do Brasil, o arroz irrigado é sempre apontado como uma cultura com alto potencial contaminante dos mananciais hídricos. No Rio Grande do Sul, já foram realizados diversos trabalhos de monitoramento de agrotóxicos em lavouras de arroz irrigado (Mattos *et al.*, 2002), nas bacias dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim (Marchezan *et al.*, 2007 *apud* Silva *et al.*, 2009) e em rios específicos, como o Canal de São Gonçalo e Rio Piratini (Grutzmacher *et al.*, 2008 *apud* Silva *et al.*, 2009). Segundo os estudos, que somaram mais de 20 pontos de monitoramento espalhados pelo Rio Grande do Sul, a maioria das amostras de água apresentaram ao menos um agrotóxico em concentração detectável, demonstrando a necessidade de um monitoramento contínuo e amplo das condições de contaminação dos rios das diversas regiões produtoras.

Em abrangência nacional, misturas de diferentes tipos de agrotóxicos já foram encontradas nas águas para consumo humano em mais de 2,3 mil cidades em todo o país de acordo o SISAGUA, reunindo informações enviadas por autarquias estaduais, municipais e empresas de abastecimento (SISAGUA, 2019 *apud* Aranha; Rocha,

2019). Desde 2008, os ingredientes ativos dos agrotóxicos passam por constantes avaliações, contudo, dos cinquenta mais utilizados nas lavouras de nosso país, 22 são proibidos na União Europeia (Carneiro *et al.* 2015).

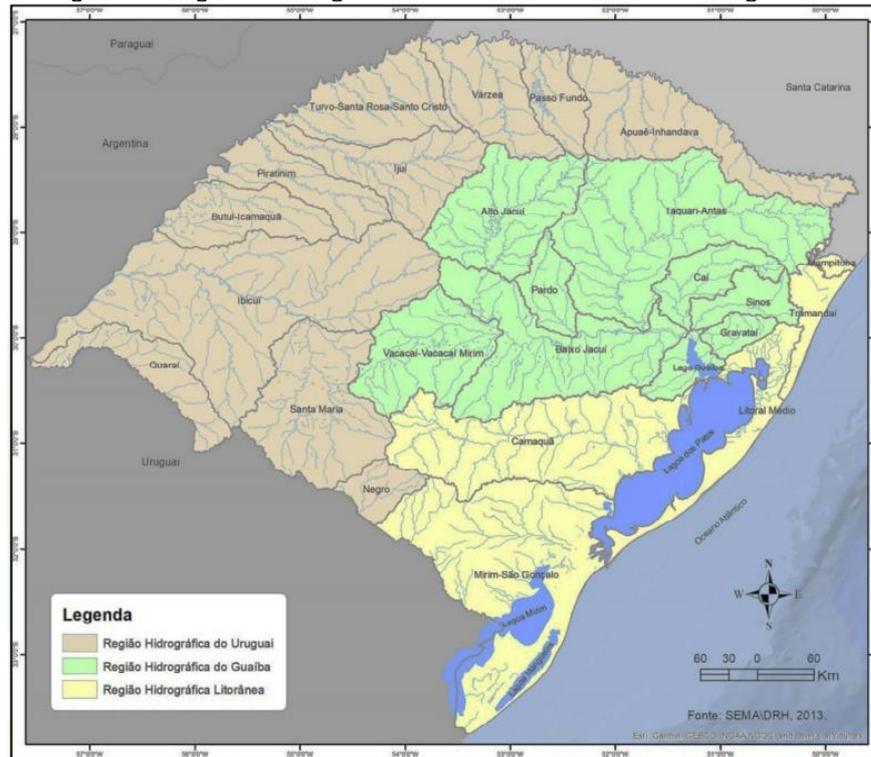
Diante deste cenário, é notória a importância de realizar um diagnóstico sobre o impacto dos agrotóxicos e sobre as alterações na qualidade da água da BHG, cujo rio principal deságua no Lago Guaíba, manancial utilizado para o abastecimento público da capital gaúcha, Porto Alegre.

Assim, o presente estudo pode auxiliar na tomada de decisão dos órgãos ambientais em relação à definição da alocação de recursos para o monitoramento da água, já que ele pretende determinar a época mais apropriada para a detecção e avaliação do risco de contaminação hídrica proveniente dos IA dos agrotóxicos aplicados na BHG. Considerando a situação de escassez de recursos financeiros, ele também irá contribuir para uma maior eficiência do uso do dinheiro público e dessa maneira tornar mais eficiente a gestão ambiental do Rio Grande do Sul.

1.5 ÁREA DE ESTUDO

De acordo com a Lei Estadual nº 10.350/1994 (RS, 1994), foram estabelecidas 25 bacias hidrográficas no Estado, organizadas em três Regiões Hidrográficas para um melhor gerenciamento: Região Hidrográfica da Bacia do Uruguai, Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba e Região Hidrográfica das Bacias do Litoral, conforme a figura 2.

Figura 2. Regiões Hidrográficas do RS e suas bacias hidrográficas.

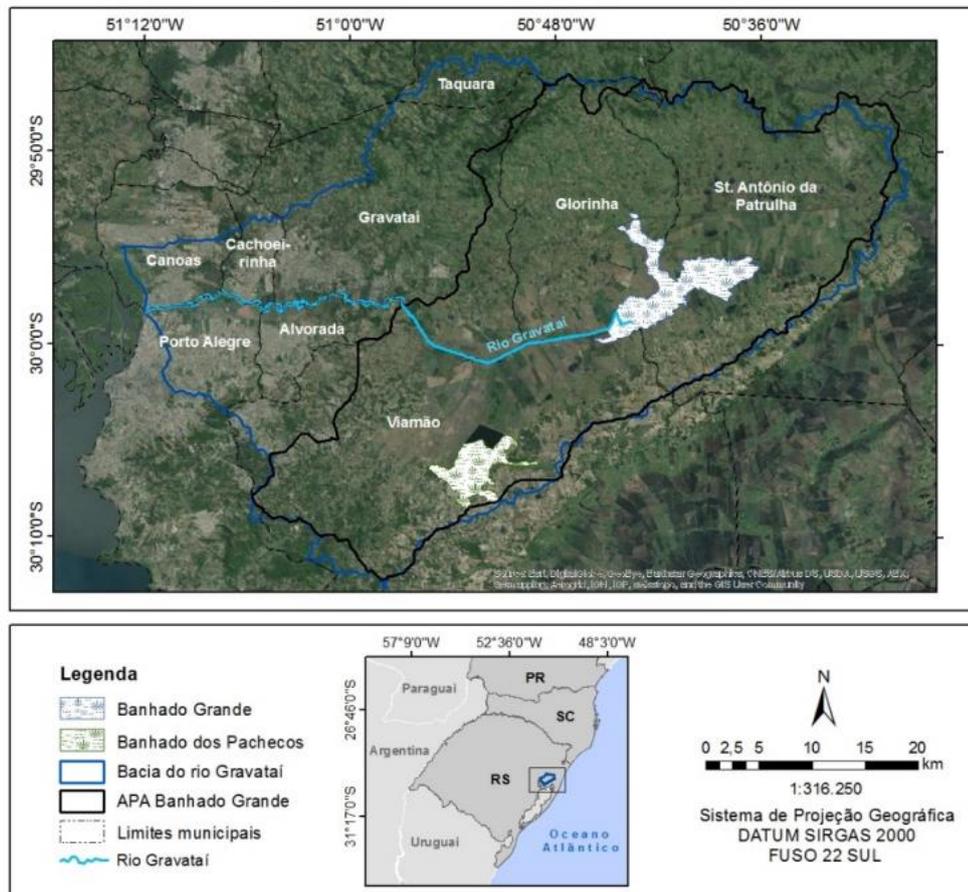


Fonte: SEMA/DRH, 2013.

A Bacia Hidrográfica do Gravataí está localizada na Região Hidrográfica do Guaíba (RHG), que abrange uma área de 84.763,54 km² e que corresponde a 30% da área total do Rio Grande do Sul. A RHG é formada pelo território parcial ou total de 251 municípios, com uma população de 5.869.265 habitantes, o que representa 61% da população do Estado. Situações críticas de poluição são observadas nos municípios de maior contingente populacional e concentração industrial, como a Região Metropolitana de Porto Alegre e Caxias do Sul (SEMA, 2016).

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (figura 3), possui área de 2.015 km² e população estimada de 1.379.259 habitantes (em 2020), sendo 1.349.232 habitantes em áreas urbanas e 30.027 habitantes em áreas rurais (SEMA, 2022). A BHG abrange os municípios de Alvorada, Canoas, Gravataí, Porto Alegre, Santo Antônio da Patrulha e Viamão. O Rio Gravataí tem como principais afluentes, em sua margem direita, os arroios: Brigadeiro, Barnabé, Demétrio, Pinto, Passo Grande, Miraguaia, Venturosa, Veadinho, Chico Lomã. E em sua margem esquerda os arroios: Areias, Sarandi, Feijó, Águas Belas, Passo dos Negros e Alexandrina.

Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Gravataí.



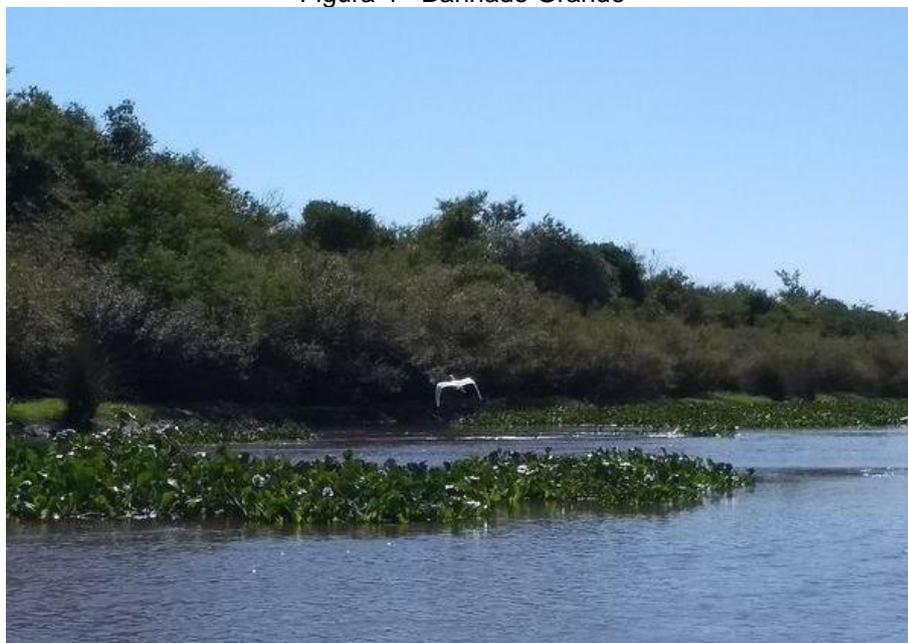
Fonte: SEMA, 2019

O uso e ocupação do solo da bacia indica que há predomínio de áreas de campo (50,81%), seguidas por lavoura (19,98%), mata (11,12%), área urbana (7,65%), banhado (3,96%), água (2,04%), campo úmido (1,06%), solo descoberto (2,43%) e reflorestamento (0,89%). Em relação aos biomas, a BHG localiza-se em parte no Bioma Mata Atlântica (25% da área da bacia) e em parte no Bioma Pampa (75%). O relevo é constituído por altitudes de 19 a 350 metros, onde as porções mais baixas estão localizadas no centro da bacia e as mais altas na região norte (DRH/SEMA, 2012). Em relação às chuvas, os dados das estações climatológicas dos municípios informam que julho é o mês mais chuvoso (média mensal de 163mm) e em março as precipitações são menores (média mensal de 103mm) (INMET, 2023).

É relevante destacar que a Bacia possui uma grande extensão de banhados, composta pelo Complexo do Banhado Grande, formado pelo Grande, Chico Lomã e o dos Pachecos e por áreas inundáveis localizadas em terras baixas. O Banhado Grande (figura 4) (Unidade Alto Gravataí) e o Banhado dos Pachecos (unidade Médio Gravataí) são alimentados por águas provenientes de pequenos rios e arroios, além

das águas das chuvas, drenando as partes altas da Bacia e atuando como reservatórios naturais, reguladores das vazões ocorrentes no Rio Gravataí. (DRH/SEMA, 2012).

Figura 4 - Banhado Grande



Fonte: Torres, 2021.

A Região Metropolitana de Porto Alegre representa parte significativa do PIB estadual, com destaque para as atividades industriais, serviços e agricultura. Os principais cultivos agrícolas nos municípios pertencentes à bacia são o arroz, a alface, a mandioca, a cana-de-açúcar, e a soja, enquanto na pecuária destacam-se as produções bovina e de aves. É importante ressaltar que o principal cultivo na BHG é o plantio de arroz, porém é crescente a expansão das lavouras de soja na bacia. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, na safra 2022/23 o estado do RS plantou 6,5 milhões de hectares (CONAB, 2022).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo aborda os conceitos e aspectos teóricos empregados para elaboração deste trabalho, assim como aqueles considerados importantes para compreensão do trabalho.

2.1. AGROTÓXICOS

O termo agrotóxico passou a ser adotado no Brasil a partir da Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, regulamentada pelo Decreto nº 4.074 de 2002, e apresenta o conceito de agrotóxico:

a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento; II – componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins. (Brasil, 2002)

No Brasil, antes de ser comercializado, um agrotóxico deve passar pela avaliação de três órgãos governamentais: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) - em que é avaliada a questão ambiental; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – onde avalia-se em relação a toxicidade e contaminação humana; e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) – onde ocorre a avaliação da aplicabilidade agrônômica.

O país possui um papel estratégico na produção de alimentos, com destaque mundial e o Rio Grande do Sul contribui com 17% dessa produção (IBGE, 2010). Porém, para manter o alto nível de produção agrícola atual, se utiliza de grandes quantidades de agrotóxicos durante todo o processo produtivo.

No país, por volta de 430 ingredientes ativos (IA), 750 produtos técnicos (produtos com alto grau de pureza, 80 a 99%) e 1.400 formulações de agrotóxicos (teor médio de IA de 33%) estão autorizados pelo Ministério da Saúde (MS) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e registrados no MAPA. Estes são permitidos de acordo com os critérios de uso e indicação estabelecidos em suas monografias,

contudo, dos 50 agrotóxicos mais utilizados nas lavouras brasileiras, 22 são proibidos na União Europeia (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Segundo os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), 86,5% de toda a água consumida no Estado do Rio Grande do Sul é para irrigação. Sabendo do uso exagerado e muitas vezes inadequado de agrotóxicos por parte de alguns agricultores, infere-se que há grande probabilidade de que as águas de drenagem de diversas lavouras irrigadas contenham concentrações elevadas desses produtos, os quais comprometem a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Importante destacar que utiliza-se, para abastecimento urbano (consumo humano), somente de 2,6%. (ANA, 2017).

A presença de agrotóxicos na água é identificada como micropoluição, referindo-se a compostos químicos que, mesmo em concentrações reduzidas, conferem propriedades tóxicas à água, tornando-a inadequada para diversos fins. Diversos desses compostos têm impactos significativos no sistema nervoso central humano, apresentando efeitos adversos consideráveis para a saúde. Além disso, eles podem exibir características carcinogênicas, mutagênicas e até mesmo teratogênicas (Brasil, 2006).

Porto Alegre dispõe de seis estações de tratamento de água e diversos pontos de captação superficial, que se estendem desde o Rio Gravataí até o Guaíba. Em monitoramentos exploratórios de pesticidas, foram encontrados na água bruta captada no Lago Guaíba os pesticidas Azoxistrobina, Carbendazim, Diclorvós, Etion e Tricicalazol (Zini, 2016).

2.1.1 Avaliação toxicológica e ambiental dos Agrotóxicos

Cabe à ANVISA, entidade de fiscalização do MS, a responsabilidade de realizar a avaliação e categorização toxicológica dos agrotóxicos, onde cada categoria é associada a uma tonalidade específica presente no rótulo e no folheto informativo do produto, conforme o quadro 1, bem como de seus componentes e produtos relacionados, de acordo com o Decreto nº 4074/2002 (Brasil, 2002).

Quadro 1 - Classificação toxicológica dos agrotóxicos segundo a ANVISA

CLASSE I		
Toxicidade	Intoxicação	Faixa de cor
Extremamente tóxico	Fatal se ingerido, em contato com a pele ou inalado.	Red
Altamente tóxico	Idem. A diferença para o pior grau está na quantidade de exposição ao produto.	
CLASSE II		
Moderadamente tóxico	Causa intoxicação se ingerido, em contato com a pele ou inalado.	Yellow
CLASSE III		
Pouco tóxico	Nocivo se ingerido, em contato com a pele ou inalado.	Blue
Improvável de causar dano agudo	Pode ser perigoso se ingerido, em contato com a pele ou inalado.	
CLASSE IV		
Não classificado	Sem riscos ou recomendações.	Green

Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com base em ANVISA (2022)

A ANVISA classifica os agrotóxicos somente quanto ao perigo de contaminação em humanos e animais. Conforme orientações da cartilha sobre agrotóxicos da ANVISA (2013), o uso de produtos pertencentes às Classes I e II deve ser restrito às situações estritamente necessárias. Essa utilização é recomendada apenas nos casos em que não estejam disponíveis produtos das Classes III ou IV para o controle da mesma praga ou doença, e quando não exista qualquer outra alternativa viável para o combate desse problema.

De acordo com o anexo III da Portaria 03 de 1992 do MS/ANVISA, quando se trata da classificação toxicológica de formulações, deve se considerar não apenas os dados toxicológicos, mas também a modalidade de utilização. Nesse contexto, é crucial levar em consideração uma gradação decrescente de riscos, tendo em mente a forma como o produto será empregado. As modalidades são: fumigação de ambientes fechados para o tratamento de grãos; pulverização de partes aéreas de culturas altas por via terrestre; pulverização de partes de culturas altas por avião; pulverização de culturas baixas; e tratamento do solo.

A avaliação ambiental dos agrotóxicos, seus ingredientes e afins, e o estabelecimento de classificações quanto à periculosidade ambiental são de responsabilidade do MMA, segundo o Decreto nº 4074/2002 (Brasil, 2002). O IBAMA,

como uma autarquia federal vinculada ao MMA, é responsável pela análise, registro e controle dos agrotóxicos e seus ingredientes.

O IBAMA avalia os agrotóxicos e produtos similares em relação ao seu potencial de periculosidade ambiental (PPA), utilizando critérios como: a bioacumulação (avaliada por meio de estudos com peixes), persistência (em ambientes aquáticos e no solo), transporte (no ar, solo e água), toxicidade para diferentes organismos, bem como seu potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico.

Para categorizar um agrotóxico ou produto formulado, o IBAMA utiliza os parâmetros de transporte, persistência e bioacumulação que foram determinados pelo produto técnico correspondente utilizado na formulação. Isso ocorre porque os estudos que abordam esses parâmetros são geralmente realizados com o ingrediente ativo em sua forma de alta pureza. Por outro lado, as classificações relacionadas aos diversos organismos não alvo são obtidas por meio de testes ecotoxicológicos, conduzidos com o produto já formulado e os divide nas seguintes classes: Classe I - Produto altamente perigoso ao meio ambiente; Classe II - Produto muito perigoso ao meio ambiente; Classe III - Produto perigoso ao meio ambiente; Classe IV - Produto pouco perigoso ao meio ambiente.

Quanto ao seu controle, os agrotóxicos são classificados como: Acaricidas (combater ácaros); Formicidas (combater formigas); Fungicidas (combater fungos); Herbicidas (combater ervas daninhas); Inseticidas (combater insetos); Moluscicidas (combater lesmas); Nematicidas (combater nematoides de plantas); Raticidas (combater roedores). Os mais utilizados na agricultura são os Fungicidas (quadro 2), Herbicidas (quadro 3) e Inseticidas (quadro 4).

Quadro 2 - Principais grupos químicos dos Fungicidas.

Etileno-Bis-Diticarbamato	Maneb, Mancozebe, Dithane, Zineb, Tiram.
Trifenil Estânico	Duter, Brestan
Captan	Ortocide, Merpan
Hexaclorobenzeno	

Fonte: Cavero, 1976; Mariconi, 1963 *apud* Franz, 2009.

Quadro 3 - Principais representantes dos Herbicidas.

Paraquat	Gramoxone
Glifosato	Round-up
Pentaclorofenol	

Fonte: Cavero, 1976; Mariconi, 1963, *apud* Franz, 2009.

Quadro 4 - Grupo dos Inseticidas

1. Organofosforados	Compostos orgânicos derivados de ácido fosfórico, do ácido tiosfosfórico ou do ácidoditiosfosfórico.	Ex: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tamaron, Rhodiatox.
2. Carbamatos	Derivados do ácido carbâmico.	Ex: Carbaril, Temik, Zectram, Furadan.
3. Organoclorados	Compostos a base de carbono, com radicais de cloro. Derivados do clorobenzeno, do clíco-hexano ou do ciclodieno. Foram muito utilizados na agricultura, como inseticidas, porém seu emprego tem sido progressivamente restringido ou mesmo proibido.	Ex: Aldrin, Endrin, BHC, DDT, Endosulfan, Heptacloro, Lindane, Mirex.
4. Piretróides	São compostos sintéticos que apresentam estruturas semelhantes à piretina, substância existente nas flores do <i>Chrysanthemum (Pyrethrum) cinerariofolium</i> .	Ex: Decis, Protectos, SBP, K-Otrine.

Fonte: Cavero, 1976; Mariconi, 1963 *apud* Franz, 2009.

2.2 A LEGISLAÇÃO E A CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR AGROTÓXICOS

O texto do Decreto nº 4074/2002 (Brasil, 2002), que regulamenta a lei nº 7802/1989, estabelece que agrotóxicos e produtos afins são definidos como substâncias e agentes que envolvem processos físicos, químicos ou biológicos. Esses são destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, em pastagens, na proteção de florestas (sejam nativas ou plantadas) e em outros ecossistemas, além de ambientes urbanos, hídricos e industriais. A finalidade primordial desses compostos é modificar a composição da flora ou fauna, visando preservá-las contra a ação prejudicial de organismos considerados danosos. Isso inclui também substâncias e produtos utilizados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento. Além disso, o Brasil também segue regulamentações específicas para registro e controle de

agrotóxicos, que são emitidas pela ANVISA e pelo MAPA. Essas leis e regulamentos visam garantir a segurança na produção e utilização de agrotóxicos, bem como a proteção da saúde humana e do meio ambiente.

A presença de agrotóxicos na água é definida com base na resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que indica as diretrizes básicas de classificação para os corpos hídricos nacionais, bem como o Valor Máximo Permitido (VMP) da presença de agrotóxicos na água. Também são regulados pelo MS, com as normas da Portaria nº 2.914/2011, que estabelece o valor máximo permitido de 15 para 64 substâncias químicas.

O Estado do Rio Grande do Sul é regido pela Portaria nº 320 de 2014 que “estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS” (SES/RS, 2014).

A necessidade de instituir o monitoramento no mínimo semestral dos agrotóxicos está na Portaria de Consolidação (PC) nº5 de 2017 que é a medida normativa do Ministério da Saúde do Brasil, esta tem como principal objetivo reunir e consolidar as normas e regulamentos referentes ao Sistema Único de Saúde (SUS) em um único documento. Ela busca simplificar o acesso e a compreensão das regras que orientam a gestão, financiamento e prestação de serviços de saúde no país, promovendo maior transparência e uniformidade na aplicação das políticas de saúde, beneficiando tanto os profissionais da área como a população em geral. Nela estão definidos os padrões e procedimentos para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, contemplando 27 agrotóxicos entre seus parâmetros (Brasil, 2017 *apud* Leite; Pereira; Silva, 2021).

Os processos naturais de degradação e destino dos agrotóxicos, como lixiviação, escoamento superficial, sorção, degradação química e biológica, e volatilização, são influenciados pelas suas propriedades físico-químicas, modo de aplicação, características do solo e condições ambientais. A lixiviação, por exemplo, está intimamente relacionada à umidade e porosidade do solo, podendo resultar na contaminação do lençol freático. O escoamento superficial tem o potencial de contaminar corpos d'água superficiais, expondo organismos aquáticos a concentrações de agrotóxicos que podem ser prejudiciais a diversas espécies (Rebelo; Caldas, 2014).

Resíduos de diversos agrotóxicos não apenas são detectados em corpos d'água, mas também em alimentos e na água destinada ao consumo humano. Nos últimos anos, vários estudos têm registrado a contaminação de fontes hídricas por diferentes categorias de agrotóxicos no Brasil (Carneiro *et al.*, 2015). Uma combinação de diversos agrotóxicos foi identificada na água de uma em cada quatro cidades no Brasil no período de 2014 a 2017. Durante esse estudo, as empresas responsáveis pelo abastecimento de água em 1.396 municípios detectaram a presença dos 27 pesticidas cujo teste é exigido por lei. Entre esses pesticidas, 16 foram classificados pela ANVISA como extremamente ou altamente tóxicos, enquanto 11 deles estão associados ao desenvolvimento de doenças crônicas, como câncer, malformação fetal, disfunções hormonais e reprodutivas. (Aranha; Rocha, 2019).

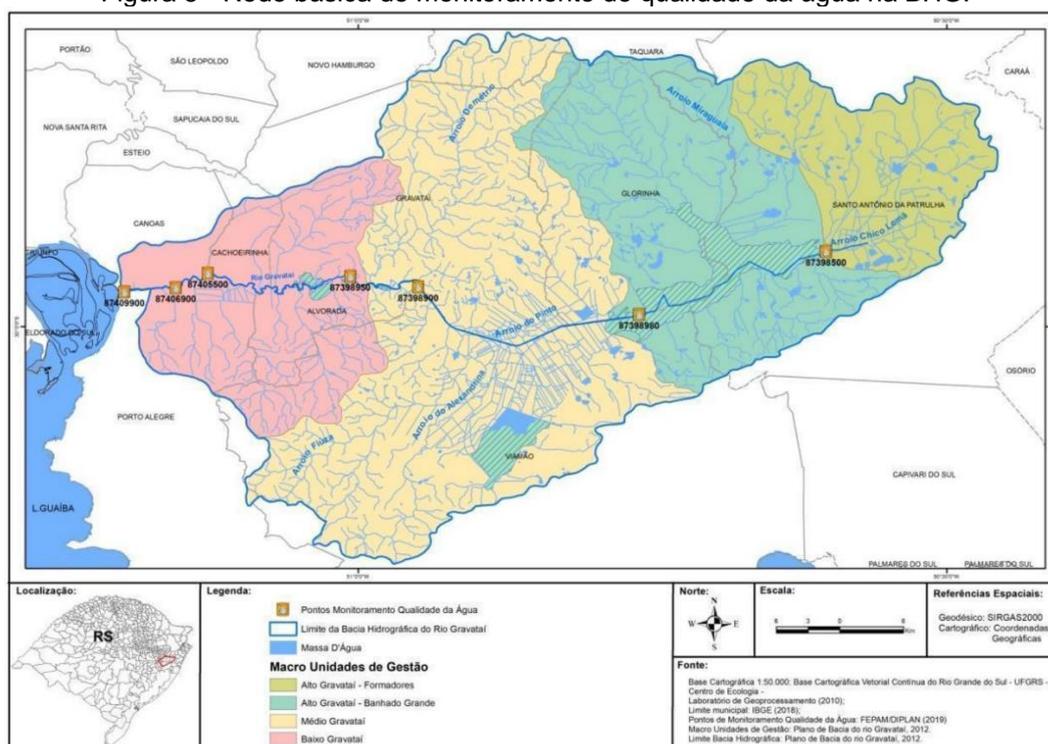
A poluição proveniente da atividade agrícola é classificada como difusa, sendo desafiadora em termos de identificação, monitoramento e, por conseguinte, controle. Um exemplo disso é o cultivo de arroz em vastas áreas do Rio Grande do Sul, que resulta em conflitos localizados com o abastecimento humano devido ao uso de agrotóxicos (Zini, 2016).

2.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A ANA, define o monitoramento da qualidade das águas naturais como um conjunto de práticas que possuem o objetivo de acompanhar as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, ocorridas devido às diversas atividades humanas e fenômenos naturais. É responsabilidade das Unidades da Federação o monitoramento da qualidade da água e as que não realizam o monitoramento apresentam falhas em relação à representatividade espacial e temporal (ANA, 2002).

A FEPAM, instituída pela Lei nº 9.077 de 1990, tem entre seus objetivos realizar o diagnóstico, fazer o acompanhamento e controlar a qualidade do meio ambiente no Estado do RS. Ela opera sua rede básica de monitoramento da qualidade da água superficial desde a década de 1990. A rede básica (figura 5) tem por objetivo monitorar a qualidade da água dos recursos hídricos, de forma a constituir uma base de dados dos índices da água (FEPAM, 2021).

Figura 5 - Rede básica de monitoramento de qualidade da água na BHG.



Fonte: Fepam, 2021.

Tradicionalmente são monitorados os seguintes parâmetros: alcalinidade, cádmio, cloretos, cobre, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), *Escherichia coli*, ferro, fitoplâncton/cianobactérias, ortofosfato, fósforo total, manganês, níquel, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido (OD), pH, profundidade de coleta, profundidade total, salinidade, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, temperatura da água, transparência da água, turbidez e zinco, entre outros, com base na Resolução Conama 357/2005. Na BHG ocorrem coletas de água trimestrais feitas pela rede básica de monitoramento de qualidade da água, que possui sete estações, sendo seis no Rio Gravataí e uma no Arroio Chico Loma (SEMA, 2022).

A qualidade da água em um recurso hídrico não apenas espelha a influência natural de fatores geológicos, biológicos, pedológicos e meteorológicos, mas também reflete as atividades antrópicas às quais essa fonte hídrica está exposta. (Moura; Boaventura; Pinelli, 2010). A maior parte das substâncias tóxicas, como os agrotóxicos, não é efetivamente eliminada pelos processos convencionais de tratamento da água (figura 6), que englobam as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Para a remoção dessas substâncias, são necessários procedimentos mais avançados e complexos. (Brasil, 2006a).

Figura 6 - Esquema tradicional de tratamento da água.



Fonte: Departamento Municipal de água e esgoto, 2020.

No RS, o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (QUALIÁGUA) - iniciativa da Agência Nacional de Águas (ANA) - busca estimular a padronização dos métodos de coleta de amostras, dos parâmetros verificados, da frequência das análises e da divulgação dos dados em escala nacional (ANA, 2019). Com orçamento federal, no QUALIÁGUA definem-se metas e objetivos a serem alcançados para padronizar e qualificar os dados e informações resultantes. Esses programas e sistemas estão interligados e desempenham papéis fundamentais na assegurar de que a água para consumo humano seja segura, de alta qualidade e esteja de acordo com as normas estabelecidas, contribuindo para a prevenção de doenças relacionadas à água e para a promoção da saúde da população.

2.4 RIZICULTURA

No RS, pesquisas têm indicado a detecção de glifosato em plantações de arroz irrigado por águas provenientes da Lagoa Mirim com concentrações que excedem a

máxima permitida pelos limites estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA). Outras áreas de cultivo de arroz na região sul também têm evidenciado a presença de resíduos de agrotóxicos em suas fontes de água. Em todas as regiões dedicadas ao cultivo de arroz no Sul do Brasil, constata-se a detecção de pelo menos um agrotóxico em águas subterrâneas (Silva *et al.*, 2011).

A Região Sul do Brasil é responsável por mais de 83% da produção brasileira de arroz e o Rio Grande do Sul é, entre os estados, o maior produtor deste cereal, com mais de 73% da produção brasileira (CONAB, 2021).

As terras baixas do Rio Grande do Sul são cultivadas anualmente com arroz irrigado (figura 7), ocupando em torno de 1 milhão de hectares, sendo 29% dessa área usada em rotação, principalmente com soja, pastagem e milho (Silva *et al.*, 2007).

Figura 7 - Plantações de arroz irrigado na BHG.



Fonte: SEMA, 2021.

A época de semeadura é um dos pontos mais importantes para que a lavoura expresse seu potencial produtivo, devido à cultura do arroz ser fortemente influenciada pelas condições meteorológicas, principalmente temperatura do ar e radiação solar. Quando plantada na época recomendada, a planta coincidirá o período reprodutivo (fase em que mais necessita de radiação) com o período do ano com os dias mais extensos, com máxima incidência de radiação solar, fazendo com que tenha maior resposta à adubação nitrogenada e, conseqüentemente, uma boa produtividade. Aliado a isso, diminui a probabilidade de ocorrência de estresses por baixas temperaturas na floração, prejudiciais à fecundação das flores e formação de grãos (Silva *et al.*, 2017).

No Rio Grande do Sul, a época recomendada para o plantio do arroz vai de 1 de setembro até 5 de novembro e independe da região de cultivo. A operação da semeadura deve ocorrer assim que o solo apresentar condições favoráveis para a entrada das máquinas sem risco de prejudicar a operação, o que também independe da temperatura do solo. Para que isso ocorra, é essencial o planejamento da lavoura com os preparos antecipados do solo, ou seja, dar preferência ao preparo no verão anterior ao cultivo (cultivo mínimo), devido à dificuldade de condições de friabilidade do solo nas estações de inverno e primavera pelas condições meteorológicas, principalmente de baixa radiação, baixa temperatura e alta precipitação pluvial (Menezes *et al.*, 2012). As recomendações de adubação da lavoura de arroz são baseadas na expectativa de resposta da planta, que vão de baixa até muito alta (Silva *et al.*, 2017).

Um dos principais problemas da lavoura de arroz são as plantas daninhas, pois essas possuem alta diversidade e ocorrência nas áreas arroteiras por encontrarem um ambiente úmido e adequado para o seu desenvolvimento, competindo por água, luz e nutrientes. Os métodos de manejo devem ser integrados para que haja um melhor controle, ou seja, não apenas contar com o controle químico para resolver essa problemática, pois este apresenta falhas que comprometem a ação dos produtos disponíveis no mercado (Silva *et al.*, 2017).

As espécies que causam mais dano à cultura do arroz são o arroz vermelho (*Oryza sativa*) e o capim-arroz (*Echinochloa* spp.), além de outras gramíneas e leguminosas como, por exemplo, o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) e o angiquinho (*Aeschynomene* spp.), respectivamente. Há também espécies da família das ciperáceas como os junquinhos (*Cyperus* spp.), que são plantas de difícil controle devido à baixa eficiência de herbicidas. Outra planta que recebe destaque é a grama-boiadeira (*Luziola peruviana*, *Lersia hexandra*), que, por se tratar de uma gramínea perene e estolonífera, tem frequente ocorrência principalmente em lavouras que adotam o sistema de cultivo mínimo, com preparo de solo reduzido (Menezes *et al.*, 2012).

Ocorrem também algumas espécies de insetos nas lavouras arroteiras, chamados insetos-praga, capazes de causar dano à cultura reduzindo o rendimento de grãos. No estado do Rio Grande do Sul a pressão de insetos é bem menor do que em outras regiões devido ao clima subtropical, porém ocorre forte pressão da bicheira-

da-raiz (*Oryzophagus oryzae*), cuja larva causa danos ao sistema radicular das plantas. Atualmente, porém, a utilização do tratamento de sementes tem permitido obter elevados níveis de controle. Também ocorrem, sem muita frequência, o percevejo-do-colmo (*Tibraca limbativentris*) e o percevejo-do-grão (*Oebalus* spp.), além de algumas lagartas como a lagarta-da-panícula (*Pseudaletia* spp.) e a lagarta-da-folha (*Spodoptera* spp.) (Menezes *et al.*, 2012).

No que diz respeito a doenças, sua presença se deve, inevitavelmente, à ocorrência de um ambiente favorável, de um patógeno virulento e de um hospedeiro suscetível. Várias delas, principalmente as causadas por fungos, atacam os cultivos de arroz no Rio Grande do Sul, porém um destaque importante vai para a brusone (*Pyricularia grisea*), que é a principal doença da cultura por causar os maiores prejuízos, chegando a comprometer a totalidade da produção quando a incidência é muito grande (Silva *et al.*, 2017). A brusone é favorecida por clima quente e úmido, aliado à baixa luminosidade, e, assim como nas outras práticas na lavoura, se faz necessária a integração dos métodos de controle e táticas de manejo para evitar a entrada desta doença, por exemplo, utilizando cultivares resistentes e respeitando a época de semeadura adequada para a cultura (Menezes *et al.*, 2012).

3 METODOLOGIA

A BHG é uma grande produtora de arroz em extensa área agrícola, consumindo grandes volumes de água e potencialmente contaminando-a com agrotóxicos. Para entender quais são as melhores épocas para a realização desse monitoramento foi realizado um estudo de caso.

3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E A PRODUÇÃO DE ARROZ NA BHG

Se fez necessário delimitar uma área específica para o estudo, com disponibilidade de informações necessárias para sua realização. Desta forma, selecionou-se a Bacia do Rio Gravataí, por possuir extensa bibliografia e diversos trabalhos a seu respeito, e a cultura do arroz como prioritária para a realização da análise. O arroz é uma importante lavoura no cenário agrícola do estado do Rio Grande do Sul, maior produtor nacional do grão (CONAB, 2021).

Para a amostragem, selecionaram-se três municípios da BHG conforme o quadro 5, com dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pelo Censo Agro (IBGE, 2017).

MUNICÍPIO	ÁREA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA (ha)
Viamão	79.940
Santo Antônio da Patrulha	73.481
Glorinha	25.068

Quadro 5 - Municípios com maiores áreas agrícolas na BHG.
Fonte: IBGE, 2017.

O critério adotado para a seleção dos municípios foi possuírem as maiores áreas de produção agrícola da BHG, onde se supõe que ocorra também a maior utilização de agrotóxicos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO GRAVATAÍ

As informações climatológicas disponíveis referentes à Bacia são os dados registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a classificação climatológica de Moreno (1961), que elaborou a subdivisão climática do Estado do Rio Grande do Sul.

Conforme proposto por Moreno (1961), é recomendável que a classificação climática de uma região específica seja conduzida por um sistema universal, facilitando a comparação desta com outras áreas que apresentam características climáticas semelhantes. A relevância desse aspecto torna-se particularmente evidente ao considerar a gestão de recursos naturais, cuja utilização está intrinsecamente ligada a diversos elementos climáticos.

Na elaboração da subdivisão climática do Rio Grande do Sul, conforme apresentado no Quadro 6, Moreno (1961) escolheu adotar o sistema preconizado por Wladimir Köeppen. Essa decisão foi motivada pelo fato de que esse sistema viabiliza a divisão de áreas morfoclimáticas gerais em subtipos regionais.

Quadro 6 - Classificação e Divisão Climática (Moreno, 1961).

Zona Fundamental	Tipo Fundamental	Variedades Específicas	Características das Variedades Específicas
<p>"C"</p> <p>CLIMA TEMPERADO</p> <p>A temperatura do mês frio oscila entre -3 e 18°C</p>	<p>"Cf"</p> <p>CLIMA TEMPERADO ÚMIDO</p> <p>Com chuvas todos os meses</p>	<p>"Cfa"</p> <p>clima subtropical</p>	<p>A temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, e a do mês mais frio oscila entre -3 e 18°C</p>
		<p>"Cfb"</p> <p>clima temperado</p>	<p>A temperatura do mês mais quente é inferior a 22°C, e a do mês mais frio oscila entre -3 e 18°C</p>

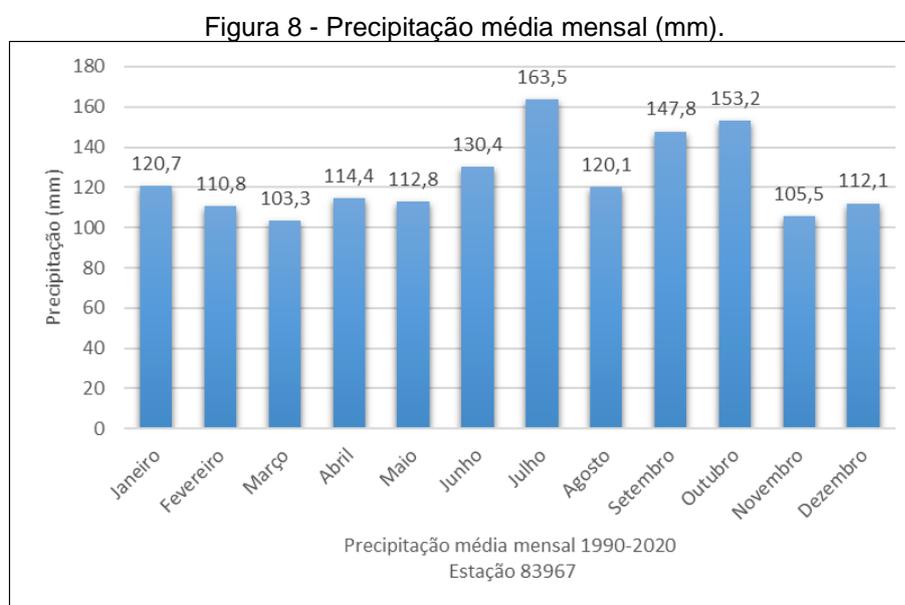
Fonte: SEMA, 2011, p. 28.

De acordo com a classificação climática de Köeppen, a região possui um clima designado como Cfa, ou seja, um clima subtropical caracterizado por precipitações distribuídas ao longo de todos os meses e temperaturas médias durante o mês mais quente superiores a 22°C, enquanto no mês mais frio variam entre 3° e 18°C. As variáveis climáticas observadas ao longo de extensos períodos em pontos extremos da bacia apresentam diferenças mínimas entre si, o que permite considerar a bacia

como uma unidade climática homogênea. Além disso, a topografia relativamente suave também não propicia o desenvolvimento de anomalias microclimáticas de magnitude significativa.

Os dados de monitoramento climático foram obtidos com o INMET pela da estação 83697, localizada em Porto Alegre, município pertencente à BHG e com a estação mais próxima ao centro da bacia. Foi utilizada a normal climática do ano de 1990 até 2020.

As precipitações médias mensais totalizam 1159,4 mm ao longo do ano. Julho destaca-se como o mês mais chuvoso, registrando uma média mensal de 163 mm, enquanto março é o mês com o menor índice pluviométrico, atingindo 103 mm. Nota-se, assim, que a variação entre as médias mensais é razoável. A distribuição ao longo do ano das médias mensais de chuva pode ser visualizada na figura 8.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de INMET, 2023.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS I.A.

Foram utilizadas informações do banco de dados Pesticide Properties DataBase (PPDB), uma fonte de informações abrangentes sobre cada agrotóxico, pertencente à Universidade de Hertfordshire da Inglaterra.

A solubilidade em água de um pesticida é uma medida da rapidez com que o produto químico se dissolve na água e é normalmente expressa como a quantidade

máxima do pesticida que se dissolverá em um litro de água. Quanto maior esse número, mais solúvel em água é o pesticida e mais rapidamente o pesticida será transportado para fora do local da aplicação por águas pluviais ou escoamento de água de irrigação (Barbash, 1996).

A meia-vida (DT50 água) é definida como o tempo (em dias, semanas ou anos) necessário para que metade do princípio ativo do pesticida presente se decomponha na água ou solo. A taxa de decomposição de pesticidas depende de múltiplos fatores, incluindo temperatura, pH do solo, conteúdo de microorganismos do solo, exposição à luz, água e oxigênio. Ela pode ser classificada em três tipos, no solo, na água e por fotólise (luz).

De acordo com Leite, Pereira e Silva:

O índice GUS avalia o potencial de contaminação de mananciais subterrâneos através da lixiviação de agrotóxicos, podendo também contaminar os rios. Seu resultado é agrupado nas seguintes classes: < 1.8 – não lixívia; > 1.8 < 2.8 – zona de transição; > 2.8 – lixívia (Leite, Pereira e Silva, 2021).

3.4 LEVANTAMENTO DOS INGREDIENTES ATIVOS UTILIZADOS PARA O ARROZ NO RS E COMERCIALIZADOS NA BHG

O Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) é uma entidade pública vinculada à estrutura administrativa do Estado do Rio Grande do Sul. Funciona como uma autarquia administrativa, subordinada à Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Apesar de estar subordinado, o IRGA possui independência administrativa, financeira e orçamentária, o que lhe confere autonomia em suas atividades e gestão. A finalidade principal do IRGA é promover o desenvolvimento sustentável do setor orizícola do Rio Grande do Sul. Para alcançar esse objetivo, a entidade atua na geração e disseminação de conhecimentos, informações e tecnologias relacionadas à produção de arroz. Além disso, o IRGA desempenha o papel de propor políticas de interesse setorial e do consumidor, contribuindo para o desenvolvimento e aprimoramento da atividade arroseira no estado.

Foram coletados dados de acordo com o IRGA (CONAB, 2013) dos principais IAs de agrotóxicos mais utilizados na cultura do arroz, conforme o quadro 7, divididos em três classes de agroquímicos: herbicidas, fungicidas e inseticidas, com o total de

12 IA selecionados para o estudo. A categoria que apresenta o maior número de ingredientes ativos registrados é a de herbicidas, contando com oito componentes, seguida pelos inseticidas, que possuem cinco ingredientes, e, por fim, um fungicida. Os dados da comercialização de agrotóxicos foram disponibilizados pela Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI) do RS, pela da Divisão de Insumos e Serviços Agropecuários (DISA).

Quadro 7 - Principais IA utilizados na cultura do arroz da BHG

Ingrediente Ativo (IA)	Classe	Quantidade comercializada nos 3 municípios da BHG em 2022 (ton)	DT50 água (dias)	DT50 hidrólise (dias)	GUS
2,4D	Herbicida	31,94	7,7	Estável	L
Azoxistrobina	Fungicida	1,64	6,1	Estável	L
Bentazona*	Herbicida	4,56	4	Estável	ZT
Clomazona	Herbicida	7,12	5	Estável	ZT
Fipronil*	Inseticida	1,34	FI	Estável	ZT
Glifosato	Herbicida	389,18	9,9	Estável	NL
Imazapique*	Herbicida	0,74	4	FI	L
Imazetapir	Herbicida	3,12	20	Estável	L
Imidacloprido	Inseticida	1,32	30	Estável	L
Piraclostrobina*	Inseticida	1,32	2	Estável	NL
Tiofanato-metilico*	Inseticida	1,42	3	46,5	NL
Tiametoxam	Inseticida	0,46	5,2	Estável	L

Fonte: Pesticide Properties DataBase (2023). Elaboração: O Autor

Relacionado ao Imazapique, não foi possível determinar o DT50 (hidrólise) por falta de informação (FI). Para o Índice GUS, utilizou-se L para lixívia, NL para não

lixívia, e ZT para zona de transição. Os compostos marcados com asterisco são aqueles considerados de baixa prioridade devido aos critérios de comercialização e DT50 na água, ou devido à hidrólise.

3.5 PRINCIPAIS ÉPOCAS PARA O MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA

Realizou-se uma integração das informações coletadas com o intuito de desenvolver um método que facilite a análise do período de maior utilização de agrotóxicos na cultura do arroz. Considerando que o arroz é cultivado nos meses quentes, determinaram-se os períodos de maior e menor incidência, bem como os estágios cruciais para o controle da cultura, de acordo com o quadro 8.

Quadro 8 - IA's mais utilizados para o plantio do arroz e seus principais meses de utilização.

IA's utilizados na Lavoura de Arroz e principais épocas de uso												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Herbicidas												
Bentazona												
Clomazona												
2,4D												
Glifosato												
Imazetapir												
Imazapir												
Fungicida												
Azoxistrobina												
Inseticidas												
Fipronil												
Imidacloprido												
Piraclostrobina												
Tiametoxam												
Tiofanato-metilico												

Fonte: CONAB (2013) elaborada pelo autor.

Considerando que a definição da frequência de amostragem deve levar em conta a regularidade do uso de agrotóxicos e a sazonalidade das culturas, organizam-se todas as informações cobrindo o período de janeiro a dezembro. Essa abordagem possibilita a visualização da distribuição temporal das condições climáticas, do desenvolvimento da cultura, das pragas e doenças associadas, assim como do uso de agrotóxicos para seu controle.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ao se analisar os resultados do índice GUS, observa-se que a metade dos IA apresenta risco de contaminar as águas subterrâneas e lixiviar até os cursos da água, uma vez que seis (2,4D, Azoxistrobina, Imazapique, Imazetapir, Imidacloprido e Tiametoxam) dos 12 IA analisados possuem alto risco de lixiviação. Três (Bentazona, Clomazona e Fipronil) IA estão na zona de transição com médio risco de lixiviação e três (Glifosato, Piraclostrobina e Tiofanato-Metílico) IA analisados possuem baixo risco de lixiviação.

Em relação ao DT50 na água, Imazetapir e Imidacloprido se destacam com maior persistência na água, com 20 e 30 dias, respectivamente. Eles possuem também alto índice de lixiviação, sendo prioritário o seu monitoramento. 2,4D, Azoxistrobina, Clomazoma, Glifosato e Tiametoxam requerem atenção, pois possuem cerca de sete dias de meia vida na água, destacando-se o 2,4D com um alto índice de GUS. Os IA Bentazona, Imazapique, Piraclostrobina e Tiofanato-Metílico não são prioridade no monitoramento pois possuem baixa DT50 (<5 dias).

Quanto à quantidade de cada IA negociado, destacam-se o 2,4D e o Glifosato com respectivamente 32 e 389 toneladas vendidas nos três maiores municípios agrícolas da BHG, possuindo uma maior comercialização que todos os outros IA analisados. Ressalta-se o 2,4D com uma alta taxa de transporte e solubilidade na água.

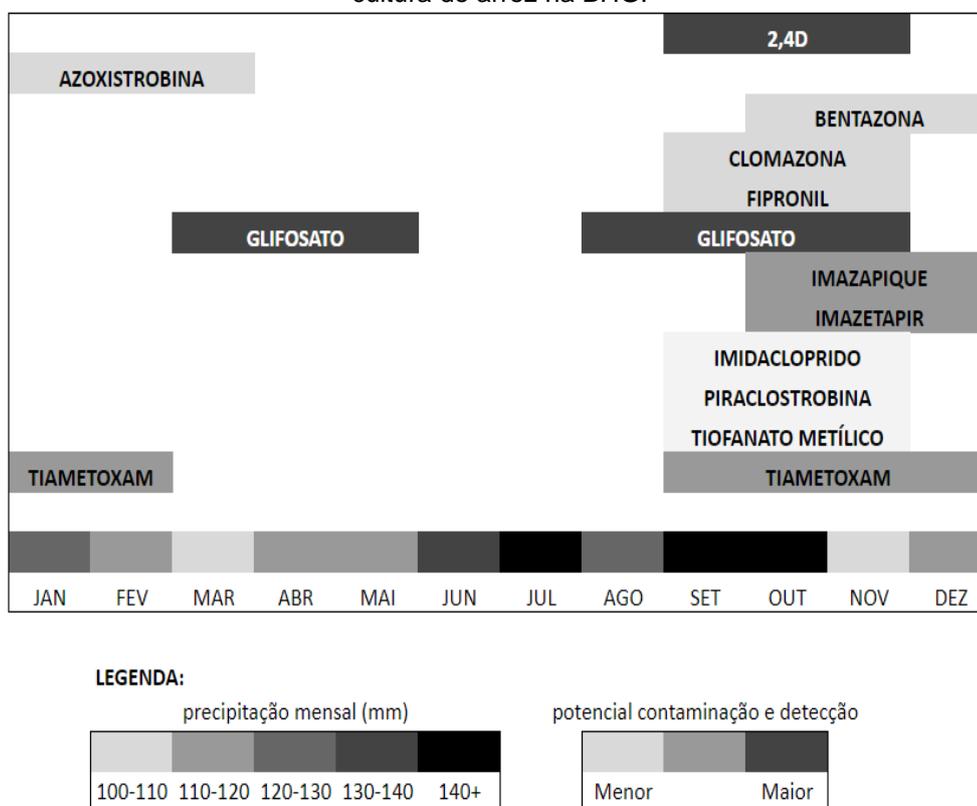
Os dois IA mais comercializados são herbicidas que servem principalmente para o controle de ervas classificadas como daninhas. Os sintomas de envenenamento pelo 2,4-D incluem mal-estar, vômitos, enfraquecimento muscular, dificuldades respiratórias, bradicardia, suor excessivo, entre outros (Almeida; Rodrigues, 1988 *apud* Pereira; Stabile, 2006; Charles *et al.*, 1996 *apud* Pereira; Stabile, 2006). O glifosato é apontado como causador de doenças

neurodegenerativas, além de induzir efeitos cardiovasculares e hepáticos, ser cancerígeno e provocar distúrbios reprodutivos e infertilidade (Teleken, 2018).

4.2 MELHORES ÉPOCAS PARA MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA

A partir do cruzamento entre a precipitação, a época de plantio do arroz e as principais características dos IA empregados nas lavouras, foi possível chegar a um modelo que indique a época de maior aplicação de agrotóxicos, conforme representado na figura 9.

Figura 9 - Distribuição anual das condições climáticas e épocas de aplicação dos principais IA para a cultura do arroz na BHG.



Fonte: Elaborado pelo autor

É possível observar a extensiva aplicação de IA durante as épocas mais chuvosas do ano, coincidindo com o período de plantio do arroz. Nos meses de setembro e outubro, encontram-se, respectivamente, oito e onze IA que podem ser empregados predominantemente como herbicidas. O mês de novembro também se

destaca não apenas pela quantidade de precipitação, mas também pelo aumento expressivo no uso de IA, conforme evidenciado pelos dados analisados.

Vale salientar que apenas três Ingredientes Ativos são utilizados fora da temporada convencional de plantio e em condições de elevada precipitação: azoxistrobina até março, tiametoxam até fevereiro e o glifosato entre os meses de março e maio, sendo empregados no controle de ervas daninhas. O Glifosato apresenta maior probabilidade de ser detectado pelo monitoramento da água, devido à sua expressiva comercialização e ao extenso período de utilização. Dos ingredientes analisados, não é comum que sejam utilizados nos meses de junho e julho, os quais, mesmo sendo chuvosos, não apresentam ocorrência da aplicação tradicional de IA, minimizando, portanto, a necessidade de realização de análises nesses meses.

O método de análise proposto se mostra eficaz na determinação dos IA prioritários para o arroz e das épocas ideais para o seu monitoramento, podendo ser replicado para outras áreas. Contudo, carece de uma validação, visto que são poucos os municípios que prestam informações regulares sobre o monitoramento de agrotóxicos com o SISAGUA. No ano de 2019, por exemplo, esse número não passou de 12% do total de municípios brasileiros (Brasil, 2020). A coleta de dados de monitoramento de agrotóxicos ao longo de um período prolongado é de extrema importância, pois, quando submetidos a análises estatísticas, possibilitam a identificação de padrões e tendências no uso dessas substâncias (Dahshan *et al.*, 2016; Silva; Moura; Neto, 2023). No contexto deste estudo, essas informações podem validar ou não a eficácia do método proposto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fundamental realizar o monitoramento da água de modo a garantir que ela esteja em conformidade com todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos necessários para o consumo. Com análises laboratoriais, é possível identificar possíveis contaminações na água, e, caso detectadas, implementar os procedimentos de fiscalização de sua utilização e de tratamento apropriados.

A metade dos 12 IA utilizados nos arrozais mencionados no presente trabalho apresenta alto potencial para a contaminação dos recursos hídricos de acordo com o índice de GUS. Verificou-se uma maior aplicação de agrotóxicos nas lavouras no período chuvoso (primavera), estação importante para um monitoramento adequado. Já os meses de junho e julho não são favoráveis para as análises, pois é quando acontece a menor utilização de IAs. A coleta prolongada de dados de monitoramento de agrotóxicos é considerada crucial para identificar padrões e tendências no uso dessas substâncias. Nesse contexto, a disponibilidade de informações ao longo do tempo pode validar a eficácia do método proposto, destacando a importância de uma abordagem estatística para análise de dados em estudos desse tipo.

A reprodução de estudos nesses moldes em bacias hidrográficas brasileiras onde a agricultura intensiva (com aplicação de grande quantidade de insumos químicos) seja a atividade econômica predominante pode facilitar a elaboração de planos de monitoramento de agrotóxicos nas águas superficiais, otimizando os recursos e promovendo uma fiscalização mais efetiva.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Publicada reclassificação toxicológica de agrotóxicos. **ANVISA**, Brasília, 1 jul. 2022. Notícias, Marco Regulatório. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/publicada-reclassificacao-toxicologica-de-agrotoxicos>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- ARANHA, A.; ROCHA, L. “Coquetel” com 27 agrotóxicos foi achado na água de 1 em cada 4 municípios – consulte o seu. **Agência Pública/Repórter Brasil**, [S.l.], 15 abr, 2019. Por Trás do Alimento. Disponível em: <https://apublica.org/2019/04/coquetel-com-27-agrotoxicos-foi-achado-na-agua-de-1-em-cada-4-municipios-consulte-o-seu/>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- BARBASH, J. E.; RESEK, E. A. **Pesticides in ground water: distribution, trends, and governing factors**. [S.l.]: CRC Press, 1996.
- BARBOSA, A. M. C.; SOLANO, M. H.; UMBUZEIRO, G. A. Pesticides in Drinking Water - The Brazilian Monitoring Program. **Frontiers in Public Health**, Lausanne, v. 3, n. 246, p. 4812-4822, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2015.00246>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017.
- BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Brasília: Presidência da República, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm Acesso em: 30 abr. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_agua_consumo_humano.pdf. Acesso em: 27 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 27 jan. 2024.
- CARNEIRO, F. F. *et al.* (Org.) **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. Disponível em: <https://abrasco.org.br/download/dossie-abrasco-um-alerta-sobre-os-impactos-dos-agrotoxicos-na-saude/>. Acesso em: 27 jan. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**: safra 2013/2014, primeiro levantamento. Brasília: Conab, 2013. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1270_2208894ee7aeb6e6403b99e0e5e4b09f. Acesso em: 27 jan. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**: safra 2020/21, nono levantamento. Brasília, v. 8, n. 9, jun. 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/45073_a1c7c943d558f0129c3d18e79b679d07. Acesso em: 27 jan. 2024.

DAHSHAN, H.; MEGAHED, A. M.; ABD-ELALL, A. M. M.; ABD-EL-KADER, M. A.; NABAWY, E.; ELBANA, M. H. Monitoring of pesticides water pollution - The egyptian River Nile. **Journal of Environmental Health Science & Engineering**, v. 14, n. 15, 7. out. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40201-016-0259-6>. Acesso em: 24 jan. 2024.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DA SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (DRH/SEMA). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí**: Relatório Final. Porto Alegre: DRH/SEMA, 2012. Disponível em: https://rsgovbr-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/raiza-schuster_sema_rs_gov_br/EX5x3Jni06hCiZJ5tvsYCKYBzK_8lmMaySK4a-5jtIDR2Q?e=yIbTDX. Acesso em: 10 nov. 2023.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DA SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (DRH/SEMA). **Processo de Planejamento da Bacia do Rio Gravataí**: Relatório Técnico 01. Porto Alegre: DRH/SEMA, 2011. Disponível em: https://rsgovbr-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/raiza-schuster_sema_rs_gov_br/EY7GmBybKERGIMS7vjfk_UABhBf4ezYR0i0L2mrMEB2v5Q?e=NN7K09. Acesso em: 27 jan. 2024.

Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). DMAE Porto Alegre. **Etapas do tratamento de água**. 28 abr. 2020. Disponível em: <https://www.facebook.com/DmaePortoAlegre/photos/a.372597612949327/1274519282757151/?type=3>. Acesso em: 27 jan. 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of Food and Agriculture 2020**: Overcoming water challenges in agriculture. Roma, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/state-of-food-agriculture/2020/en/>. Acesso em 3 nov. 2023.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Qualidade da água superficial na bacia hidrográfica do Rio Gravataí**: Relatório Técnico. Porto Alegre: FEPAM, 2021. Disponível em: https://ww3.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Relatorio_da_Qualidade_das_Aguas_Superficiais_da_Bacia_do_Gravatai.pdf. Acesso em: 27 jan. 2024.

- FRANZ, A. **Agrotóxicos e a educação ambiental**. Monografia (Pós-graduação em Educação ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1732/Franz_Aline.pdf?sequence=1&isAllowed=yv. Acesso em: 24 jan. 2024.
- GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/987245/panorama-da-contaminacao-ambiental-por-agrotoxicos-e-nitrato-de-origem-agricola-no-brasil-cenario-19922011>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico Estimado. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cerro-grande-do-sul/panorama>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agro 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 27 jan. 2024.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil**. Brasília - DF, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 27 jan. 2024.
- LEITE, L. C. O. F.; PEREIRA, R. de O.; SILVA, J. B. G. Identificação de agrotóxicos prioritários e épocas ideais para seu monitoramento na água: um estudo de caso no Espírito Santo. **Holos**, Natal, v. 37, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/9893>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- MATTOS, M. L. T. *et al.* Monitoramento ambiental do glyphosate e do seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) na água de lavoura de arroz irrigado. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.12, n. 1, p. 145-154, 2002. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3156>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992**. Brasília: MS/ANVISA, 1992. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/PRT_SVS_03_1992_COMP.pdf/cd72c5ac-22bf-4a3c-810c-a72b8d17191d. Acesso em: 27 jan. 2024.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura, 1961.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000100018>. Acesso em: 24 jan. 2024.

OLIVEIRA, J. A. *et al.* Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvinia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Viçosa, v. 13, n. 3, p.329-341, dez. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000300008>. Acesso em: 24 jan. 2024.

PEREIRA, A. P. C.; STABILLE, S. R. Efeitos da ingestão do herbicida ácido 2,4 diclorofenoxiacético sobre os neurônios mioentéricos do duodeno de ratos (*rattus norvegicus*): análises morfométrica e quantitativa. **Revista Uningá**, Maringá, v. 9, set. 2006. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uninga/article/download/503/160/1321>. Acesso em: 26 jan. 2024.

REBELO, R. M.; CALDAS, E. D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1199-1208, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140165>. Acesso em: 24 jan. 2024.

RIBEIRO, B. H. D.; VIEIRA, E. A. **Avaliação do potencial de impactos dos agrotóxicos no meio ambiente**. São Paulo: Centro de P&D de Proteção Ambiental, Instituto Biológico, 2010.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994**. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1994. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/10.350.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL (SES/RS). **Portaria nº 320, de 28 de abril de 2014**. Estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS. Porto Alegre: SES/RS, 2014. Disponível em: <https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/202009/30100210-portaria-n-320-2014.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

SILVA, D. R. O. da *et al.* Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2383-2389, dez. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/x8X843HF6kJmYnKsjX7fNNP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 jan. 2024.

SILVA, R. L. R.; OGOSHI, C.; CARLOS, F. S.; BITTENCOURT, C. R. C.; ALMEIDA, R. D. S. Cultivares de arroz resistentes à brusone e sua relação com a redução do uso de fungicidas. *In*: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10., 2017, Gramado. Disponível em: https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/cultivares-de-arroz-resistentes-a-brusone-e-sua-relacao-com-a-reducao-do-uso-de-fungicidas_364.pdf. Acesso em: 27 jan. 2024.

SILVA, E. A. da; MOURA, I. E. M. O. de; NETO, J. M. M. Regulação de saneantes em três mercados mundiais: a efetividade do caso brasileiro. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 20, nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.18623/rvd.v20.2543>. Acesso em: 24 jan. 2024.

TELEKEN, J, L. **Efeito da exposição materna pré e pós-natal ao glifosato no sistema reprodutor da prole de camundongos machos**. Dissertação (Mestrado em Biociência e Saúde) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4182>. Acesso em: 24 jan. 2024.

TORRES, E. Quatro meses depois, governo do estado ainda não oficializou o plano de manejo da APA do Banhado Grande. **Comitê Gravatahy**, Gravataí, 3 out. 2021. Notícias. Disponível em: <http://www.riogravatai.com.br/index.php/destaques/222-plano-de-manejo-rio-gravatai>. Acesso em: 27 jan. 2024.

ZINI, L. B. **Contaminação de agrotóxicos na água para consumo humano no RS: avaliação de riscos, desenvolvimento e validação de método empregando SPE e LC-MS/MS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/140552>. Acesso em: 24 jan. 2024.