



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

**JOSÉ ROBÉRIO CAVALCANTE DA SILVA**

**MONITORAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS NA ÁGUA DE  
POÇOS DE ABASTECIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ (AL)**

Marechal Deodoro - AL

2022

**JOSÉ ROBÉRIO CAVALCANTE DA SILVA**

**MONITORAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS NA ÁGUA DE  
POÇOS DE ABASTECIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ (AL)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

**Orientador:** Prof. Dr. Johnnatan Duarte de Freitas

**Coorientador:** Prof. Dr. Celso Silva Caldas

Marechal Deodoro - AL

2022



**Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação  
Instituto Federal de Alagoas  
Campus Marechal Deodoro  
Biblioteca Dorival Apratto**

---

S586m

Silva, José Robério Cavalcante da.

Monitoramento e quantificação de agroquímicos na água de poços de abastecimento urbano do município de Maceió (AL) / José Robério Cavalcante da Silva. – 2022.

90 f. : il., color.

2.2 megabytes (PDF)

Inclui bibliografia e figuras.

Apêndice: p. 70-90.

Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro*, Marechal Deodoro, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Johnnatan Duarte de Freitas.

Coorientador: Prof. Dr. Celso Silva Caldas.

1. Pesticidas. 2. Recursos hídricos. 3. Saúde pública. 4. Meio ambiente. I. Título. II. Freitas, Johnnatan Duarte de. III. Caldas, Celso Silva.

CDD: 363.7394

---

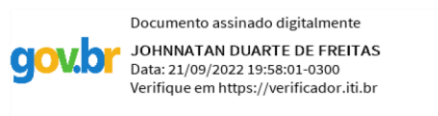
**Maria Jôse Nascimento Leite Machado  
Bibliotecária – CRB 4/2125**

## JOSÉ ROBÉRIO CAVALCANTE DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Aprovado em:

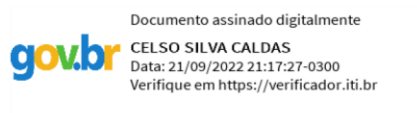
**Orientador:**



---

Drº. Johnnatan Duarte de Freitas, Instituto Federal de Alagoas

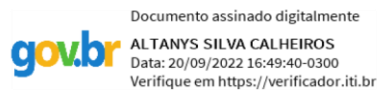
**Coorientador:**



---

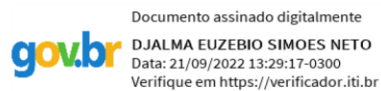
Drº. Celso Silva Caldas, Instituto Federal de Alagoas

**Banca Examinadora**



---

Drº. Altanys Silva Calheiros, Instituto Federal de Alagoas



---

Drº. Djalma Euzebio Simões Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco

Marechal Deodoro, AL

2022

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a DEUS por me possibilitar durante a esta jornada, e as dificuldades encontradas pelo caminho, chegar até aqui.

A todos os professores que fazem o Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais de Campus – IFAL – Marechal – AL, pela paciência e todo o conhecimento transmitido durante esta etapa deste projeto em geral.

Aos professores Dr. Johnnatan Duarte de Freitas por sua orientação, juntamente com a co-orientação do Dr. Celso Silva Caldas, pela ajuda e disponibilidade de tempo durante todo o desenvolvimento deste projeto, com seus incentivos de suma importância para o meu crescimento acadêmico.

Aos amigos e irmãos que fazem a Central Analítica, minha segunda casa, por toda compreensão e apoio fornecido como sempre e durante este período tão importante para meu projeto de vida.

Aos meus amigos e parceiros, Victor Fireman e Jeniffer McLaine, e a toda turma do mestrado IFAL-MD-2019.1, denominada “CORDA DE CARANGUEJO”, por ter contribuído com todo o seu apoio e conhecimento técnico e acadêmico para elaboração e construção deste trabalho, bem como, a todos que fazem a GVSA - Maceió, representada no momento deste, pelo gerente Alex Tenório, os técnicos, Robert Germano, Neri e Márcia e a todos os demais que fazem esse departamento de Vigilância em Saúde Ambiental.

Aos meus pais, por todos os ensinamentos transferidos, sempre focando em que os estudos, juntamente com a base disciplinar é que nos fazem crescer profissionalmente e pessoalmente, e principalmente a minha MÃE que na ausência de meu velho pai (In Memória), que sempre nos incentivou a não desistir e lutar pelos nossos sonhos e objetivos.

Ao meu AMIGO e usando uma frase sempre proferida por ele, e “PAI PROFISSIONAL”, Prof. Phd Celso Caldas, por toda sua preocupação rotineira e de coração, exercida pelo mesmo com todos nós que juntamente fazemos a Central Analítica e especial a minha pessoa pelos conselhos da vida, profissional e acadêmica.

Aos professores aqui que formam a banca avaliadora, Prof. Dr. Altany Calheiros e Prof. Dr. Djalma Simões, pela disponibilidade de seu tempo para o total apoio a este projeto. Com suas sugestões de melhoria e toda avaliação realizada ao mesmo.

Dedico este trabalho a todos meus amigos e em especial à minha família que é a base e força para a continuidade da busca do conhecimento.

## RESUMO

Nas últimas décadas o agronegócio brasileiro cresceu positivamente colocando o país como um dos maiores produtores e exportadores de alimentos, trazendo como consequência disso ser um potencial usuário de defensivos agrícolas (agroquímicos) nas culturas vegetais, proporcionando com isso a redução de perdas. No entanto, quanto à saúde e a segurança alimentar não se observam benefícios significativos em relação ao setor econômico do Brasil, pois as intoxicações por agroquímicos podem se dá de forma direta e indireta, deixando a população exposta às doenças agudas e crônicas. O risco de contaminação desses compostos nos recursos hídricos é também uma preocupação ambiental e para a saúde pública. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo estimar o nível de contaminação das águas de poços do abastecimento doméstico por agroquímicos aplicados em uma área urbana na região metropolitana da cidade de Maceió-AL, cujas análises foram realizadas de acordo com critérios propostos pela *Environmental Protection Agency* - EPA, utilizando técnicas de cromatografia líquida e gasosa acoplada à espectrometria de massa. Como resultado observou-se que durante a realização deste estudo os 27 princípios ativos avaliados estavam abaixo dos limites permitidos pela legislação brasileira. Quanto ao risco de contaminação das águas, mesmo com resultados abaixo dos limites preconizados, recomenda-se a necessidade de implantação de programas de monitoramento ambiental e de medidas voltadas à proteção da saúde pública, já que atualmente são estabelecidos parâmetros dos agroquímicos nas avaliações da potabilidade da água para consumo humano. O tratamento e controle da água são, por razões vitais, formas de mitigar a propagação de doenças ou complicações, satisfazendo as normas de qualidade estabelecidas para distribuição de água para consumo humano.

**Palavras-chaves:** Pesticidas; Recursos hídricos; Saúde pública; Meio ambiente.

## ABSTRACT

In recent decades, Brazilian agribusiness has grown positively, placing the country as one of the largest producers and exporters of food, resulting in a potential user of pesticides (agrochemicals) in vegetable crops, thereby reducing losses. However, in terms of health and food safety, there are no significant benefits in relation to the economic sector in Brazil, since poisoning by agrochemicals can be directly or indirectly, leaving the population exposed to acute and chronic diseases. The risk of contamination of these compounds in water resources is also an environmental and public health concern. In this context, the study aimed to estimate the level of contamination of water from domestic supply wells by agrochemicals applied in an urban area in the metropolitan region of the city of Maceió-AL, whose analyzes were carried out according to criteria proposed by the *Environmental Protection Agency*. - **EPA**, using liquid and gas chromatography techniques coupled with mass spectrometry. As a result, it was observed that during this study the 27 active principles evaluated were below the limits allowed by Brazilian legislation. As for the risk of water contamination, even with results below the recommended limits, it is recommended that there is a need to implement environmental monitoring programs and measures aimed at protecting public health, since agrochemical parameters are currently established in the evaluations the potability of water for human consumption. The treatment and control of water are, for vital reasons, ways of mitigating the spread of diseases or complications, satisfying the quality standards established for the distribution of water for human consumption.

**Keywords:** Pesticides; Water resources; Public health; Environment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Mapa dos bairros da cidade de Maceió-AL .....	14
<b>Figura 2.</b> Fórmula estrutural da nicotina .....	16
<b>Figura 3.</b> Fórmula estrutural da retonona .....	16
<b>Figura 4.</b> Fórmula estrutural do DDT.....	17
<b>Figura 5.</b> Consumo de Agroquímico no Brasil.....	18
<b>Figura 6.</b> Distribuição do uso de agroquímicos por estado. ....	19
<b>Figura 7.</b> Principais rotas de transporte e degradação de agroquímicos no ambiente.....	25
<b>Figura 8.</b> Agroquímicos encontrados na rede de abastecimento de água brasileira entre 2014 e 2017. ....	29
<b>Figura 9.</b> Fórmula estrutural do Glifosato e Mancozebe respectivamente.....	34
<b>Figura 10.</b> Divisão da cromatografia. ....	35
<b>Figura 11.</b> Partes componentes da instrumentação de um cromatógrafo gasoso. ....	36
<b>Figura 12.</b> Imagem esquemática dos componentes de um CLAE.....	38
<b>Figura 13.</b> Imagem do cromatograma da amostra real de pimenta .....	40
<b>Figura 14.</b> Distribuição dos cinco pontos de coleta da vigilância sanitária no município de Maceió-AL.....	45
<b>Figura 15.</b> Equipamento utilizado para os ensaios realizados nas amostras de água de poço.....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação toxicológica dos agroquímicos.....	23
<b>Tabela 2.</b> Sintomas de intoxicação por agroquímicos. ....	24
<b>Tabela 3.</b> Limites máximos de contaminantes permitidos na água (mg / L).....	32
<b>Tabela 4.</b> Especificação do gás de arraste para o tipo de detector e a interferência na qualidade da análise em caso de gases não apropriados.....	36
<b>Tabela 5.</b> Identificação dos Poços Analisados.....	44
<b>Tabela 6.</b> Resultado médio dos 27 agroquímicos determinados nos 08 pontos, quantificados por cromatografia líquida e gasosa acoplada ao espectrômetro de massas, com base no método da EPA.....	49
<b>Tabela 7.</b> Resultados dos 03 meses consecutivos da quantificação dos 27 agroquímicos determinados em 01 ponto de coleta denominado “A”, em água para consumo humano, por cromatografia líquida ou gasosa acoplada ao espectrômetro de massas. ....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT** – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
- ABRASCO** – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA
- ADEAL** - AGÊNCIA DE DEFESA E INSPEÇÃO AGROPECUÁRIA DE ALAGOAS
- AMPA** – ÁCIDO AMINOMETILSULFÔNICO
- AGROFIT** – SISTEMA OFICIAL DE CADASTRO DE AGROQUÍMICOS DO GOVERNO FEDERAL BRASILEIRO
- ANVISA** – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA
- BPA** – BOA PRÁTICAS AGRÍCOLAS
- CG-EM** – CROMATOGRAFIA GASOSA ACOPLADA A ESPECTOFOTOMETRIA DE MASSA
- CLAE** – CROMATOGRAFIA DE ALTA EFICIÊNCIA (PERFORMANCE)
- DEM** – DETECTOR DE ESPECTROMETRIA DE MASSA
- DCT** – DETECTOR DE CAPTURA DE ELÉTRONS
- DIC** – DETECTOR DE IONIZAÇÃO DE CHAMA
- EPA (USEPA)** – AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS
- EPI** – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INTAERNA
- FAO** – ORGANIZAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA
- IBAMA** – INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
- IMA** – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE
- INMETRO** – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
- INRA** – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA AGRONÔMICA
- ISO** – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE PADRONIZAÇÃO
- LD** – LIMITE DE DETECÇÃO
- LMP** – LIMITE MÁXIMO PERMITIDO
- LMR** – LIMITE MÁXIMO DE RESÍDUO
- LQ** – LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO

**MAPA** – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

**MS** – MINISTÉRIO DA SAÚDE

**ONU** – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

**OPPS** – PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS

**PIB** – PRODUTO INTERNO BRUTO

**PNCRC** – PLANO NACIONAL DE CONTROLE DE RESÍDIO E CONTAMINANTES

**PNDA** – PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA

**SEMPLA** – SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO

**SINDAG** – SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA

**SINAN** – SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO

**SUVISA (VISA)** – SUPERINTENDÊNCIA DE VIGILÂNCIA DE SANITÁRIA

**SVOC** – COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMI VOLATÉIS

**UFPR** – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**VMP** – VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS

**VSA** – VIGILÂNCIA SANITÁRIA AMBIENTAL

**WHO** – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1.	AGROQUÍMICOS.....	15
2.2.	O AGRONEGÓCIO .....	25
2.3.	ÁGUAS.....	27
3.	MÉTODOS ANALÍTICOS PARA A DETECÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM AMOSTRAS	35
3.1.	CROMATOGRAFIA .....	35
4.	OBJETIVOS.....	42
4.1.	GERAL.....	42
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
5.1.	MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E SOLUÇÕES.....	43
5.2.	ÁREA DE ESTUDO.....	43
5.3.	DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA.....	44
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
8.	REFERÊNCIAS.....	54
9.	APÊNDICE.....	70
9.1.	APÊNDICE 1 – RELATÓRIO TÉCNICO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL...	70

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial e a conseqüente necessidade de produção de alimentos, vários tipos de agroquímicos passaram a ser empregados na agricultura para controle de pragas e doenças, minimizando as perdas e contribuindo com o aumento da produtividade agrícola. O frequente uso, e muitas vezes incorreto mesmo com existência de leis de proteção ao uso de agroquímicos, pode causar a contaminação dos solos, da atmosfera, das águas superficiais e subterrâneas, além dos alimentos, acarretando efeitos negativos como intoxicação humana pelo consumo de água e alimentos contaminados, assim como o risco de intoxicação ocupacional de trabalhadores rurais (SPADOTTO, 2006).

Assim, o estudo das características físicas, químicas e biológicas intrínsecas de cada composto e de cada matriz torna-se extremamente importante para a identificação de informações sobre a reatividade, toxicidade e mobilidade desses compostos nos diferentes compartimentos ambientais (JARDIM *et al.*, 2009).

Devido ao grande número de princípios ativos utilizados na agricultura, há necessidade de um monitoramento constante da qualidade das águas e dos alimentos, o que tem motivado o desenvolvimento de técnicas analíticas rápidas e eficientes para análises de multi-resíduos de agroquímicos em amostras das mais diversas origens. Esses métodos devem ser capazes de detectar os limites máximos de resíduos (LMR) permitidos para cada matriz.

A determinação de resíduos de agroquímicos nos mais diferentes meios é tradicionalmente realizada por meio de técnicas cromatográficas devido à facilidade de separação, identificação e quantificação das substâncias presentes, devido principalmente ao uso de detectores específicos (GALLI *et al.*, 2006).

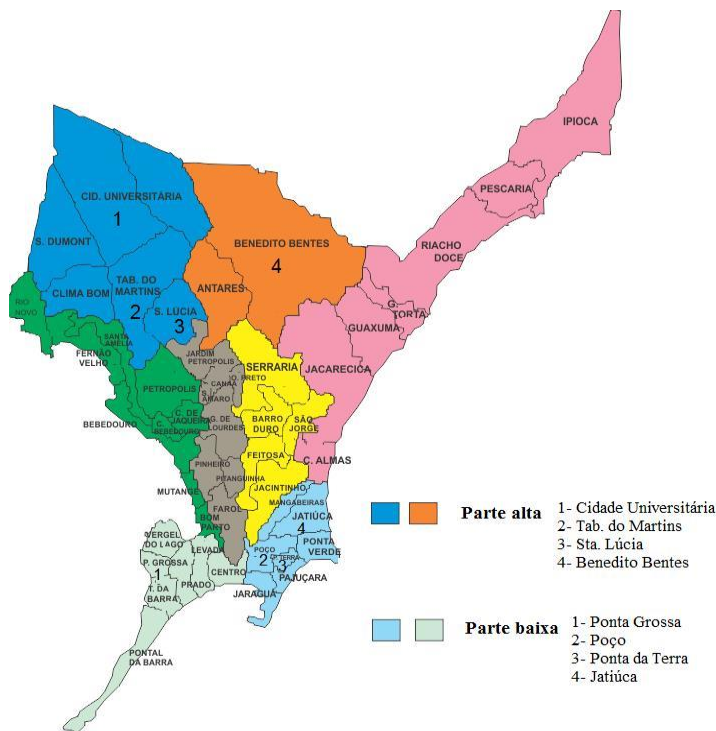
A informação desses resíduos desempenha um papel importante para a estimativa da exposição humana e do meio ambiente a estes compostos, permitindo avaliar a conformidade da produção agrícola com as Boas Práticas Agrícolas - BPA, possibilitando decisões regulatórias comerciais visando garantir a segurança alimentar (ANVISA, 2006).

Segundo Santos, Paiva e Silva (2016) em regiões em que a agricultura familiar predomina, intensificam-se os processos de contaminação dos solos e das águas devido a diversos fatores, tais como: acúmulo de sais, excesso de nutrientes, uso indevido da água, utilização inadequada de agroquímicos, entre outros.

No município de Maceió com população estimada de 1.031.597 habitantes e com uma temperatura média entre 25°C e 29°C (IBGE, 2008), há um déficit de distribuição de água

potável devido ao crescimento populacional na região denominada “*parte alta*” (Figura 1) sendo necessário recorrer a fontes alternativas de abastecimento de água como poços, carros pipas etc., promovendo assim um risco ainda maior de contaminação daquela população.

**Figura 1.** Mapa dos bairros da cidade de Maceió-AL



Fonte: SEPLAM - Prefeitura de Maceió (2014).

Dentro deste contexto de prevenção de contaminação das águas de abastecimento consumidas pela população de Maceió, o presente estudo foi realizado com o objetivo de monitorar e avaliar os níveis de agroquímicos presentes na água de abastecimento urbano determinados por cromatografia líquida de alta eficiência ou performance (CLAE) e cromatografia gasosa acoplada à espectrofotometria de massa (CG-EM). Com os dados obtidos foi elaborado um **Manual Técnico** que deve ser atrelado aos interessados em comercializar, utilizar, fiscalizar e monitorar o uso da água para abastecimento público na cidade de Maceió, tais como a Vigilância Sanitária Ambiental (VSA), Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), entre outros, podendo o mesmo ser estendido a outras cidades do estado de Alagoas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. AGROQUÍMICOS

Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization*), entidade que faz parte da estrutura da ONU (Organização das Nações Unidas), os agroquímicos, também chamados de agroquímicos e defensivos agrícolas, são definidos assim:

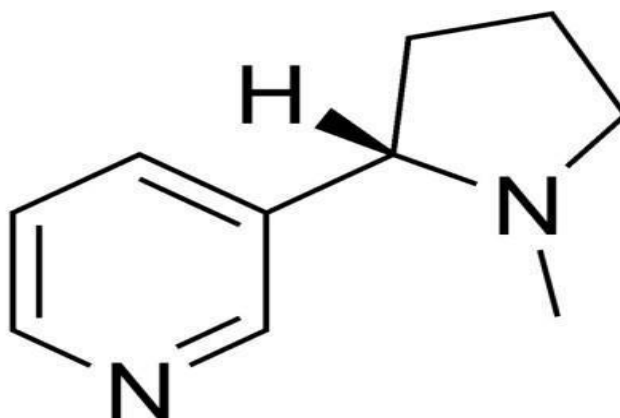
*“Qualquer substância, ou mistura de substâncias, usadas para prevenir, destruir ou controlar qualquer praga – incluindo vetores de doenças humanas e animais, espécies indesejadas de plantas e de animais, causadoras de danos durante a produção, processamento, estocagem, transporte ou distribuição de alimentos, produtos agrícolas, madeira, e derivados – ou então que possam ser administradas em animais para o controle de insetos, aracnídeos e outras pestes que acometem os corpos dos animais de criação” (MORAGAS & SCHNEIDER, 2003).*

O desenvolvimento desses agroquímicos foi impulsionado pelo anseio do homem em melhorar sua condição de vida, procurando aumentar a produção dos alimentos. Desde o início da civilização, o homem é o principal responsável pelas transformações ocorridas na natureza em razão da evolução da sua espécie e das existentes ao longo dos tempos, aumentando assim a produção de alimentos (BRALBANTE & ZAPPE, 2012), porém em uma crescente busca por maneiras de combater as pragas.

De acordo com (BRALBANTE & ZAPPE, 2012), no final do século XIX foram sintetizados diversos compostos a fim de controlar diferentes pragas, além de misturas tais como de enxofre e cal utilizados no controle da sarna-da-maçã causadas por um fungo; a mistura de sulfato de cobre e cal, conhecida como calda bordalesa, usada no combate do míldio, doença causada por fungos na uva; o arsenito de cobre, também conhecido como verde de Paris, para controlar o besouro da batata nos Estados Unidos; o sulfato ferroso como herbicida seletivo; derivados de fluoretos inorgânicos, como o fluoreto de sódio, no controle de insetos como formigas. Esses compostos inorgânicos utilizados em larga escala eram muito tóxicos, como foi o caso do ácido cianídrico usado nos Estados Unidos no final do século XIX utilizado para eliminar insetos em moradias. Apesar de esse tratamento ter sido inicialmente muito eficaz, após algum tempo, os insetos desenvolveram resistência a esse ácido (BRALBANTE & ZAPPE, 2012).

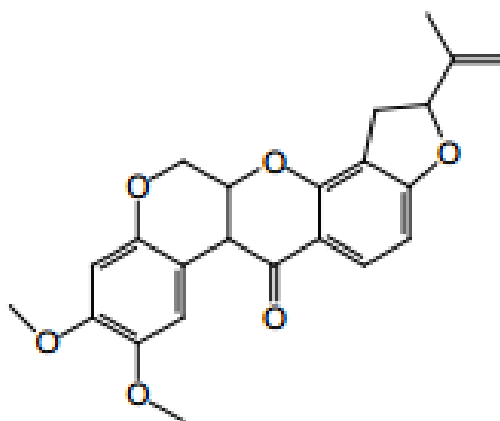
Outros exemplos de inseticidas naturais orgânicos são a nicotina e a rotenona. A nicotina (Figura 2), extraída das folhas de fumo (*Nicotianatabacum*), começou a ser utilizada no século XVII para controlar insetos em jardins, prática feita até hoje. A rotenona (Figura 3) é isolada de raízes de *Derriselliptica*, planta comum na Malásia e na Indonésia, e de espécies de *Lonchocarpus*, existentes na África e América do Sul e, desde o final do século XIX, é utilizada para o controle de lagartas.

**Figura 2.** Fórmula estrutural da nicotina



Fonte: Autor, 2022.

**Figura 3.** Fórmula estrutural da retonona

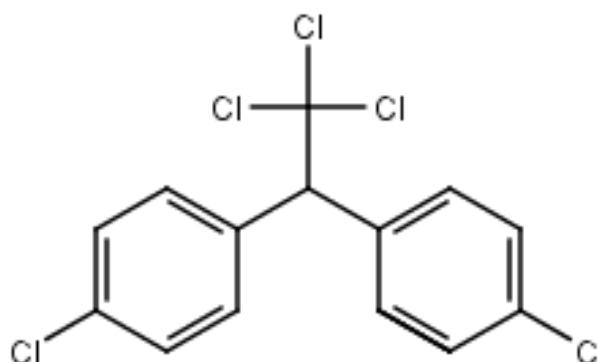


Fonte: Autor, 2022.

Em 1939 a descoberta da atividade inseticida do 1,1,1-tricloro-2,2-di(*p*-clorofenil) etano (Figura 4) foi um marco na história dos agroquímicos. Conhecido como DDT, esse inseticida foi utilizado pela primeira vez em 1943 durante a Segunda Guerra Mundial, para combater

piolhos que infestavam tropas norte-americanas na Europa e que transmitiam uma doença chamada tifo exantemático (BRANCO, 2010). Tal substância é classificada como um organoclorado, composto por átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e cloro (Cl). Outros exemplos de inseticidas organoclorados desenvolvidos nessa época são aldrin, dieldrin, heptacloro e toxafeno. As principais características dos organoclorados são: insolubilidade em água; solubilidade em líquidos apolares como éter, clorofórmio e, conseqüentemente, em óleos e gorduras, o que ocasiona o acúmulo do DDT no tecido adiposo dos organismos vivos, e alta estabilidade, pois demora muitos anos para serem degradados na natureza devido à sua baixa reatividade das ligações químicas presentes nos compostos em condições normais (ZAPPE, 2011).

**Figura 4.** Fórmula estrutural do DDT.



Fonte: BRALBANTE & ZAPPE, 2012

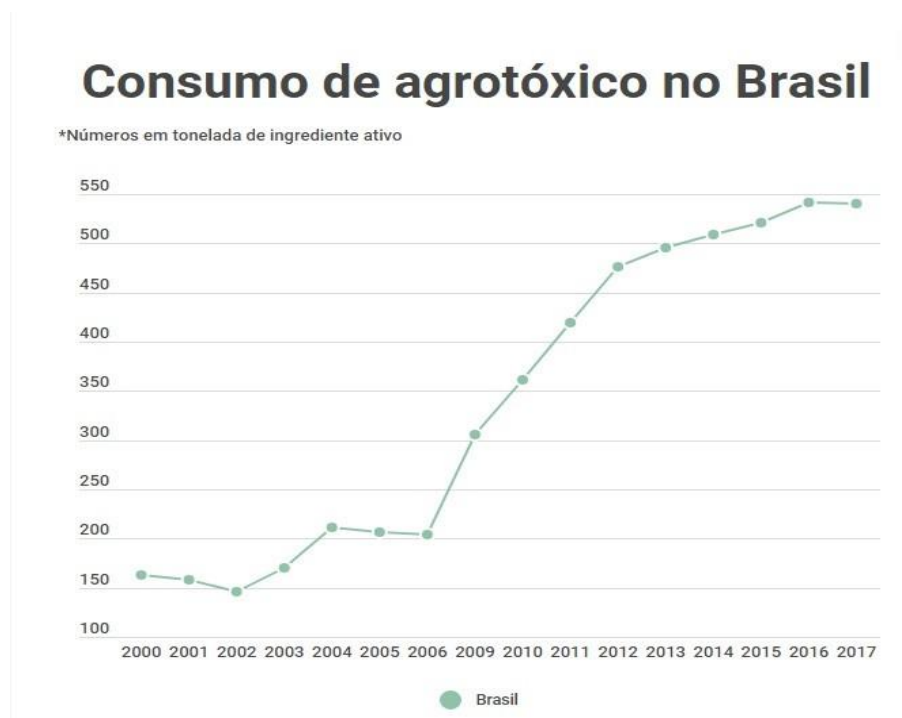
Em função das características de compostos como os organoclorados, houve a necessidade de serem desenvolvidos novos compostos com eficiência no controle de pragas, sendo sintetizados os organofosforados e os carbamatos. A toxicidade aguda dos inseticidas organofosforados é maior que a dos organoclorados, mas os organofosforados são menos persistentes no meio ambiente, ou seja, sofrem rápida degradação e, conseqüentemente, é necessário um maior número de aplicações para a mesma eficácia que a dos organoclorados. O herbicida glifosato e os inseticidas malation, paration e dissulfoton são alguns exemplos de compostos organofosforados (BRALBANTE & ZAPPE, 2012).

Nos dias atuais podemos encontrar no mercado específico, muitos compostos para controlar as mais diversas pragas daninhas, insetos, fungos e outros organismos, apesar de ainda existir uma demanda crescente por novos produtos, uma vez que os organismos

desenvolvem resistência a tais compostos após certo tempo de contato. Com isso, estes passam a ser menos efetivos e, muitas vezes, perdem totalmente a atividade. As mudanças que o paradigma produtivo ocasiona sobre saúde e o ambiente no meio rural do Brasil devem ser considerados, assim como os estudos que comprovam que os agroquímicos contaminam os alimentos, o meio ambiente e causam danos à saúde humana (PERES, 2009).

Um dos grandes desafios da atualidade para a produção de alimentos tem sido evitar perdas na agricultura e garantir alimentos em quantidade e qualidade adequados para uma população em plena expansão. Segundo especialistas, esse fato contribuiu para a classificação do Brasil como o maior consumidor mundial de agroquímico com uma média anual em torno de 550 mil toneladas de ingredientes ativos do planeta em volume no ano de 2017, de acordo com os dados da Comissão de Direitos Humanos e Minorias da Câmara dos Deputados do Brasil.

**Figura 5.** Consumo de Agroquímico no Brasil.



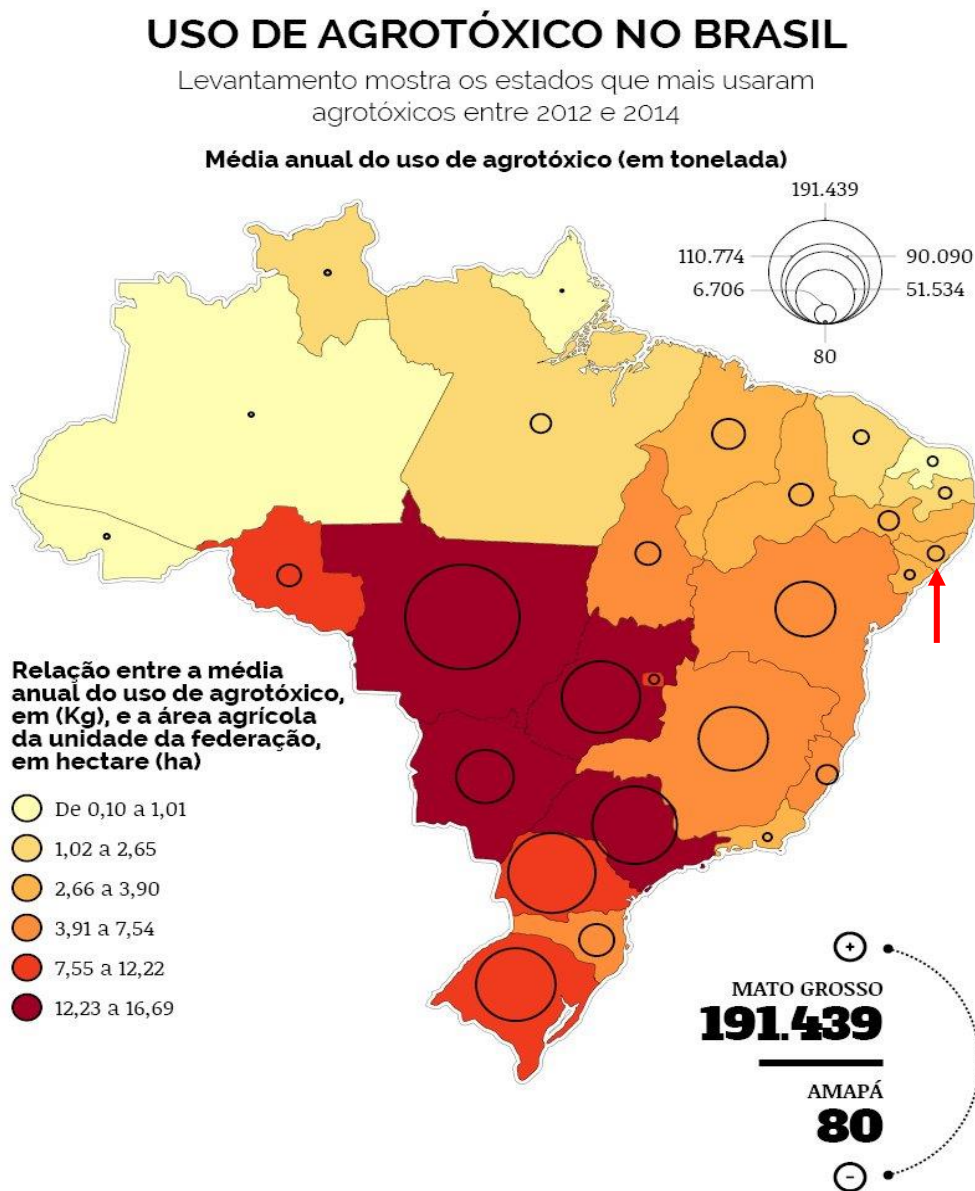
Fonte: CESTEJ, 2019.

Ainda de acordo com os dados do Ministério da Saúde (2018), o estado de São Paulo é o que emprega mais agroquímicos por hectare plantado (7,62 kg/ha) mais que o dobro da média nacional.

Sendo Alagoas o quinto estado que mais compra agroquímicos no Nordeste Brasileiro

(1.647,50 toneladas), predominando aqueles de classe II (977,8 toneladas; 59,4%) e classe III (660,14 toneladas; 40,1%), correspondendo, respectivamente, às classes altamente e mediantemente tóxicas. As cidades de Arapiraca, Craíbas, Lagoa da Canoa, na região agreste; São Miguel dos Campos e Roteira, na Zona da mata; e Jacuipé no Litoral Norte do Estado são aqueles que mais utilizam agroquímicos em seus cultivos (BOMBARDI, 2017).

**Figura 6.** Distribuição do uso de agroquímicos por estado.



Fonte: Reporte Brasil, 2022.

Dados estatísticos indicam que as pragas são responsáveis por cerca de 20 a 30% das perdas anuais nas safras no mundo e fazem com que o consumo excessivo de agroquímicos,

principalmente no terceiro mundo, desencadeia uma série de preocupações relativas a impactos adversos no meio ambiente e à saúde humana. Os agroquímicos além de cumprirem o papel de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, também podem oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente, porém, é de suma importância e necessário para o desenvolvimento da agricultura mundial (PANG *et al.*, 2006).

Mesmo com a existência do Decreto 4.074 de 04/01/2002 que regulamenta a Lei nº 7.802 de 1989 do Governo Federal Brasileiro, *onde dispõe do uso e proteção adequada aos produtores de agroquímicos*, a utilização frequente de “agroquímicos”, muitas vezes de forma incorreta, favorece os riscos de contaminação de diversos compartimentos ambientais como a contaminação de solos agrícolas, de águas superficiais e subterrâneas e de alimentos, podendo, em episódios mais graves, inviabilizar o consumo destes (GEBLER, 2004).

A exposição humana aos agroquímicos ocorre segundo diferentes rotas, o que dependerá de cada circunstância. O impacto direto da contaminação humana por agroquímicos é percebido por meio de três vias principais: ocupacional, ambiental e alimentar. A via ambiental caracteriza-se pela dispersão e dinâmica dos resíduos de agroquímicos nos diferentes compartimentos ambientais (MOREIRA *et al.*, 2002). A ingestão diária de água e de alimentos contaminados por agroquímicos pode ocasionar o acúmulo dessas substâncias no organismo humano, podendo causar graves doenças (PALMA & LOURENCETTI, 2011).

De acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2108), no período de 2007 a 2015 o número de intoxicação por agroquímicos em Alagoas foi de 61 casos em 2007, chegando a 245 em 2015, totalizando assim 2.107 casos no período avaliado, que coloca o estado de Alagoas no 10º lugar na classificação nacional de incidências.

Fato preocupante de acordo com SINAN-SAÚDE-AL (2021), dos 6.250 casos de tentativa de suicídio por envenenamento notificados em Alagoas no período de 2016 a 2020, 911 foram provenientes do uso de agroquímicos, representando assim 14,6% das notificações.

Assim, por exemplo, um trabalhador rural pode ser exposto tanto durante a aplicação dos agroquímicos, em dada cultura, quanto pelo consumo de alimentos ou água contaminados. Da mesma forma, populações que moram próximas a áreas cultivadas com agroquímicos podem consumir água ou alimentos contaminados, bem como inalar a substância que eventualmente esteja no ar. Além disso, um mesmo indivíduo pode ser exposto a mais de um tipo de agroquímicos, ainda que segundo uma única rota, configurando-se, também, uma situação preocupante de exposição (FERNANDES NETO & SARCINELLI, 2009).

O meio de absorção dos agroquímicos no ser humano é através da pele, seja pela falta de proteção ou uso incorreto do EPI. Pode ocorrer por respingos ou vapores quando em contato direto com os olhos, e ao esfregar as mãos contaminadas. Uma das partes do corpo que mais absorve agroquímico é o couro cabeludo. Outro processo de absorção é a inalação que se verifica quando o preparo dessas substâncias ocorre em ambientes fechados ou com pouca ventilação (PANCOTTO, 2013).

Os danos dos agroquímicos à saúde humana podem ser observados em estudos de carcinogênese, mutagênese, teratogênese, neurotoxicidade, alterações imunológicas e na reprodução de animais, desregulações endócrinas, alterações no desenvolvimento embrionário fetal, após exposição *in útero*, com efeitos capazes de acarretar a morte dos indivíduos, comprometimento de espécies, mudança da dinâmica bioquímica natural e na mudança do funcionamento do ambiente afetado (OLIVEIRA; FAVARETO; ANTUNES., 2013).

A intensa utilização dos agroquímicos, o seu potencial tóxico, a persistência no ambiente e acumulação nas cadeias alimentares mostram a necessidade do monitoramento de resíduos em alimentos e em matrizes ambientais. Atenção especial deve ser dada à água potável, pois o consumo diário de água contaminada com resíduos de agroquímicos pode causar efeitos tóxicos, como câncer e danos no sistema nervoso central, dependendo do tipo de composto e da quantidade ingerida. Tendo em vista a possibilidade de consumo, pela população, de água contaminada, órgãos como WHO (*World Health Organization*), EPA (*Environmental Protection Agency*, USA) e Ministério da Saúde, no Brasil, estabeleceram limites máximos permitidos (LMP) para agroquímicos em águas destinadas ao consumo humano (Portaria GM/MS n° 888, de 04 de maio de 2021).

### **2.1.1 CLASSIFICAÇÃO E USO DOS AGROQUÍMICOS**

Os agroquímicos se enquadram em diversas classificações as mais citadas são: a econômica, avaliando a viabilidade, na saúde pelo grau de toxicidade, e pelo emprego através das vias de acesso; persistência no solo; arrasto ou lixiviação; toxicidade e propriedades físico-químicas. Ainda quanto ao seu emprego são utilizados para fins de combater insetos (inseticidas), bactérias (bactericidas), fungos (fungicidas), plantas daninhas (herbicidas), folhas indesejadas (desfolhantes), roedores (raticidas), moluscos (moluscoides), entre outros. No entanto, faz-se necessário, também, o conhecimento das propriedades físico-químicas e

toxicológicas dos agroquímicos, justamente por servirem de base para qualquer alteração, restrição ou irregularidade de registro (PERES *et al* ,2003).

No Brasil, o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam riscos à saúde humana é estabelecido pela Portaria n° 888 do Ministério da Saúde, de 04/05/2021. Nessa Portaria a maioria dos agroquímicos listados pertence à classe dos organoclorados. Os LMP, para esse grupo de agroquímicos, variam entre 0,03  $\mu\text{g L}^{-1}$  (aldrin, dieldrin, heptacloro e heptacloroepóxido) e 20  $\mu\text{g L}^{-1}$  (alaclor, endossulfam e metoxicloro). Outro agroquímico presente nesta lista com um LMP de 20  $\mu\text{g L}^{-1}$  é a permetrina, pertencente ao grupo dos piretróides. Atualmente este é o único piretróide presente nesta lista, apesar do amplo espectro de atuação dessa classe de compostos (BRASIL,2005).

Além dos agroquímicos, os trihalometanos também são monitorados pelos órgãos nacionais e internacionais que estabelecem os padrões de potabilidade. Trihalometanos (THMs) são subprodutos de desinfecção formados na etapa de cloração da água. Esses compostos podem representar risco à saúde humana, pois são considerados possivelmente cancerígenos. O LMP adotado pela Portaria n° 888 para THM total é de 100  $\text{mg L}^{-1}$ , que corresponde à soma das concentrações dos quatro principais compostos, clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano e bromofórmio.

De acordo com Maia *et al* (2018), dentre os agroquímicos notificados mais utilizados pelos trabalhadores agropecuários de Alagoas, destaca-se a classe dos herbicidas com 64,32% de casos notificados no período do seu estudo, ressaltando ainda que o uso de herbicidas é vantajoso devido ao custo-benefício, à rapidez na ação e os efeitos residuais. O segundo tipo de agroquímico mais utilizado identificado no estudo foram os inseticidas.

Ainda de acordo com informações coletadas sobre o uso de agroquímicos no setor produtivo de açúcar, álcool e energia a partir da cana-de-açúcar em Alagoas, as unidades utilizam praticamente os mesmos agroquímicos, sendo eles:

- 24 Herbicidas (Glifosato, Diuron + Hexazinone, entre outros);
- 08 Inseticidas (Fipronil, Carbosulfano, entre outros);
- 04 Fungicidas (Picoxistrobina + Ciproconazol, Flutriafol, entre outros);
- 01 Nematicida (Cadusafos);
- 06 Maturadores (Sulfometuron – methyl, Fluazifope-p-butílico, entre outros).

(Usina Santa Clotilde, 2021).

Os agroquímicos também podem ser classificados de acordo com sua periculosidade ambiental em classes que variam de I a IV (Tabela 1): produtos altamente perigosos ao meio ambiente (Classe I), como a maioria dos organoclorados; produtos muito perigosos ao meio ambiente (Classe II), como o malation; produtos perigosos ao meio ambiente (Classe III), como o carbaril e o glifosato; e produtos pouco perigosos ao meio ambiente (Classe IV), como os derivados de óleos minerais (Agefix E8, Nortox, entre outros), (SANTOS & SCHNETZLER, 2003).

**Tabela 1.** Classificação toxicológica dos agroquímicos.

Classe Toxicológica	Toxicidade	DL50 (mg/Kg)	Faixa colorida
I	Extremamente tóxico	$\leq 5$	<b>Vermelha</b>
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50	<b>Amarela</b>
III	Medianamente tóxico	Entre 50 e 500	<b>Azul</b>
IV	Pouco tóxico	Entre 500 e 5.000	<b>Verde</b>

Fonte: PEREZ E MOREIRA, 2003.

### 2.1.2 TOXICIDADE DOS AGROQUÍMICOS

Quando um agroquímico é aplicado diretamente a um alvo, o ambiente inteiro é afetado (WHO, 2008). Ao considerar os efeitos à saúde, ou seja, sua ação tóxica (ingrediente ativo e sua formulação) os agroquímicos são classificados em termos de valor de dose letal 50% ou DL50, esse representado por miligramas do produto tóxico/ quilograma do peso corpóreo) (PASCHOARELLI et al, 2009). A DL50 é a dose administrada ou ingerida, pela mesma via que provoca a morte de 50% da população em estudo (ANVISA, 2017).

Considerando que a capacidade de determinada substância causar morte ou algum efeito sobre os animais depende da sua concentração no corpo do indivíduo, a dose letal é expressa em miligrama da substância por quilograma da massa corporal. A toxicidade de uma substância também pode variar de acordo com o modo de administração e os rótulos dos produtos são identificados por meio de faixas coloridas, conforme Tabela 2 (PEREZ & MOREIRA, 2003).

**Tabela 2.** Sintomas de intoxicação por agroquímicos.

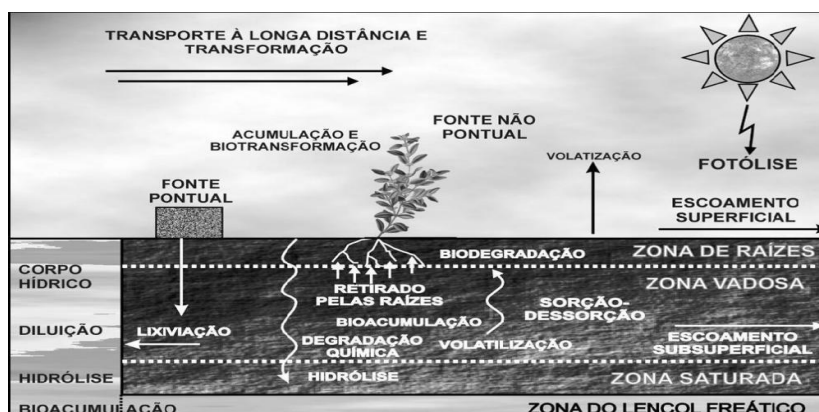
<b>Classificação</b>	<b>Sintomas de intoxicação aguda</b>	<b>Sintomas de intoxicação crônica</b>
INSETICIDAS	Fraqueza, cólica abdominal, vômito, espasmos musculares, convulsões, náusea, contrações musculares involuntárias, irritação das conjuntivas, espirros, excitação.	Efeitos neurológicos retardados, alterações cromossomais, dermatites de contato, arritmias cardíacas, lesões renais, neuropatias periféricas, alergias, asma brônquica, irritação das mucosas, hipersensibilidade.
FUNGICIDAS	Tonteira, vômito, tremores musculares, dor de cabeça, dificuldade respiratória, hipertemia, convulsão.	Alergias respiratórias, dermatites, doença de Parkinson, cânceres, teratogênese, cloroacnes.
HERBICIDAS	Perda de apetite, enjoo, vômito, fasciculação muscular, sangramento nasal, fraqueza, desmaio, conjuntivites.	Indução da produção de enzimas hepáticas, cânceres, teratogênese, lesões hepáticas, dermatites de contato, fibrose pulmonar.

Fonte: PEREZ & MOREIRA, 2003.

Depois da aplicação de um agroquímico, através dos diferentes métodos, vários processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos determinam seu comportamento. O destino de agroquímicos no ambiente é governado por processos de retenção (adsorção, absorção), de transformação (degradação química e biológica), de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e por interações desses processos (SPADOTTO, 2006).

Além da variedade de processos envolvidos na determinação do destino ambiental de agroquímicos, diferenças nas estruturas e propriedades das substâncias químicas, e nas características podem afetar esses processos. A presença de grupos funcionais contendo oxigênio, nitrogênio e enxofre tendem a tornar os compostos orgânicos mais reativos, tanto química quanto biologicamente, mais solúveis em água e menos voláteis quando comparados aos hidrocarbonetos com o mesmo número de carbonos. Na Figura 7 são apresentados, esquematicamente, os processos principais que atuam na movimentação e na degradação de agroquímicos na natureza, ilustrando os meios mais prováveis onde esses compostos podem ser encontrados.

**Figura 7.** Principais rotas de transporte e degradação de agroquímicos no ambiente.



Fonte: GEBLER, 2004; JARDIM *et al.*, 2009.

Um aspecto importante que tem de ser levado em consideração para o uso com segurança dos agroquímico é a ocorrência e persistência dos resíduos destes compostos e de seus metabólitos na cadeia alimentar. Além dos efeitos toxico sistêmicos para os quais são estabelecidas doses limites de exposição, há uma enorme preocupação com os efeitos de longa duração (SARCINELLI *et al.*, 2003).

## 2.2. O AGRONEGÓCIO

O agronegócio brasileiro tem crescido rapidamente e contribuído positivamente para economia do país, pois oferta 1/4 do Produto Interno Bruto (PIB). A importância desse setor está na capacidade de produção de alimentos, exportação e uso correto do solo. O Brasil nas últimas décadas tem se destacado como um dos maiores exportadores mundiais de alimentos, principalmente, de produtos vegetais. As exportações nos anos de 2016/2017 para 2017/2018 tiveram um aumento de 13,5% (CHIARELLO, 2018).

De acordo com Carneiro *et al.* (2015), os dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Observatório da Indústria dos Agroquímicos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), entre 2005 e 2015, o mercado mundial de agroquímicos cresceu 93%, enquanto o mercado brasileiro cresceu 190%. Devido à toxicidade dos agroquímicos, sua permanência e o crescente aumento de seus teores encontrados em diversos compartimentos ambientais, o consumo dessas águas ou suas reutilizações na agricultura podem resultar em riscos à saúde pública (SILVÉRIO *et al.*, 2012).

De acordo com dados gerados por pesquisas realizadas (Agrotóxico no Brasil – 2022), o uso de agroquímicos no Brasil está relacionado principalmente a fatores climáticos. O Brasil é um **país tropical** não havendo períodos de inverno em algumas regiões para que o ciclo de pragas seja interrompido, como ocorre em lugares de clima temperado e subtropical. Ainda relacionado às pesquisas geradas pela fonte de informação “Agroquímicos no Brasil – 2022. Outro motivo está ligado à evolução ocorrida no campo. A tecnologia atualmente empregada na agropecuária permitiu o aumento da produção sem falar na monocultura, largamente praticada no Brasil. Esses fatores podem explicar a necessidade do uso de agroquímicos, como estabelece o Plano Nacional de Desenvolvimento Agrícola (PNDA), lançado em 1975, que incentivou o uso de agroquímicos e ofereceu investimentos aos agricultores que os utilizassem, bem como às indústrias que os produzissem.

Essas ações contribuíram para que no Brasil o registro, segurança dos agroquímicos e a viabilidade do uso dos defensivos agrícolas sejam atestadas por órgãos como Ministério da Agricultura, Anvisa e Ibama a fim de garantir a segurança da população quanto ao uso dos mesmos. A comercialização dos agroquímicos só pode ser realizada mediante apresentação de receituário expedido e prescrito por um engenheiro agrônomo, sendo que o produto deve apresentar em seu rótulo as indicações de uso e segurança. Segundo a Revista de Pesquisa Fapesp, esse mercado movimentou no Brasil cerca de US\$ 10 bilhões por ano. Dados do Censo Agropecuário apontam que houve aumento de 20% entre os anos de 2006 a 2017 de produtores rurais que utilizam agroquímicos em suas lavouras. Mas é necessário dizer que apesar do Brasil estar entre os maiores consumidores de agroquímicos do mundo, este consumo em relação a área cultivada é relativamente baixo. Assim, apesar dos relatórios apontarem aumento no consumo dos defensivos agrícolas, paralelamente houve aumento da produtividade. Segundo o Sindag (Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola) o Brasil produziu mais alimentos com menos agroquímicos.

Os municípios que têm uma agricultura como principal fonte de renda familiar utilizam obrigatoriamente os agroquímicos em suas produções, sendo essencial a aplicação do produto para proteger quaisquer plantações das pragas, pois é através dessa produção que eles obtêm os recursos para própria sustentação e dos familiares (MAIA *et al.*, 2018).

O glifosato é o agroquímico mais utilizado no território brasileiro (Maia, 2018). Na última década, os herbicidas formulados a base de glifosato têm ganhado expressão e importância em virtude do crescimento na área semeada com culturas geneticamente modificadas. Além disso, por se tratar de um herbicida sistêmico e de amplo espectro de ação,

é aplicado em baixos volumes comparado à herbicidas convencionais (MORAES & ROSSI, 2017).

A ampla utilização do glifosato em várias culturas tem-se mostrado vantajosa em relação a vários métodos de controle de plantas daninhas. Aspectos relacionados a facilidade de manuseio, eficácia de controle, ganhos de produtividade, entre outros, tornaram esse herbicida, líder mundial de vendas (MORAES & ROSSI, 2017).

### **2.3. ÁGUAS**

A água é um dos bens mais importantes que a natureza oferece para o homem, já que somos dependentes dela para a maioria das atividades diárias, e, principalmente, para a nossa sobrevivência. Um dos recursos naturais mais importantes no planeta, a água, até bem pouco tempo era considerada como um bem infinito. Ela é considerada fundamental para a manutenção da vida no planeta, sendo indispensável para o animal, planta, e conforto humano. Portanto, reportar sobre ela em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (RIBEIRO *et al.*, 2007; OKOKPUJIE *et al.*, 2019).

Com isso, ela exerce papel na saúde, economia e qualidade de vida, permitindo ao homem seu uso em necessidades pessoais diárias, a exemplo da alimentação e higiene pessoal (SOUZA *et al.*, 2014). Diante da natureza e fontes disponíveis de água (superficial ou subterrânea), a mesma está frequentemente exposta à predominância de impurezas, de tal forma que pode torná-la imprópria para consumo humano (BADEJO; OMOLE; NDAMBUKI, 2018).

A contaminação dos recursos hídricos por resíduos de agroquímicos é capaz de provocar sérios problemas à saúde pública, principalmente quando este recurso é utilizado para o abastecimento humano. A presença desses compostos nos mananciais pode acarretar problemas para o tratamento da água em virtude da eventual necessidade de tecnologias mais complexas do que aquelas normalmente usadas para alcançar a níveis de potabilidade (FERNANDES NETO, 2009).

Apesar do glifosato ser frequentemente classificado como um composto de baixa mobilidade no solo, pela alta sorção, para Solomom & Thompson (2003) a grande solubilidade do glifosato e seus sais na água sugerem que estes sejam considerados de elevada

mobilidade em água, porém a união forte e rápida dos sedimentos e partículas deste composto, especialmente nas águas pouco profundas e turbulentas, removem o glifosato da solução do solo. A persistência de glifosato em água é mais curta que sua persistência em solo. As formulações de glifosato são completamente solúveis em água por se dispersar rapidamente e não se acumular em altas concentrações no perfil hídrico.

O glifosato se dissipa em águas superficiais rapidamente por ser adsorvido pelos sedimentos e degradado por microorganismos (PATERSON, 2007). Para este mesmo autor, a persistência no meio aquático do glifosato pode se encontrar com valores de meia-vida de 7 a 21 dias. Giesy et al. (2000) relatam que a meia vida do glifosato em ambientes aquáticos varia de 7 a 14 dias. Para detectar a presença de glifosato e do metabólito AMPA nas águas dos canais de irrigação, um estudo foi realizado por Mattos et al. (2002) que verificaram que em até 120 dias após aplicação havia a presença do herbicida, concluindo que determinado nível de segurança só será alcançado 120 dias após a aplicação da formulação de glifosato.

Em estudo realizado nos Estados Unidos com amostras de solo, água de superfície, subterrâneas e água da chuva durante seis anos (2001-2006) para investigar a ocorrência, destino e transporte do herbicida glifosato, AMPA e glufosinato, o AMPA foi detectado com mais frequência, ocorrendo de forma similar ou em maior concentração que o glifosato no ambiente, sendo que ambos podem persistir no solo. Glifosato e AMPA foram encontrados com maior frequência em águas de superfície do que em águas subterrâneas (SCRIBNER et al., 2007)

### **2.3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

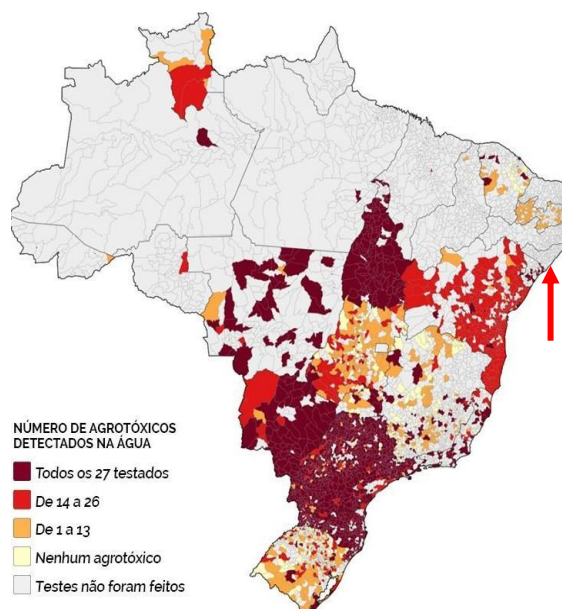
A maior parte da reserva de água doce em nosso planeta não é encontrada em forma potável. As águas subterrâneas, na maioria das vezes provenientes de poços, geralmente são menos contaminadas por fatores biológicos e químicos do que os mananciais superficiais, pois não ficam expostas aos diversos agentes poluentes (ECKHARDT et al., 2008). Em um contexto de crise hídrica, que abrange além da escassez da água, falhas em ações sustentáveis, tanto por parte de políticas públicas, como por parte do cidadão comum, as águas subterrâneas assumem um papel de protagonismo (VILLAR, 2016).

A estimativa do risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agroquímicos vem sendo objeto de estudo de diversas pesquisas. No período entre 2014 e 2017, como citado por SOARES *et al.*, as empresas responsáveis pelo abastecimento de 1.396

idades detectaram a presença de 27 agroquímicos nas águas testadas. Isso porque elas são obrigadas a testar apenas 27. É provável que tivessem detectado mais se outros testes fossem feitos. Ainda, dos 5.570 municípios brasileiros 2.931 não fizeram testes no período. Ou seja, os números podem ser maiores e ainda mais assustadores. Das 27 substâncias, 11 estão relacionadas a doenças crônicas, como câncer, e 16 são classificadas como extrema ou altamente tóxicas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ao longo dos anos, a presença de agroquímicos aumentou, indo de 75% dos testes em 2014 para 92% em 2017 (ANVISA, 2017).

Dentre as capitais com água contaminada é possível citar São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza, Curitiba, Porto Alegre, Campo Grande, Cuiabá, Florianópolis e Palmas. Grandes partes das cidades que detectaram todos os 27 agroquímicos testados estão nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Porém, vale ressaltar que muitas cidades não fizeram os testes, principalmente no Norte e no Nordeste (ANVISA, 2017).

**Figura 8.** Agroquímicos encontrados na rede de abastecimento de água brasileira entre 2014 e 2017.



Fonte: CARTA CAPITAL, 2019.

### 2.3.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O uso de agroquímicos na agricultura é uma das principais causas da contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Estas contaminações ocorrem principalmente pela ação das

águas da chuva e de irrigação que provocam lixiviação, drenagem e escoamento dos praguicidas presentes nas plantações e no solo, que irão atingir correntes de água ou reservatórios. As contaminações destas águas podem resultar em efeitos tóxicos para a fauna e flora aquáticas e, também, para a saúde humana devido à utilização para consumo e práticas de lazer (CEREJEIRA *et al.*, 2003).

É importante ressaltar que, em alguns casos, menos de 0,1% da quantidade de agroquímicos (“pesticidas”) aplicados alcançam o alvo, enquanto o restante (99,9%) tem potencial para se mover para outros compartimentos ambientais (SABIK *et al.*, 2004). Soares & Porto em 2007, já citava que a contaminação de coleções de água superficiais e subterrâneas tem um potencial extremamente poluente, pois se, por exemplo, o local onde for aplicado o agroquímico for próximo a um manancial hídrico que abastece uma cidade a qualidade dessa água captada também poderá estar comprometida.

O que se observa em muitos casos são as aspersões sem controle de dosagens, manuseios indevidos dos recipientes, sendo frequentes as descargas de restos de produtos e lavagens de galões utilizados nas águas naturais. Filizola e colaboradores (2002) em seu trabalho verificaram a ocorrência ocasional de resíduos de agroquímicos além do permitido pela legislação nas águas superficiais na região do Guairá - SP, sendo como consequência da lavagem de tanques de aplicação e de embalagens de agroquímicos.

Estudos realizados por Conte *et al.*, (2017) mostraram a contaminação da bacia experimental do Rio Pardo, região de Botucatu, SP, por cipermetrina. Embora em baixa concentração, essa contaminação indica que produtos à base de piretróides são de uso comum nesta região, sendo, possivelmente, utilizado em doses maiores e com aplicações mais frequentes que o necessário, uma vez que mesmo apresentando baixa persistência no meio ambiente, chegam ao rio. Cabrera *et al.* (2008) verificaram que dos 27 pesticidas utilizados na região Sul do estado do RS, pelo menos 19 apresentaram risco de contaminação para águas de superfície e subterrâneas.

Sequinatto *et al.* (2006) constataram que a qualidade da água de fluxo de superfície e de consumo humano oriunda de uma pequena bacia hidrográfica rural de cabeceira e produtora de fumo localizada no distrito de Nova Boêmia, Agudo, RS, estava contaminada com resíduos de agroquímicos. Dos sete princípios ativos analisados, cinco deles (imidaclopride, atrazina, clomazone, clorpirifós e iprodione) foram encontrados tanto nas águas do arroio como nas fontes utilizadas para o consumo humano. Nas coletas feitas logo após o transplante do fumo, o clorpirifós foi detectado na água em todos os nove pontos de coleta e mostrou ser

persistente ao longo do tempo.

Bortoluzzi *et al.* (2007) detectaram a presença do clorpirifós até quatro meses após aplicação do produto, ao realizar monitoramentos da qualidade de água em microbacias de Agudo, Arvorezinha e Cristal, cidades do RS, nos anos 2001/2002.

Os resultados apresentados no estudo realizado por Veiga *et al.* (2005) mostraram que 70% dos pontos de coleta selecionados numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil apresentaram contaminação detectável, o que validou a hipótese de que os agroquímicos quando aplicados na agricultura podem contaminar os sistemas hídricos superficiais e subterrâneos.

Dores (2004), em seu trabalho de doutorado, relata que agroquímicos vêm sendo determinados, mesmo que em baixas concentrações, em amostras de água subterrânea de diferentes países tais como Grã-Bretanha, Alemanha, Estados Unidos, Grécia, Bulgária, Espanha, Portugal e Brasil. Estas determinações visam esclarecer problemas pontuais de contaminação e/ou têm objetivos mais abrangentes, nos quais os resultados encontrados são interpretados sob o enfoque de programas de monitoramento de água subterrânea.

Foram relatadas contaminação por pesticidas organofosforados (OPPS) em algumas águas chinesas. Para descrever o estado de contaminação e da distribuição espacial dos OPPS na água de superfície em toda a China, as amostras foram coletadas em mais de 600 sítios localizados nas águas de superfície em sete bacias e três rios principais durante 2003 e 2004 (GAO *et al.*, 2009). Em 2006, Bouwman *et al.*, constataram a presença simultânea de resíduos de piretróides e DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) na água de rios e leite materno humano em uma área endêmica de malária na África do Sul.

A contaminação do ambiente aquático, principalmente das águas superficiais, tem sido documentada no mundo e constitui uma das maiores preocupações que têm surgido no que diz respeito à escala local, regional, nacional e global (KONSTANTINOU *et al.*, 2006). O conhecimento brasileiro sobre os impactos na qualidade da água subterrânea encontra-se ainda em estágio inicial quando comparado com países como Estados Unidos, Canadá ou Alemanha. A identificação de áreas potencialmente contaminadas ainda é incipiente em nosso país, isto decorrente de uma histórica falta de políticas públicas para a gestão de águas subterrâneas acoplada ao desconhecimento da população e do governo sobre a importância dos aquíferos para o abastecimento público (RIBEIRO *et al.*, 2007), consumo e práticas de lazer (CEREJEIRA *et al.*, 2003).

A contaminação de coleções de água superficiais e subterrâneas tem um potencial

extremamente poluente, pois se, por exemplo, o local onde for aplicado o agroquímico for próximo a um manancial hídrico que abasteça uma cidade, a qualidade dessa água captada também poderá estar comprometida (SOARES & PORTO, 2007).

Relyea (2009) demonstrou como combinações de inseticidas e herbicidas na água afetam negativamente a vida aquática. Pesquisa do Instituto Nacional de Pesquisa Agrônômica (*Institut National de la Recherche Agronomique – INRA*) demonstrou como a combinação de diferentes tipos de resíduos em alimentos teve como efeitos mais danos ao DNA humano do que o efeito de cada ingrediente ativo em separado (MOLLIER, 2016).

Em diversos trabalhos também é possível observar os limites máximos permitidos na água em vários países (Tabela 3). Enquanto na União Europeia o limite é de 0,0001 mg/L para qualquer tipo de ingrediente ativo, limites em outros países variam conforme o ingrediente. O limite para o 2,4-D no Brasil, por exemplo, é inferior ao existente nos Estados Unidos e equivalente ao do Japão. Além disso, enquanto na União Europeia existe um limite para a quantidade total de agroquímicos presentes na água, o mesmo não ocorre no Brasil e nos demais países listados. A estipulação de limites máximos por ingrediente ativo (e não para o total de agroquímicos), tanto em alimentos como na água, facilita a formação de coquetéis de agroquímicos, com efeitos que apenas recentemente estão sendo investigados.

**Tabela 3.** Limites máximos de contaminantes permitidos na água (mg / L).

Ingrediente ativo	OMS	Brasil	China	Estados Unidos	Japão	União Europeia
2,4-D	0,03	0,03	0,03	0,07	0,03	0,0001
Clorpirifos	0,03	-	0,03	-	0,03	0,0001
Deltametrina	-	-	0,02	-	-	0,0001
Malationa	-	-	0,25	-	-	0,0001
Glifosato	-	0,50	0,70	0,70	-	0,0001
<b>Total de agroquímicos</b>	-	-	-	-	-	<b>0,0005</b>

Fonte: LI & JENNINGS (2017).

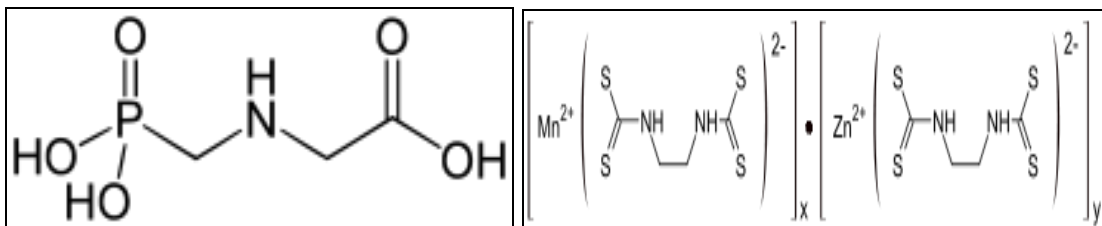
### 2.3.3 LEGISLAÇÃO

A preocupação da comunidade internacional com os limites de desenvolvimento do planeta data da década de 1960, quando começaram as discussões sobre os riscos de degradação no meio ambiente. No Brasil, o poder público tem acompanhado de perto as diversas ocorrências ambientais provenientes das atividades humanas, com o propósito a estabelecer diretrizes e impor sanções aos infratores. Os danos ao meio ambiente relacionados ao uso de agroquímicos tornaram-se alvos primários desse processo de acompanhamento, em virtude da complexa interação entre ambos, evidenciando muitas vezes, o despreparo daqueles que deveriam controlar de forma segura e criteriosa o uso e aplicação desses produtos (VEIGA, 2005). Na Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 encontra-se regulamentado 64 substâncias químicas que representam riscos à saúde humana, dentre as quais 27 são agroquímicos, o que de acordo com a Associação Brasileira de Saúde Coletiva - ABRASCO, este número representa menos de 10% dos princípios ativos oficialmente registrados no País (ABRASCO, 2012).

Os agroquímicos só são utilizados no país se forem registrados em órgão federal competente, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura. Sendo assim no Brasil estes produtos são controlados por três órgãos governamentais: Ministério da Saúde (MS) por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Ministério do Meio Ambiente, através do Instituto Brasileiro do meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IMA, 2009; IBAMA, 2020).

Conforme dados da AGROFIT, em 2018, dentro da classificação no Brasil o estado do São Paulo situa-se como o primeiro estado brasileiro que mais consome agroquímico. Esses compostos químicos são largamente utilizados nos setores agropecuários e em mono cultivo de grandes extensões. Ainda no estado, mesmo com o diagnóstico da evolução da área de produção agrícola juntamente com o consumo de agroquímicos e dos casos de intoxicações, no mesmo momento, revelou um pequeno aumento na área de plantio e um aumento em torno de três vezes no percentual de consumo de agroquímicos (AGROFIT, 2018). Para o Ministério da Saúde, Alagoas se encontra na 18ª posição em relação a quantidade agroquímicos e afins mais utilizados até o ano 2014. No Brasil o agroquímico mais usado é o glifosato com cerca de 489.000 toneladas, enquanto o 10º colocado foi o mancozebe com cerca de 14.700 toneladas. Na Figura 09 estão as estruturas químicas desses agroquímicos.

**Figura 9.** Fórmula estrutural do Glifosato e Mancozebe respectivamente.



Fonte: Autor, 2022

Cabe ao Ministério da Saúde (MS) controlar os diferentes resíduos, assim como a normatização para o Limite Máximo de Resíduo (LMR) em produtos advindos de animais ou vegetais no Brasil, já a ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária é responsável por coordenar as ações na área toxicológica, com o objetivo de controlar, regulamentar e fiscalizar todos os produtos e serviços que envolvam algum tipo de risco a saúde (MAPA, 2019). Cabe ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) monitorar e coordenar a presença de resíduos de agroquímicos, contaminantes ambientais e medicamentos veterinários em produtos de origem animal e vegetal, para isso, utilizam do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC). O plano tem como objetivo direcionar inspeção e fiscalizar os alimentos, baseado em análise de risco, que visa constatar o comparecimento de resíduos de substâncias químicas potencialmente prejudiciais à saúde do consumidor (MAPA, 2019).

A atual legislação brasileira de potabilidade de água, Portaria MS nº 888/2021, regulamenta 54 substâncias químicas que representam riscos à saúde humana, dentre as quais 22 são agroquímicos (HELLER *et al.*, 2005). Já a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece níveis de qualidade para águas ambientais, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar o uso das águas doce, salgada e salobra (BRASIL, 2005).

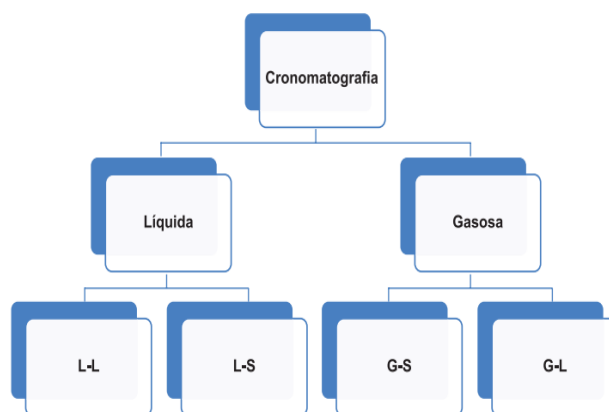
No entanto, o CONAMA (2005), ou a normativa nº 888 do Ministério da Saúde (2021), não restringem a qualidade da água em função de um total de agroquímico. Elas estabelecem limites individuais para alguns princípios ativos, como para o piretróide permetrina cujo valor máximo permitido (VMP) em águas doces é de 20  $\mu\text{g L}^{-1}$ . No entanto, esta legislação não contempla outros piretróides em uso atualmente.

### 3. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA A DETECÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM AMOSTRAS

#### 3.1. CROMATOGRAFIA

A cromatografia é, antes de tudo, um método físico-químico de análise largamente empregado tanto na separação de compostos químicos como na identificação (análise qualitativa) e quantificação (análise quantitativa) das espécies separadas. Na Figura 10 se observa a classificação da cromatografia a partir da líquida e da gasosa.

**Figura 10.** Divisão da cromatografia.



**L-L= líquido-líquido, L-S= líquido-sólido, G-S= gás-sólido, G-L= gás-líquido**

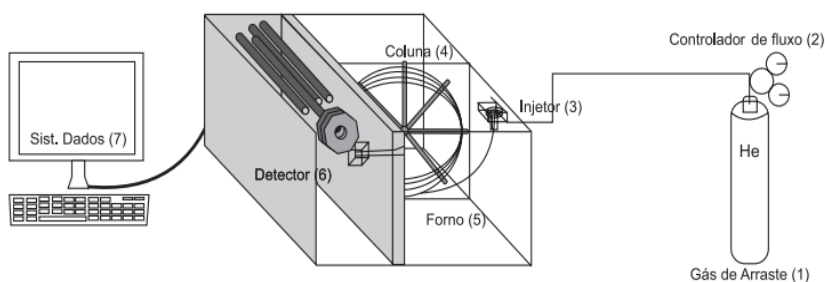
Fonte: LIMA *et al*, 2018.

##### 3.1.1. CROMATOGRAFIA GASOSA

A avaliação da qualidade de águas para consumo humano relativa à presença de agroquímicos e outros compostos orgânicos pode ser feita empregando técnicas cromatográficas, especialmente a cromatografia gasosa. Por esta técnica as substâncias são separadas, identificadas e quantificadas, sendo necessária, entretanto, etapa prévia de extração e concentração (CHO *et al*, 2003). A separação baseia-se na diferente distribuição de substâncias da amostra entre uma fase estacionária (sólida ou líquida) e uma fase móvel, em que um gás quimicamente inerte, chamado gás de arraste, tem a função de eluir da coluna (fase estacionária) os componentes constituintes da mistura. Os compostos introduzidos na coluna que não têm muita interação com a fase estacionária são primeiramente eluidos pelo

gás de arraste até o detector, sendo eluidos, em seguida, os que têm mais afinidade com a fase estacionária. Os componentes de um cromatógrafo gasoso estão apresentados na Figura 11. (BARTLE, 2002; COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006)

**Figura 11.** Partes componentes da instrumentação de um cromatógrafo gasoso.



Fonte: LIMA et al, 2018.

O objetivo principal do gás de arraste é transportar a amostra através da fase estacionária sem alterar sua estrutura e conduzi-la ao detector com o mínimo de interferência possível. Devido a estes requisitos, o gás de arraste deve ser de alta pureza, inerte e deve ser adequado ao tipo de detector. Os principais gases de arraste são He, N<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. De acordo com o tipo de detector utilizado, alguns interferentes podem surgir por escolha inadequada do gás (Tabela 4).

**Tabela 4.** Especificação do gás de arraste para o tipo de detector e a interferência na qualidade da análise em caso de gases não apropriados.

	<b>Detector</b>	<b>Interferência em caso de gás não apropriado</b>
	Detector de ionização em chamas (FID)	Hidrocarbonetos causam ruído de fundo e reduzem a sensibilidade do detector.
	Detector de condutividade térmica (TCD)	Umidade e oxigênio oxidam os filamentos, podendo ocorrer picos negativo e a redução da sensibilidade
	Detector de captura de elétrons (DCE)	Umidade e oxigênio reduzem na resposta do detector e a vida da coluna
	Detector de espectrometria de massas (DEM)	Imprecisões analíticas podem resultar de qualquer tipo de impureza que coincida com os picos quantificados

Fonte: White Martins, 2014.

Os detectores são escolhidos de acordo com o analito que será analisado. Para muitos casos é requerido um detector seletivo que responda a uma determinada classe de compostos com propriedades físicas e químicas comuns, entre os quais temos o detector de ionização em chama (DIC ou FID - flame ionization detector) e o detector de captura de elétrons (DCE ou ECD - *electron capture detector*). Outras vezes, podemos usar um detector universal, como o detector de condutividade térmica (DCT ou TCD - *termal conductivity detector*) ou o detector por espectrometria de massa (DEM ou MS - *mass spectrometer*). Escolher um detector seletivo é uma opção para análises industriais específicas, entretanto, para análises em pesquisa, um detector universal é mais útil devido à possibilidade de analisar uma diversidade maior de compostos (CHIRADIA et al, 2008).

### **3.1.2 CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)**

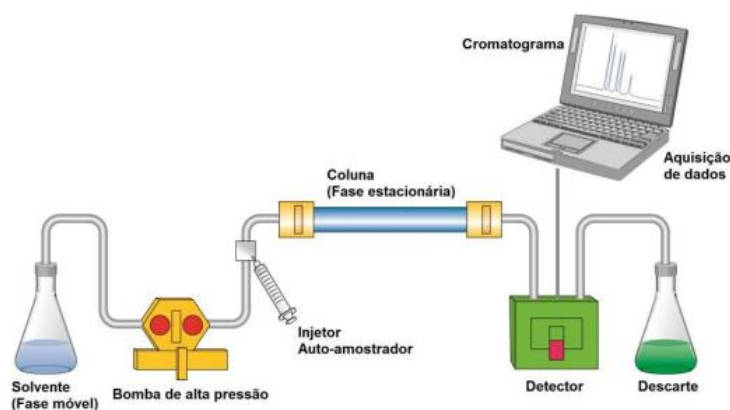
A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), também conhecida como HPLC, é uma técnica responsável por grandes avanços na área cromatográfica. A CLAE utiliza suporte com partículas diminutas responsáveis pela alta eficiência, sendo um método adequado para separação de espécies iônicas e macromoléculas (DEGANI et al., 1998). É uma técnica de separação que, em menos de trinta anos, passou a ser um dos métodos analíticos mais utilizados para fins qualitativos e quantitativos. As razões para este crescimento estão relacionadas à sua adaptabilidade para determinações quantitativas com boa sensibilidade, a possibilidade de separar espécies não voláteis e termicamente instáveis, com destaque para a indústria farmacêutica, bem como as suas aplicações em determinações ambientais e em muitos outros campos da ciência, como o da medicina.

Devido à utilização de colunas com grande capacidade de separação, a realização da CLAE requer a utilização de equipamentos específicos, com o uso de bombas e colunas que suportam altas pressões necessárias para eluição da fase móvel. Assim a realização da CLAE necessita da utilização de um cromatógrafo composto de bomba, coluna cromatográfica, detector e registrador (DEGANI et al., 1998; PERES et al., 2002). Na CLAE a fase móvel deve ser um solvente que dissolva a amostra sem que qualquer interação química ocorra entre ambas. A fase estacionária deve ser compatível com o detector, possuindo polaridade adequada para permitir a separação adequada dos componentes da amostra. Já a coluna cromatográfica deve ser confeccionada de material inerte e que resista a altas pressões. Por

fim, os detectores devem apresentar ampla faixa de aplicação, sendo que os mais utilizados são os espectrais (PERES et al., 2002). Recentemente a evolução das colunas e da fase estacionária permitiu o uso de partículas muito pequenas desenvolvendo assim a cromatografia líquida de ultra eficiência (U-CLAE). A U-CLAE é um método cromatográfico com 7 análises mais rápidas, consumo menor de solventes e com eficiência muito mais elevada que a CLAE. No entanto, apesar de todas as vantagens da U-CLAE, o custo do equipamento e a manutenção requerida devido a utilização de condições extremas de pressão requer ainda maior desenvolvimento da técnica (MALDANER & JARDIM, 2009).

A cromatografia gasosa pode ser utilizada para dosar compostos em alimentos (GILBERT-LÓPEZ et al. 2012; XU et al., 2012), no monitoramento de componentes tóxicos do meio ambiente (MARRIOTT et al., 2003) ou mesmo na indústria petroquímica (MÜHLEN et al., 2006). Na área farmacêutica a cromatografia também tem vasto campo de utilização. Pode ser empregada para dosar princípios ativos de drogas em medicamentos (ANVISA, 2006), isolar componentes medicinais de plantas (LÜ et al., 2012), auxiliar em estudos de farmacocinética (AMORIM et al., 2008; GIORGI et al., 2009), validar técnicas de identificação de agentes (AMORIM et al., 2008), entre inúmeros outros usos.

**Figura 12.** Imagem esquemática dos componentes de um CLAE.



Fonte: PLOÊNCIO, 2016.

### 3.1.3 APLICAÇÃO DE CROMATOGRAFIA GASOSA NA DETERMINAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM ALIMENTOS.

Para garantir a segurança da população quanto ao consumo de alimentos, agências governamentais no mundo todo realizam um controle da presença dos contaminantes nos alimentos para que não gerem danos à saúde dos consumidores estabelecendo, para tanto, os limites máximos de resíduos ("*maximum residue levels*") – LMR (FRENICH, 2004). Para garantir que os LMR sejam respeitados, as metodologias analíticas utilizadas para a determinação de substâncias tóxicas em alimentos devem ser capazes de quantificar resíduos dessas substâncias em concentrações muito baixas, assim como identificá-los de maneira inequívoca (LEBOTAY, 2002).

Neste sentido, mostra-se vantajoso o emprego da cromatografia com detecção por espectrometria de massas acoplada a espectrometria de massas, uma vez que por EM-EM é possível obter uma grande quantidade de informação estrutural acerca do analito, o que assegura sua identificação com maior exatidão do que quando ela é feita apenas com base nas características de retenção dos compostos analisados, como ocorre nas outras técnicas de detecção cromatográficas. Além disso, quando existem compostos que não podem ser totalmente separados pela técnica cromatográfica empregada, usando EM-EM é possível detectá-los individualmente se possuírem diferentes massas molares ou gerarem diferentes espectros de massas (ARREBOLA, 2003).

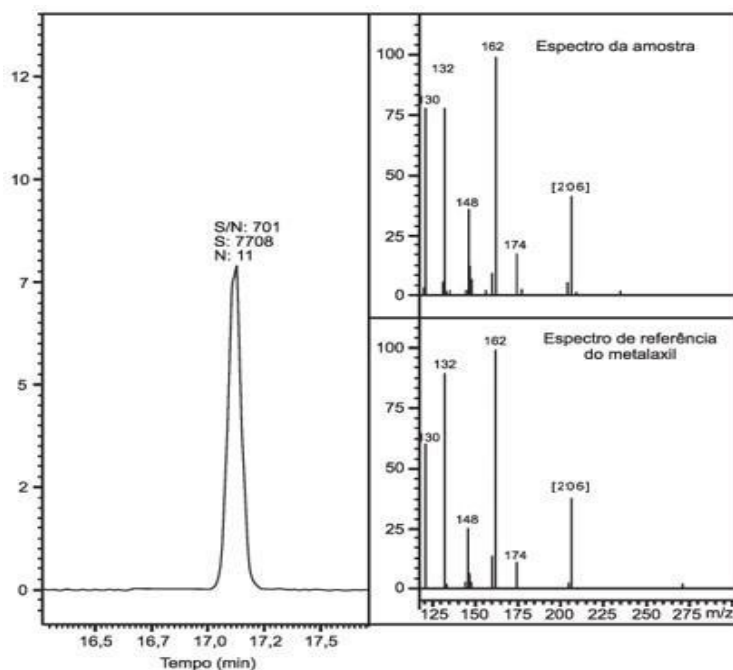
Graças a essa elevada seletividade, os efeitos da interferência de componentes da matriz sobre o sinal obtido são minimizados de forma que procedimentos mais simples de preparo das amostras podem ser empregados, eliminando, muitas vezes, a necessidade de realizar várias etapas de limpeza da amostra ("clean-up"). Isto diminui o custo e o tempo necessários para a realização das análises, de forma que possam ser aplicadas como procedimentos de rotina em laboratórios de controle da qualidade de alimentos (MORENO, 2019).

Arrebola *et al* (2003) desenvolveram um método para determinação de resíduos de agroquímicos de 81 classes diferentes em vegetais frescos com grande conteúdo de água, como pepino, utilizando Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massa (CG-EM). Foram obtidos limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) entre 0,02 e 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  e entre 0,06 e 13  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente, para os 81 agroquímicos. Uma curva analítica foi construída para determinação da linearidade utilizando extratos da matriz livres de

contaminação e fortificados com soluções padrão dos agrotóxicos, sendo que o primeiro ponto da curva foi determinado a uma concentração entre o LQ e o menor LMR encontrado para os agroquímicos estudados. A regressão linear foi feita utilizando-se a razão entre a área ou a altura do pico analito/padrão interno versus a concentração. Na validação do método desenvolvido os autores obtiveram boa linearidade nos intervalos de concentrações estudado e boas precisão e exatidão.

Na Figura 13 é possível observar o cromatograma obtido a partir de uma amostra real de pimenta contendo 0,05 mg kg<sup>-1</sup> de metalaxil, o espectro de massas da amostra e o espectro de referência do metalaxil. Procedimento semelhante foi aplicado por este mesmo grupo de pesquisadores (ARREBOLA, 2003) na análise de 71 agroquímicos de diversas classes de alimentos, com a diferença de que dois modos de ionização, dependendo do analito, foram empregados em CG-EM e foram obtidos resultados semelhantes quanto ao desempenho do método.

**Figura 13.** Imagem do cromatograma da amostra real de pimenta



Fonte: ARREBOLA, 2003

### **3.1.4 APLICAÇÃO DE CROMATOGRAFIA NA DETERMINAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM ÁGUA.**

Em trabalho conduzido com o objetivo de avaliar e monitorar a presença de agroquímicos em amostras de águas superficiais e coletadas em área agrícola para avaliar o impacto do uso de herbicidas e inseticidas sobre os recursos hídricos, verificou-se que dos agroquímicos estudados se encontram os produtos oxadiazon, quinclorac e carbofuran, detectados em concentrações acima do limite máximo permitido pela legislação da comunidade europeia, que estabelece 0,1 µg L<sup>-1</sup> para todos os agroquímicos, individualmente, em águas para consumo humano (MATTOS *et al.*, 2004).

A questão da contaminação das águas e os resíduos desses agroquímicos nos alimentos é outra preocupação dos consumidores. Os metabólitos produzidos a partir da degradação dos agroquímicos também podem representar um perigo à saúde das pessoas, já que muitos desses metabólitos são, muitas vezes, mais tóxicos que os produtos originais (KITSON, 1996; ARDREY, 2003).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. GERAL**

Avaliar os níveis de agroquímicos em amostras de águas de oito poços usados para consumo humano da cidade de Maceió (AL).

### **4.2 ESPECÍFICOS**

- Analisar as amostras de águas de poços pelas técnicas de cromatografia líquida e gasosa para determinação de agroquímicos;
- Comparar os valores de concentração de agroquímicos nas amostras analisadas com os estabelecidos pela portaria em vigor (Portaria N° 888-MS – 2021);
- Elaborar um Relatório Técnico de avaliação da qualidade da água;
- Gerar Informações a respeito dos resultados obtidos durante toda investigação e divulgar aos órgãos reguladores, além de elaborar estratégias metodológicas para a avaliação de risco quanto à inserção de níveis de agroquímicos estabelecidos nas normas ambientais.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E SOLUÇÕES

Além dos equipamentos e vidrarias básicas de laboratório, foram usados os seguintes equipamentos específicos para esta investigação.

- **Cromatógrafo de gás- Modelo: 5972 Agilent:**

Equipamento utilizado para determinação de agroquímicos em geral, utilizando gases de arraste para interação (amostras x colunas);

- **Coluna Usada para SVOC: 30m x 0.250mm x 1.0 µm:**

Denominada de consumível quando se refere ao cromatógrafo, utilizada para selecionar Compostos Orgânicos Semi Voláteis (SVOC);

- **Sistema de espectrômetro de massa-Modelo: 7820 Agilent:**

Utilizado para níveis baixos de sensibilidade, ou seja, garantir a detecção (quantificação) de valores muito baixo de agroquímicos;

- **Headspace (Ensaio de Compostos Orgânicos Voláteis) - Modelo: 7697 Agilent:**

Sistema de preparação de amostras;

- **Cromatógrafo líquido de alta eficiências- Modelo: 1260 Agilent:**

Equipamento utilizado para determinação de agroquímicos em geral, utilizando como eluente uma solução;

- **Coluna C18:**

Assim como descrito para anterior, utilizada para realizar a separação entre a matriz desejada, o eluente e demais compostos.

- **Soluções padrões Estoques e de uso para cromatografia:**

Padrões de glifosato, aldicarbe, eluentes, entre outras.

### 5.2. ÁREA DE ESTUDO

Os locais definidos para este estudo, foram distribuídos em cinco bairros da cidade de Maceió sendo eles: Benedito Bentes, Cidade Universitária, Village Campestre, Cruz das Almas e Pontal da Barra. Maceió estende-se numa área entre os paralelos 09°21'31" e

09°42'49" de latitude sul e os meridianos 35°33'56" e 35°38'36" de longitude oeste, ocupando de aproximadamente 511 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 1,76% do território alagoano. (IBGE, 2020).

### 5.3. DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA

No presente trabalho foram selecionados, através de uma pesquisa de campo, 08 (oito) pontos de amostragem distribuídos em bairros das partes alta e baixa da cidade de Maceió, sendo desses cinco poços de abastecimento com distribuição supervisionada pela Vigilância Sanitária Ambiental – VSA, do município de Maceió - Alagoas, e três pontos selecionados em uma região onde se utiliza abastecimento alternativo de água para consumo humano (poços). O período de coleta ocorreu entre janeiro de 2019 a novembro de 2020, com coletas mensais em cada um dos pontos escolhidos. As coletas foram realizadas com o apoio da Vigilância Municipal Ambiental do município de Maceió-AL (VSA).

Na Tabela 5 abaixo, segue os dados referentes aos poços analisados.

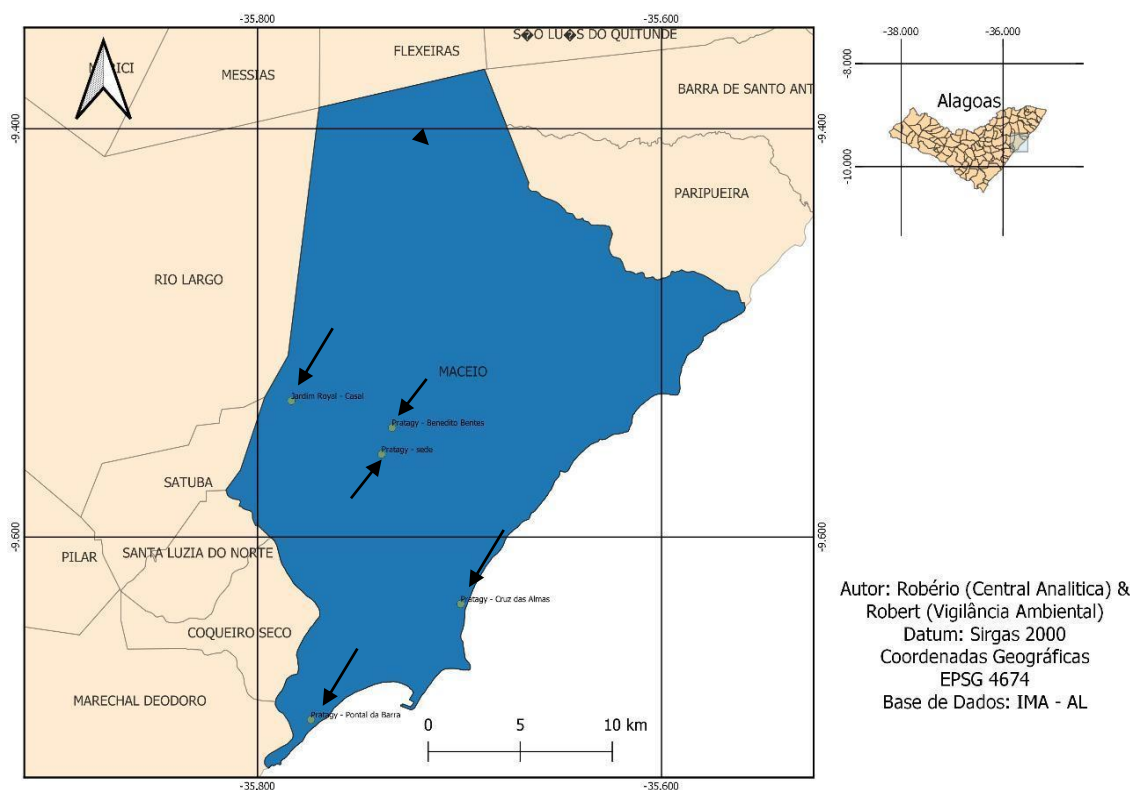
**Tabela 5.** Identificação dos Poços Analisados.

Código	Localização	Profundidade (m)	Vazão (m <sup>3</sup> / h)
	ISM		
A	Vilage Campestre	88,0	22,08
	TS		
B	Cidade Universitária	84,0	30,05
	MF		
C	Cidade Universitária	80,0	22,15
	Jardim Royal		
D	Cidade Universitária	85,0	32,11
E	Benedito Bentes	89,0	35,00
F	Benedito Bentes	94,5	39,02
G	Cruz das Almas	90,7	38,11
H	Pontal da Barra	88,1	33,77

Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 14 estão mostrados os cinco pontos de coleta monitorados pela Vigilância Sanitária do município de Maceió.

**Figura 14.** Distribuição dos cinco pontos de coleta da vigilância sanitária no município de Maceió–AL.



Fonte: Autor, 2020.

### 5.3.1. AMOSTRAGEM

Para acondicionamento das amostras foram utilizados frascos de vidro âmbar de 1000 mL. Os frascos foram ambientados em triplicatas, preenchidos com as amostras, vedados com saco plástico, identificados com os respectivos pontos de coleta e, posteriormente, armazenados em caixas térmicas contendo gelo. Em seguida foram transportadas até o laboratório para realização das análises, conforme descrito pelo Standard Methods (2017).

As análises foram realizadas por um laboratório terceirizado que possui como atribuição de qualidade a Norma ISO 17025, ferramenta esta que proporciona total confiabilidade no requisito analítico, vez que usa ferramentas estatísticas de alta precisão metrológica recomendada pelo Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO, e pelas Redes Metrológicas

Estaduais. Os agroquímicos analisados cujos nomes a seguir são os citados na Portaria pertinente (Portaria Nº 888, MS) foram Alaclor, Aldrin + Dieldrin Atrazina, Carbendazim + Bernomil, Carbofuran, Clordano, Gama Clopirifós + Cloripifós-oxon, Diuron, Endosulfan alfa beta e sais, Endrin Lindano (Gama-HCN), Mancozebe, Metamidofós, Metolacoloro, Molinato, Parationa Metilíca, Pendimetalina, Permetrina, Profenofós, Simazina, Teboconazol Terbufós, Trifluralina, Aldicarb+Ald.Sulfona+Ald.Sulfóxido , DDT + DDD + DDE , Glifosato + AMPA.

### **5.3.2 TÉCNICAS UTILIZADAS PELO LABORATÓRIO (BIOÉTICA AMBIENTAL) RESPONSÁVEL PELOS ENSAIOS ANALÍTICOS NAS AMOSTRAS DE ÁGUAS**

#### **5.3.2.1 Metodologia resumida para Compostos Orgânicos Semi Voláteis - SVOC.**

A metodologia utilizada para determinação desses compostos foi totalmente de acordo com as recomendações da EPA (*Environmental Protection Agency*) e se baseia na extração líquido-líquido de um litro de amostra com solvente orgânico. No balão de extração ocorre a separação das fases e em seguida o extraído é levado a um recipiente de amostras com fluxo de nitrogênio para secagem e concentração desse material. Após esta etapa a amostra é injetada no GC/MS para determinação dos compostos agroquímicos usando rampas de temperaturas definidas para a determinação dos compostos SVOC (Semi-Voláteis ou pesticidas).

Após a finalização da corrida analítica e verificação dos cromatogramas de cada amostra, foi feita a comprovação ou não da detecção dos compostos. A confirmação da presença dos compostos é através de sua massa e tempo de retenção.

#### **5.3.2.2 Metodologia resumida para Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – CLAE**

A metodologia utilizada é também baseada na EPA (*Environmental Protection Agency*) para determinação dos compostos agroquímicos. O método se baseia na extração Líquido-Líquido de um litro de amostra com solvente orgânico onde ocorre a separação das fases no balão de extração. A fração extraída é levada a um recipiente de amostras com fluxo de

nitrogênio para secagem e concentração desse material. Também pode ocorrer a extração em cartucho SPE onde será filtrado um litro de amostra no cartucho. Após a filtração é adicionado solvente orgânico para a extração dos compostos e posterior concentração.

A amostra concentrada é injetada por amostrador automático de acordo com o método selecionado. Após a conclusão da corrida é verificado nos cromatogramas de cada amostra a detecção dos compostos investigados de acordo com a área e o tempo de retenção de cada composto a ser analisado. Como ilustrações a seguir na Figura 15 são apresentadas as fotos dos equipamentos utilizados.

**Figura 15.** Equipamento utilizado para os ensaios realizados nas amostras de água de poço.



Fonte: Laboratório de Análise Bioética Ambiental, 2021.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi realizado investigando 27 (vinte e sete) agroquímicos do total de 40 (quarenta) exigidos atualmente pelo Ministério da Saúde. Evidenciou-se que à maioria dos princípios ativos investigados estão enquadrados nas classes de riscos de contaminantes potenciais (CP), apesar da constatação da presença de **glifosato** no ponto de coleta denominado “A” durante três meses consecutivos do período estudado.

É necessário registrar que nem todos os tratamentos destinados à potabilidade de água eliminam os agroquímicos citados na Portaria. O tratamento de água convencional (decantação, filtração, cloração, etc.), por exemplo, não é concebido com o intuito de remover agroquímicos, mas sim adequar a água aos padrões físicos, químicos e microbiológicos para o consumo humano. Ou seja, estas etapas dos tratamentos convencionais não eliminam o risco de contaminação, já que a captação da água pode ocorrer em antigas regiões cultivadas com uso de agroquímicos, como as definidas nesse estudo. Nessas áreas de atividade agrícola, como a de cultivo de cana-de-açúcar, a preocupação é a contaminação dos recursos hídricos com resíduos de agroquímicos. No entanto, o fato de se tratar de áreas amplas, de grande quantidade e diversidade de agroquímicos autorizados e ainda do reduzido número de laboratórios de análise credenciados e de recursos humanos capacitados, o monitoramento da qualidade das águas pode não atender eficientemente às demandas de um país com dimensões continentais como o Brasil. (GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013).

Embora os valores médios apontados na Tabela 6 sejam inferiores aos encontrados em estudos realizados em outras regiões (GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013), esses dados reforçam a necessidade de investigações constantes e sistemáticas sobre utilização desses agroquímicos em regiões anteriormente agrícolas e hoje habitadas potencialmente. Por outro lado, também indica a necessidade de os órgãos de monitoramento e fiscalização ambientais estarem atentos às possibilidades de contaminação do lençol freático e os riscos de doenças provocadas por esses agroquímicos.

**Tabela 6.** Resultado médio dos 27 agroquímicos determinados nos 08 pontos, quantificados por cromatografia líquida e gasosa acoplada ao espectrômetro de massas, com base no método da EPA.

DETERMINAÇÕES	Pontos Amostrados								VMP (µg/L)
	A	B	C	D	E	F	G	H	
2,4D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	<b>30</b>
Alaclor (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>20</b>
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>0,03</b>
Atrazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>2</b>
Carbendazim (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>12</b>
Clordano Gama (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>0,2</b>
Clopirifós + Cloripifós-oxon (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>30</b>
Diuron (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>90</b>
Endossifan alfa beta e sais (µg/L)	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	<b>20</b>
Endrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>0,6</b>
Lindano (Gama-HCN) (µg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	<b>2</b>
Mancozebe (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>180</b>
Metamidofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>12</b>
Metolacoloro (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>10</b>
Molinato (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>6</b>
ParationaMetilíca (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>9</b>
Pendimetalina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>20</b>
Permetrina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>20</b>
Profenofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>60</b>
Simazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>2</b>
Tebuconazol (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>180</b>
Terbufós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>1,2</b>
Trifluralina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>20</b>
Aldicarb+Ald.Sulfona+Ald.Sulf óxido (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>10</b>
Carbofurano (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>7</b>
DDT+ DDD + DDE (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<b>1</b>
Glifosato + AMPA (µg/L)	<b>0,224</b>	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	<b>500</b>

Fonte: Autor, 2022.

Os resultados mostrados na tabela 6 apresentaram concentrações de agroquímicos abaixo dos limites de quantificação dos métodos utilizados e ainda menores do que os VMP (Valores Máximos Permitidos) estabelecidos nas portarias vigentes. Entretanto, no local denominado ponto “A” as amostras coletadas nos meses de junho, julho e agosto de 2019, apesar de apresentarem concentrações abaixo dos VMP da portaria, estavam com concentrações de **glifosato** acima do limite de quantificação do método analítico. Devemos ressaltar que o glifosato (N- (fosfometil) glicina) é mundialmente o herbicida organofosforado mais usado pós plantio, isto é, aplicado sobre as folhas da planta (DILL et al., 2008). Esses dados estão mostrados na tabela 7.

Em 1970 o herbicida glifosato foi patenteado pela empresa Monsanto e a formulação de nome *Roundup* começou a ser comercializada nos Estados Unidos da América (EUA), tendo a sua patente expirada em 2000. O fato de ser um herbicida de amplo espectro, aliado com o desenvolvimento de técnicas de manipulação genética de plantas, permitiu que o volume de mercado do glifosato a nível mundial em 2014 fosse de 826 mil toneladas e que em 2019 as colheitas resistentes ao glifosato ultrapassassem as 100 espécies (Agroquímicos no Brasil, 2022). No Brasil, o glifosato conhecido como (mata-mato) é o herbicida mais vendido com venda estimada atualmente de 250 milhões de litros anuais. Desde então o produto e formulado é comercializado por diversas empresas. Dados do Ministério da Agricultura mostram que em 2010 existiam 21 empresas registradas para comercializar 58 produtos à base de glifosato.

A *Environmental Protection Agency* (EPA), em abril de 2019, não apontou riscos para a saúde quando o glifosato é usado de acordo com as instruções, tendo sido considerado praticamente não tóxico, não irritante e não carcinogênico. No entanto indicam que o consumo durante vários anos pode causar problemas de rins ou dificuldades na reprodução para o consumidor, tendo fixado o nível máximo de contaminação em água de consumo humano em 0,7 mg/L (BAI, 2016).

**Tabela 7.** Resultados dos 03 meses consecutivos da quantificação dos 27 agroquímicos determinados em 01 ponto de coleta denominado “A”, em água para consumo humano, por cromatografia líquida ou gasosa acoplada ao espectrômetro de massas.

DETERMINAÇÕES	A01	A02	A03	VMP (µG/L)
2,4D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,500	< 0,500	< 0,500	30
Alaclor (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,03
Atrazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2
Carbendazim (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12
Clordano Gama (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,2
Clopirifós + Cloripifós-oxon (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	30
Diuron (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	90
Endossfan alfa beta e sais (µg/L)	< 0,100	< 0,100	< 0,100	20
Endrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,6
Lindano (Gama-HCN) (µg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2
Mancozebe (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	180
Metamidofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12
Metolacoloro (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	10
Molinato (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	6
ParationaMetilíca (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	9
Pendimetalina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Permetrina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Profenofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	60
Simazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2
Teboconazol (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	180
Terbufós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,2
Trifluralina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Aldicarb+Ald.Sulfona+Ald.Sulfóxido (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	10
Carbofurano (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	7
DDT + DDD + DDE (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1
Glifosato + AMPA (µg/L)	2,08	1,77	1,31	500

Pontos de Amostragem: A01 = mês de Junho/2019 – A01 = mês de julho/2019 e A03 = mês agosto de 2019

VPM = Valor Máximo Permitido – Portaria MS / GS 2.914 de 2019

Limite de Quantificação (LQ) para o Glifosato = 0,10

Fonte: Autor, 2022.

Van Bruggen et al (2018) na revisão de literatura que publicaram acerca dos efeitos ambientais e na saúde provocados pelo herbicida glifosato, se referem aos problemas associados com o uso em larga escala que são mais abrangentes do que o previsto pela EPA. Recomendam pesquisas sobre associações entre exposição a glifosato e distorções em comunidades microbianas, expansão da resistência a antibióticos e surgimento de 5 doenças animais, humanas e de plantas, para poder elaborar um plano de resposta envolvendo uma revisão dos limites de tolerância de glifosato na água e em alimentos, assim como o desenvolvimento de estratégias para combater o agravamento dos problemas associados ao seu uso.

O limite de glifosato no Brasil, sendo o ingrediente ativo mais utilizado no país, para a cultura do milho é inferior ao dos Estados Unidos e China e 5 mil vezes maior que a da União Européia. No caso do feijão, o Instituto Humanitas Unisinos (IHU) demonstra o mapa do perfil de uso de agroquímicos no Brasil, permite uma quantidade 400 vezes superior ao que é permitido na Europa. Diferentemente, o limite de 2,4-D, o segundo mais utilizado no país, é quatro vezes superior ao aceito na União Europeia, Estados Unidos e Japão. Tal variação é observada também em limites máximos permitidos na água. Enquanto na União Européia o limite é de 0,0001 mg/ L para qualquer tipo de ingrediente ativo, limites em outros países variam conforme o ingrediente. O limite para o 2,4-D no Brasil, por exemplo, é inferior ao existente nos Estados Unidos e equivalente ao do Japão, assim como mostrado para o milho, na água para consumo esse valor para o Glifosato, por exemplo, passa a ser também de 5 mil vezes maior no Brasil em relação a União Européia. Além disso, enquanto na União Europeia existe um limite para a quantidade total de agroquímicos presentes na água, o mesmo não ocorre no Brasil e nos demais países listados. A estipulação de limites máximos por ingrediente ativo (e não para o total de agroquímicos), tanto em alimentos como na água, facilita a formação de coquetéis de agroquímicos, com efeitos que apenas recentemente estão sendo investigados (Agrotóxicos no Brasil, 2022).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações obtidas nesta pesquisa sobre os possíveis impactos do uso de agroquímicos nas águas de abastecimento urbano enfatizam a necessidade de implantação de programas de monitoramento ambiental, priorizando os agroquímicos potencialmente causadores de contaminação na água, notadamente na região onde se desenvolveu este estudo. Além disso, a respectiva investigação é de grande importância na adoção de medidas preventivas voltadas à proteção da saúde pública, principalmente para a população que está em contato direto com os agroquímicos, bem como dos que fazem uso dos recursos hídricos da área.

Embora outros países também se utilizem amplamente de agroquímicos, a tendência na maior parte dos países desenvolvidos é de estabilização, ou diminuição do uso. Assim, apesar das taxas de utilização no Brasil não serem extremamente altas, elas provavelmente chegarão a tal patamar caso a tendência de crescimento se mantenha.

Diante dessas informações, a identificação e avaliação de riscos à saúde e ao ambiente se tornam importantes ferramentas para contribuir com o controle e prevenção da exposição da população aos agroquímicos. O treinamento de agentes públicos pode capacitá-los a identificar situações de captura material ou cognitiva, e trabalhar para preveni-las. A adequação de laboratórios capazes de identificar e quantificar agroquímicos em solos e água é também uma urgente necessidade que pode advir dos setores públicos ou privados. Assim, é necessária a expansão de atividades de repressão e prevenção ao uso irresponsável de agroquímicos, bem como um conjunto de medidas que previna o uso indiscriminado dos mesmos, principalmente em antigas regiões agrícolas e que atualmente são densamente povoadas, tomamos como exemplo o bairro do Benedito Bentes, situado na região do estudo, que foi construído em 1986, dando início assim a um complexo habitacional (BAIRROS DE MACEIÓ, 2022).

O desenvolvimento desta pesquisa promoveu condições de elaboração de um “produto” de utilidade pública, sendo um **Relatório Técnico de Monitoramento Ambiental** destinado à presença de agroquímicos, mais diretamente relacionados aos herbicidas em águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, na maioria dos casos obtidos pela perfuração dos poços artesianos com o objetivo de abastecer a população com ÁGUA.

## 8. REFERÊNCIAS

ABRASCO (Associação Brasileira de Saúde Coletiva). **Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Dossiê ABRASCO. Parte 1 – Agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde. Rio de Janeiro: Abrasco; 2012.

AGROFIT (**Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários**). Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/defesa-agropecuaria-agrotoxicos/agrotoxicosregistrados-no-agrofit>: Acessado em 20 junho 2022.

AMORIM, R.; GALHARDO, A.; VALADÃO, C. A. A.; PECCININI, R. G. **Determinação de cetamina em plasma por HPLC: aplicação em um estudo de farmacocinética de associação medicamentosa em cães**. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, Araraquara, v. 29, n. 1, p. 69-75, 2008.

ARDREY, R. E.; **Liquid Chromatography-Mass Spectrometry: An Introduction**. Wiley: Huddersfield, 2003.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Resíduos de agrotóxicos em alimentos**. Rev Saúde Pública, 40 (2):361-363, 2006.

ANVISA. Nota técnica 02/2017- **posicionamento da ANVISA referente à recomendação 028/2016 aprovada em reunião plenária do conselho nacional de segurança alimentar e nutricional** – consea. p. 1-6, jan. 2017.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Agrotóxicos: **Agência discute o controle de resíduos no Senado**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/index.htm>. Acesso em: 13 de agosto de 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas como ABNT NBR ISO/IEC 17025 - **Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração**. 2017

ARREBOLA, F. J.; VIDAL, J. L. M.; GONZÁLES- RODRIGUEZ, M. J.; FRENICH, A. G.; MORITO, N. S.; J. Chromatogr., A 2003.

BADEJO, A. A, OMOLE, D. O; NDAMBUKI, J. M. **wastewater management using Vetiveria zizanioides planted in vertical flow constructed wetland**. Appl. WaterSci, v8, n. 110, p1- 6, 2018.

BAI,S.H; OGBOUNE,S.M. **Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via foodcontamination**. Environ Sci Pollut Res Int. 2016;

BAIROS DE MACEIÓ. **Benedito Bentes tornou-se um bairro, mas parece uma cidade**. Disponível em: <http://www.bairrosdemaceio.net/bairros/benedito-bentes>. Acesso em: 14 de janeiro de 2022.

BARTLE, K. D.; MYERS, P. **History of gas chromatography**. Trends Anal. Chem., v. 21, p. 547-557, 2002.

BIOÉTICA AMBIENTAL, Araxá – MG, 2021. Disponível em:<http://www.bioeticaambiental.com.br>. Acesso em: 14 de janeiro de 2022.

BRALBANTE, E. F. B; ZAPPE, J. A. **A Química dos Agrotóxicos**. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA, 11 Vol. 34, N° 1, p. 10-15, 2012.

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. 2. ed. ref. São Paulo: Moderna, 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.974, de 06 de junho de 2000**. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem,

o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a exportação, o destino dos resíduos, o controle, a inspeção e a fiscalização e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DOFC 07/06/2000, pag. 000001, col.1. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19974.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19974.htm). Acessado em: 21/06/2022

**BRASIL. Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002.** Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a exportação, o destino final dos resíduos, o controle, a inspeção e a fiscalização e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DOFC 08/01/2002, pág. 000001, col. 2. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm). Acessado em: 21. junho, 2022.

**BRASIL. (2005) Resolução CONAMA nº 357,** de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: . Acesso em: 01 set. 2021. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acessado em: 21. Junho, 2022

**BRASIL;** Portaria nº 888, Ministério da Saúde: Brasília, 2021.

**BRASIL.** Secretaria de Estado da Saúde de Alagoas Superintendência de Vigilância a Saúde Diretoria de vigilância Epidemiológica. **Vigilância em Saúde Ambiental Intoxicação por Agrotóxicos em Alagoas.** BRASIL, 2013.

**BOMBARDI, L.M. Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia.** São Paulo, SP: FFLCH/USP, 2017.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; MARONEZE, A. M.; KURZ, M. H. S.; BACAR, N. M.; ZANELLA, R. **Investigation of the occurrence of pesticide residues in rural well sand surface water following application to tobacco.** *Química Nova*, 30 (8): 1872-1876, 2007

BOUWMAN, H.; SEREDA, B.; MEINHARDT, H.M. **Simultaneous presence of DDT and pyrethroid residues in human breast milk from a malaria endemic area in South Africa.** *Environmental Pollution*, 144:902 –917, 2006

CABRERA, L., COSTA, F. P., PRIMEL, E. G. **Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS.** *Química Nova*, 31 (8): 1982- 1986, 2008.

CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRASO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.** Vol. 1. São Paulo: Expressão Popular. 2015.

CARTA CAPITAL (2019). Agrotóxicos são detectados na água de 25% das cidades do Brasil. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sociedade/agrotoxicos-sao-detectados-na-agua-de-25-das-cidades-do-brasil/>. Acessado em: 21. Junho, 2022.

CEREJEIRA, M. J.; VIANA, P.; BATISTA, S.; PEREIRA, T.; SILVA, E.; VALÉRIO, M. J.; SILVA, A.; FERREIRA, M.; SILVA-FERNANDES, A. M.; Pesticides in Portuguese surface and groundwaters. *WaterResearch*, **37**: 1055-1063, 2003.

CESTEH, 2019. Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana. **Brasil o maior consumidor de agrotóxico do mundo?**. Disponível em: <http://www.cesteh.ensp.fiocruz.br/noticias/brasil-e-o-maior-consumidor-de-agrotoxicos-do-mundo>. Acessado em: 24. Junho d, 2022.

CHIARADIA et al. **O estado da arte da cromatografia associada á espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos.** *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 3, 623-636, 2008.

CHIARELLO, M. **Determinação de resíduos de pesticidas em alimentos por Cromatografia a Líquido acoplada a analisadores de Espectrometria de Massas.** Tese (Doutora em Biotecnologia) Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/158614397-Universidade-de-caxias-do-sul.html>. Acessado em: 21.junho,2022

CHO, D.H.; KONG, S. H.; OH, S. - G.; **Water Res.** 2003, 37, 402.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de cromatografia.** [S.l.]: Unicamp, 2006.

Companhia de Saneamento de Alagoas – Casal: **Capital – Manancial, Maceió**, 2022. Disponível em: <https://www.casal.al.gov.br/capital/>. Acessado em: 18/05/2022.

CONTE, F. A.; CAETANO, A. L. B.; WINDMOLLER, P. W.; DE FREITAS, S.D. S.; RENZ, T. S. (2017). **Uso De Agrotóxicos E Perfil Dos Agricultores Da Região Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul.** *Revista Terceiro Incluído*, 7, 91-98.

DEGANI, A. L.; CASE, Q. L.; VIERA, P. C. **Cromatografia um breve ensaio.** *Química nova na escola*, São Paulo, n. 7, p. 21-25, 1998.

DILL, G.M.; CAIACOB, C.A; PADGETTE, S.R. **Glyphosateresistantcrops: adoption,useand futureconsiderations.** *PestManagSci.* 2008.

DORES, E.F.G.C.; FREIRE, E.M. **Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso, Análise Preliminar.** *Química Nova*, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2004.

EMBRAPA - SISTEMA DE PRODUÇÃO - CULTIVO DA VIDEIRA: Normas gerais sobre o uso de agrotóxicos. Disponível em: [http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/agrotoxicos.html#:~:text=Pela%20Lei%20no%207.802%2C%20o,de%20outros%20ecossistemas%2C%20como%20tamb%C3%A9m](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/agrotoxicos.html#:~:text=Pela%20Lei%20no%207.802%2C%20o,de%20outros%20ecossistemas%2C%20como%20tamb%C3%A9m). Acessado em: 09 maio, 2022.

EPA (Environmental Protection Agency). 2009. Pesticides: Registration Review Thiamethoxam. Disponível em: ([http://www.epa.gov/oppsrrd1/registration\\_review/highlights.htm](http://www.epa.gov/oppsrrd1/registration_review/highlights.htm)). Acesso em 5 de agosto de 2021.

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L., FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. Mapeamento e avaliação da potabilidade subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2008.

FERNANDES NETO, M. L.; SARCINELLI, P. N. **Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira.** *Eng.Sanitária e Ambiental* 2009.

FIOCRUZ BRASÍLIA. **Comissão de Direitos Humanos e Minorias da Câmara dos Deputados apresentados em Brasília.** Disponível em: <https://www.fiocruzbrasil.fiocruz.br/contaminacao-da-agua-potavel-por-agrotoxico-no-brasil-e-tema-de-audiencia-publica-na-camara-dos-deputados/>. Acessado em 09 maio, 2022.

FRENICH, A. G.; VIDAL, J. L.; LÓPEZ, T. L.; AGUADO, S. C.; SALVADOR, I. M.; J. *Chromatography*, 1048, 2004.

FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, V.L.; SANS, L.M.A.; GOMES, M.A.F.; FERREIRA, C.J.A. **Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

GALLI, A.; De SOUZA, D. ; GARBELLINI, Gustavo S ; COUTINHO, Cláudia F Breda; MAZO, Luiz H ; AVACA, Luis A. ; MACHADO, Sergio Antonio Spinola. **Utilização de técnicas eletroanalíticas na determinação de pesticidas em alimentos.** Química Nova (Impresso), v. 29, n.v. 29, p. 105/01, 2006

GAMA, A.F.; OLIVEIRA, A.H.B.; CAVALCANTE, R.M. **Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense.** Química Nova, v. 36, n. 3, p. 462-467, 2013.

GAO, J., LIU, L., LIU, X., ZHOU, H., LU, J., HUANG, S., WANG, Z., The Occurrence and Spatial Distribution of Organophosphorous Pesticides in Chinese Surface Water **.Bulletin of environmental contamination and toxicology**, 82 (2): 223-229, 2009.

GAZETA WEB. **Alagoas está entre os estados que mais consomem agrotóxicos-2022:** Disponível em: <https://www.gazetaweb.com/noticias/geral/alagoas-esta-entre-os-estados-que-mais-consomem-agrotoxicos/>. Acesso em: 04/05/2022

GEBLER, L.; Banco de Informações Ambientais e Toxicológicas dos Agrotóxicos Utilizados até a Safra 2002/2003 na Produção Integrada de Maçãs no Brasil. Embrapa Uva e Vinho: Bento Gonçalves, RS, **Circulação Técnica**, 48, 2004.

GILBERT-LÓPEZ, B.; GARCIA-REYES, J. F.; MOLINA-DIAZ, A. **Determination off ungicide residues in baby food by liquid chromatography-ion trap tandem mass spectrometry.** Food Chemistry, Barking, v. 135, p. 780-786, 2012.

GIESY, J. P.; DOBSON, S.; SOLOMON, K. R. **Ecotoxicological risk assessment for roundup herbicide**. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, New York, v.167, n.1, p.35-120, 2000

GIORGI, M.; SACCOMANI, G.; LEBKOWSKA-WIERUSZEWSKA, B.; KOWALSKI, C. **Pharmacokinetic evaluation of tramadol and its major metabolites after single oral sustained tablet administration in the dog: a pilot study**. The Veterinary Journal, London, v. 180, p. 253-255, 2009.

HELLER, L.; BASTOS, R.K.X.; PINTO, V.G.; PADUA, V.L. *Terceira edição do guias da Organização Mundial da Saúde: que impacto esperar na Portaria nº 518/2004?* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EM GENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande, MS. **Anais...**Rio de Janeiro: ABES, 2005.

IBGE; **Indicadores de desenvolvimento sustentável**, Brasil, 2020, Disponível em:[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1156&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1156&id_pagina=1). Acesso em: 10 de agosto de 2021.

IMA (Instituto Mineiro Agropecuário). **Fiscalização apreende 1 milhão de quilos de agrotóxicos na Syngenta, 2009**. Disponível em: [http://www.ima.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=799&Itemid=276](http://www.ima.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=799&Itemid=276) . Acesso em: 10 de agosto de 2022.

IHU; Instituto Humanitas Unisinos, 2019, **Mapa do Envenenamento por Alimentos no Brasil**, Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/categorias/590579-lancado-na-europa-mapa-do-envenenamento-de-alimentos-por-agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

JARDIM, I. C.S. F.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. N. **Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs**. Química. Nova, 32 (4):996-1012, 2009.

KITSON, F. G.; LARSEN, B. S.; MCEWEN, C. N.; **Gas Chromatography and Mass Spectrometry - A Practical Guide**, Academic: London, 1996.

KONSTANTINOOU, I.K; HELA, D.G; ALBANIS, T.A. **The status of pesticide pollution in surface waters (river and lakes) of Greece. Part I.** Review on occurrence and levels. **Environmental Pollution** **141**: 555-570, 2006.

LEBOTAY, S. J.; HAJŠLOVÁ, J.; TRAC, Trends Anal. Chem. 2002, 21, 686.

LIMA, A.C.A. *et al.* Princípios Básicos. *in*: NASCIMENTO, R.F. *et al* **Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos.** - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2018. p.13-16. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/39260>. Acesso em: 11 ago. 2021.

LI Z; Jennings A. **Worldwide regulations of standard values of pesticides for human health risk control: a review.** International Journal of Environmental Research and Public Health. v.14, n.7, 2017.

LÜ, H. T.; LIU, J.; DENG, R.; SONG, J. Y. **Preparative Isolation and Purification of Indigo and Indirubin from Folium isatidis by High-speed Counter current Chromatography.** *Phytochemical Analysis, Chichester*, (In press), 2012.

MALDANER, L.; JARDIM, I. C. S. F.; **O estado da arte da cromatografia líquida de ultra eficiência.** Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 214-222, 2009.

MAIA, J. M. M.; LIMA, J. L.; ROCHA, T. J. M.; FONSECA, S. A.; MOUSINHO, K. C.; SANTOS, A. F. **Perfil de intoxicação dos agricultores por agrotóxicos em Alagoas.** DIVERSITAS JOURNAL. Santana do Ipanema/AL. vol. 3, n. 2, p.486-504, mai./ago. 2018.

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. **Registros de Agrotóxicos e Informações Técnicas.** Disponível em: . Acesso em: 26 Maio.2021.

MATTOS, M. L. T.; PERALBA, M. C. R.; DIAS, S. L. P. PRATA, F.; CAMARGO, L. **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.

MATTOS, M. L. T. **A cultura do arroz irrigado e o meio ambiente.** In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.) **Arroz irrigado no Sul do Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.861-899.

MARRIOTT, P. J.; HAGLUND, P.; ONG, R. C. Y. **A review of environmental toxicant analysis by using multidimensional gas chromatography and comprehensive GC.** Clinica Chimica Acta, Amsterdam, v. 328, p. 1-19, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos volume 1, tomo 2. Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde Brasília-DF,** 2018. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio\\_nacional\\_vigilancia\\_populacoes\\_expostas\\_agrotoxicos.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_nacional_vigilancia_populacoes_expostas_agrotoxicos.pdf). Acessado em 06 maio, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância em saúde- agrotóxicos.** Acesso em: 24 Jul. 2021.

MOLLIER, P. **Cocktail effects of toxic substances demonstrated in vitro.** Inra,8 Dec.2016.

MORAES, P.V.D; ROSSI, P. **Comportamento Ambiental do Glifosato:** científica agrária. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201712/06131757-comportamento-ambiental-do-glifosato.pdf>, acessado: 12/05/2022.

MORAGAS, W. M.; SCHNEIDER, M.O. **Biocidas: suas propriedades e seu histórico no Brasil.** Caminhos de Geografia,3 (10): 26-40, 2003.

MORENO, G. S. **AGROTOXICS: SOCIOSCIENTIFIC CONTROVERSIES AS A DIDACTIC POSSIBILITY IN TEACHING OF SCIENCES.** Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade. 373-381, 2019.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S.C.; PERES, F.; LIMA, J.S., MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J.J; SARCINELLI, P.N., BATISTA, D.F., EGLER, M., FARIA M.V.C, ARAÚJO, A.J., KUBOTA, A.H.; SOARES, M.O.; ALVES, S.R.; MOURA, C.M.; CURI, R. **Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ.**Cien Saude Colet 2002; 7(2):299-311.

MOTTIER, P.; KHONG, S. P.; GREMAUD, E.; RICHOZ, J.; DELATOUR, T.; GOLDMANN, T.; GUY, P. A.; J. **Chromatography.**, 1067, 85. 2005.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Agrotóxico no Brasil**, 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agrotoxicos.htm#:~:text=Em%202019%2C%20o%20Minist%C3%A9rio%20da,e%20pa%C3%ADses%20da%20Uni%C3%A3o%20Europeia>. Acessado em: 08 maio, 2022.

MÜHLEN, C. V.; ZINI, C. A.; CARAMÃO, E. B.; MARRIOTT, P. J. **Caracterização de amostras petroquímicas e derivados utilizando cromatografia gasosa bidimensional abrangente (GCxGC).** Química Nova, São Paulo, v. 29, 2006.

OLIVEIRA, T.G., FAVARETO, A.P.A., ANTUNES, P.A. **Agrotóxicos: levantamento dos mais utilizados no oeste Paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos.** Fórum Ambiental da Alta Paulista; 9(11):375-390, 2013.

OKOKPUJIE, I. P. et al. **Data on physico Chemical properties of bore hole water and surfac e water treatme dusing reverse osmosis [RO] and ultraviolet [UV] radiation water treatment techniques.**Chemical Data Collections, v 20, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. **Água para consumo humano. Relatório de desenvolvimento humano.** Nova York: ONU, 2006.

PALMA, D.C.A.; LOURENCETTI, C. **Agrotóxicos em água e alimentos: Riscos à saúde humana.** *RevisUniara*, 14(2):7-21, 2011.

PANCOTTO, L. **Presença de transtornos mentais comuns e do uso de agrotóxicos no município de Monte Belo do Sul-RS: em estudo exploratório.** 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Saúde Pública) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PATERSON, M. **Glyphosate Análisis of Risks to Endangered and Threatened Salmon and Steelhead (2007).** Disponível em: <http://www.epa.gov/oppfead1/endanger/effects/glyphosateanalysis.pdf>, acessado: 12/05/2022.

PANG, G-F.; C.A.O., Y-Z.; ZHANG, J-J.; FAN, C-L.; LIU, Y-M.; LI, X-M.; JIA, G-Q.; LI, Z-Y.; SHI, Y-Q.; WU, Y-P.; GUO, T-T.; **Validation study on 660 pesticideresidues in animal tissuesby gel permeation chromatography clean up/gas chromatography–mass spectrometry and chromatography–tandem mass spectrometry.***J. Chromatogr. A*, 1125, 1-30, 2006.

PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M. D. S. (2009). **Design e ergonomia: aspectos tecnológicos.** São Paulo: CulturaAcadêmica, p. 248---249, 2009.

PERES, F., MOREIRA, JC., and DUBOIS, GS. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema.** In: PERES, F., and MOREIRA, JC., orgs. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. p. 21-41.

PERES, F. **Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro.** *Ciência & Saúde coletiva*, v. 14, n. 6, p. 1995-2004, 2009.

PLÔÊNCIO, L. A. de S. **Desenvolvimento e validação de um método para determinação de sacarose em mel por cromatografia líquida de interação hidrofílica acoplada à espectrometria de massas.** Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Química, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171220/tcc2\\_leandro\\_final.pdf](https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171220/tcc2_leandro_final.pdf). Acesso: 12/05/2022.

**RELATÓRIO DE COMERCIALIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS: Vendas de Ingredientes Ativos por UF – IBAMA, 2020:** Disponível em: [http://ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=594&Itemid=54#:~:text=Em%202017%2C%20a%20venda%20dos,188.499%20kg%20de%20ingredientes%20ativos](http://ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=54#:~:text=Em%202017%2C%20a%20venda%20dos,188.499%20kg%20de%20ingredientes%20ativos). Acessado em 12 maio, 2022.

RELYEA, R. A. **A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities.** *Oecologia*, v. 159, n. 2, p. 363-376, 2009

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar.** *Química Nova*, 30 (3): 688-694, 2007

SABIK, H.; JEANNOT, R.; RONDEAU, B.; J. *Chromatogr.*, A 2000, 885, 217. 6. Spadotto, C. A.; Gomes, M. A. F.; Luchini, L. C.; Andréa, M. M.; **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações, Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúna,** 2004

SANTOS, S.M; PAIVA, A; L.R; SILVA, V.F. **Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido.** *Rev. Bras. Agric. Irr.* v. 10, n. 3, p. 651 – 662, 2016.

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SARCINELLI, P. N. **A exposição de crianças e adolescentes a agrotóxicos.** In: Frederico Peres; Josino Costa Moreira. (Org.). *É veneno ou é remédio?* 1ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003, v. 1, p. 43-58.

SCRIBNER, E. A.; BATTAGLIN, W. A.; GILLIOM, R. J.; MEYER, M. T. 2007. **Concentration of glyphosate, its degradation product, aminomethylphosphonic acid and glufosinat in ground and surface water, rainfall, and soil samples collected in the United States, 2001-2006.** Disponível em: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov). Acessado em 12/05/2022.

SEQUINATTO, L.; REICHERT J. M.; REINERT, D. J.; RHEINHEIMER, D. S.; COPETTI, A. C. C. **Contaminação da água por agrotóxicos numa microbacia cultivada com fumo.** XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Solo e Água, Aracaju, PE, 2006.

SILVÉRIO, F.O.; SILVA, J.G.S.; AGUIAR, M.C.S.; CACIQUE, A.P.; PINHO, G.P. **Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura por ll líquida de alta eficiência.** Química Nova, v. 35, n. 10, p. 2052-2056, 2012.

SINITOX - **Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas.** 2012. Disponível em: <http://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//agrotoxico%20agricola%20Tabela%204.pdf>. Acesso em: 23 de ago, 2021.

Sistema de Informações de Agravos de Notificações (SINAN). BIS - **Boletim Informativo SUVISA Ano 5 , nº 12 – Setembro 2021.** Disponível em: <http://cidadao.saude.al.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/BOLETIM-INFORMATIVO-N%C2%BA12-TENTATIVA-DE-SUICIDIO-POR-ENVENENAMENTO-POR-AGROTOXICO.pdf>. Acessado em: 09 maio, 2022.

SOARES, D.F; FARIA, A.M; ROSA, A.H. A. **Análise de rIsco de contaminação de águas subterrâneas por resíduo de agrotóxicos no município de Campo Novo dos Parecis,MT,BRASIL, 2017.**

SOARES, W. L., PORTO, M. F. **Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro.** *Ciência & Saúde Coletiva*, 12 (1): 131-143, 2007.

SOLOMON, K. R.; THOMPSON, D. G. **Ecological risk assessment for aquatic organisms from over-water uses of glyphosate.** *Journal of Toxicology and Environmental Health B*, Philadelphia, v.6, n.3, p.211-246, 2003

SOUZA, J.R et al. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil.** *REDE - Revista Eletrônica do Prodepa*, v.8, n. 1, p. 26-45, 2014.

SPADOTTO, C. A. **Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos.** *Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar*, São Manuel, 2006.

STANDARD METHODS, **for the Examination of Water and Wastwater, 23 RD EDITION**, 2017.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA 600/625/R-96/010B: **Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air: Method TO-15.** 2 ed. Cincinnati, 1999.

VAN BRUGGEN, A.H.C.; HE, M.M.; SHIN, K.; JEONG, K.C; FICKH, M. R.; **Environmental and heal the effects of the herbicide glyphosate.** *Science Total Environmental* .616-617:255-68, 2018.

VIANA, T.N.A.C. **Proposta de Método para avaliar risco de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos com base nos métodos GUS e DRASTIC, Maceió, AL,** 2014.

VEIGA, M.M. **Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental.** *Ciência & Saúde Coletiva*; 12(1):145-152, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/SZjNwV7qbqQmknhbjnMLGZw/abstract/?lang=pt>. Acessado em: 08 maio, 2022.

VILLAR, Pilar Carolina. **As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise.** *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 83-102, jan./mar. 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water-Quality**, Geneva, 2008.

WHITE MARTINS. Praxair. **Gases especiais e Equipamentos.** Disponível em: Acesso em: 10 AGO 2021.

XU, X. M.; YU, S.; LI, R.; FAN, J.; CHEN, S. H.; SHEN, H. T.; HAN, J. L.; HUANG, B. F.; REN, Y. P. **Distribution, and migration study of pesticides between peel and pulp in grape by online gel permeation chromatography gas chromatography/ mass spectrometry.** *Food Chemistry*, Barking, v. 135, p. 161- 169, 2012.

ZAPPE, J. A. **Agrotóxicos no contexto químico e social.** 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

## 9. APÊNDICE

### 9.1. APÊNDICE 1 – RELATÓRIO TÉCNICO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**RELATÓRIO TÉCNICO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**  
MONITORAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS NA ÁGUA DE POÇOS  
DE ABASTECIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ (AL)

José Robério Cavalcante da Silva  
Johnnatan Duarte Freitas  
Celso Silva Caldas

2022

**JOSÉ ROBÉRIO CAVALCANTE DA SILVA  
JOHNNATAN DUARTE FREITAS  
CELSO SILVA CALDAS**

**MONITORAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS NA ÁGUA DE POÇOS  
DE ABASTECIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE MACEIÓ (AL).**

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
2022**



**Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação  
Instituto Federal de Alagoas  
Campus Marechal Deodoro  
Biblioteca Dorival Apratto**

---

S586m

Silva, José Robério Cavalcante da.

Monitoramento e quantificação de agroquímicos na água de poços de abastecimento urbano do município de Maceió (AL) / José Robério Cavalcante da Silva, Johnnatan Duarte Freitas, Celso Silva Caldas. – 2022.

21 f. : il., color.

646 kilobytes (PDF)

Inclui bibliografia e figuras.

Produto Educacional - Relatório Técnico de monitoramento ambiental (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro*, Marechal Deodoro, 2022.

1. Monitoramento ambiental – Relatório técnico. 2. Água de poço – Produtos agroquímicos. 3. Abastecimento urbano - Maceió. I. Título. II. Freitas, Johnnatan Duarte. III. Caldas, Celso Silva.

CDD: 363.7394

---

**Maria Jôse Nascimento Leite Machado  
Bibliotecária – CRB 4/2125**

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO .....	3
2. INTRODUÇÃO.....	4
2.1. AGROQUÍMICOS.....	4
2.2. ÁGUA.....	6
3. O RELATÓRIO TÉCNICO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL .....	8
4. ORIENTAÇÕES.....	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	16
6. REFERÊNCIAS .....	17

## 1. APRESENTAÇÃO

O autor da dissertação, o mestrando José Robério Cavalcante da Silva, é formado em Técnico em Química Industrial pela ETFAL, e em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário CESMAC, com especialização em Qualidade e Segurança dos Alimentos pela UNIT, como profissional, trabalha a mais de 30 anos na gestão em um laboratório de controle de qualidade (Central Analítica), atua ainda como consultor na mesma empresa, no ramo de qualidade das unidades produtoras de açúcar, álcool, seus derivados e energia as chamadas sucroenergéticas do país e do mundo.

Devido à atual função exercida no laboratório da Central analítica, como membro do sistema de qualidade da mesma, e com o atual contexto com relação ao uso de agroquímicos no Brasil, e pela falta de dados existentes, ou poucos dados existentes em amostras de água para consumo humano no município de Maceió – AL, surgiu então o interesse em aprofundar o conhecimento sobre a qualidade de água da região com foco em agroquímicos, já que no laboratório da Central Analítica mais de 90% das amostras de águas destinadas a consumo humano são atestadas no mesmos.

## 2. INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico tem como base de sua estrutura o trabalho de conclusão de curso intitulado "Monitoramento e Quantificação de Agroquímicos na Água de Poços de Abastecimento Urbano do Município de Maceió (AL)" (SILVA, 2022) durante o Curso de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais. O objetivo principal do projeto do mestrado foi avaliar os níveis de agroquímicos em amostras de águas de oito poços usados para consumo humano da cidade de Maceió (AL), por meio de análises comparativas com as especificações vigentes para água de abastecimento humano, dados analíticos dos agroquímicos obtidos nas amostras de poços foram utilizados para elaboração deste produto.

### 2.1. AGROQUÍMICOS

Os agroquímicos, também conhecido popularmente por "Agrotóxicos", "Pesticidas", "Defensivos Agrícolas", entre outros, que será utilizado nesse relatório, define os produtos químicos na agricultura conforme a Lei Federal nº 7.802 de 1989, Regulamentada pelo Decreto nº 4.074/2002.

Como sendo 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, outra definição enquadrada nãos mesmos decretos é que os AGROQUÍMICOS são substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;

Alguns aspectos importantes dos agroquímicos, citados de acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR – 2011):

Os nomes utilizados pelos produtos químicos, conforme a Lei Federal nº 7.802 de 1989. Identificar a classe tóxica do produto, a classificação dos agroquímicos quanto ao uso, à classe dos agroquímicos quanto à periculosidade ambiental, conforme as tabelas abaixo.

**Tabela 01.** Classificação toxicológica dos agroquímicos.

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

Fonte: PEREZ E MOREIRA, 2003.

**Tabela 02.** Classificação do uso dos agroquímicos.

Tipo de Praga	Tipo do agroquímico
Ácaros	Acaricidas
Fungos	Fungicidas
Plantas Daninhas	Herbicidas
Nematóides	Nematicidas
Formigas	Formicidas

Fonte: SENAR, 2011.3.

**Tabela 03.** Classificação dos agroquímicos quanto a periculosidade ambiental.

Classe	Periculosidade
I	Altamente perigoso ao meio ambiente
II	Muito perigoso ao meio ambiente
III	Perigoso ao meio ambiente
IV	Pouco perigoso ao meio ambiente

Fonte: SENAR, 2011.3.

De acordo com (SENAR – 2011), é de suma importância conhecer o uso dos Equipamentos de Proteção Individual, os chamados EPI.

Os EPI são componentes desenvolvidos para função específica de proteção de partes do corpo do trabalhador, quando da execução de uma operação no local de trabalho, visando diminuir o risco de ocorrência de acidente. (SENAR, 2011).

Para o caso específico de agroquímicos, diferentes EPI são de uso obrigatório, de acordo com a exposição do trabalhador nas etapas de transporte, armazenamento, preparo e aplicação da calda. (SENAR, 2011).

Em 2005, o Ministério do Trabalho criou a Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura, a NR nº 31, a qual estabelece os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, em qualquer atividade da agricultura, incluindo as atividades industriais desenvolvidas no ambiente agrário. A NR nº 31 deixa claro os procedimentos e as exigências a serem atendidas com relação ao uso de agrotóxicos na agricultura, tanto por parte do empregador como dos empregados (NR 31, 2005). Enquanto a NR 6 versa sobre uso de EPI no manuseio de agrotóxicos. Em julho de 2017, ocorreram mudanças na NR 6 (Equipamentos de Proteção Individual – EPI) se deram por meio da “Portaria nº 870, que trouxe a inclusão de novos itens de segurança” (NR 6, 2017, p.2).

## 2.2. ÁGUA

Água, sendo um dos bens mais importantes que a natureza oferece para o homem, já que somos dependentes dela para a maioria das atividades diárias, e, principalmente, para a nossa sobrevivência. Um dos recursos naturais mais importantes no planeta, a água, até bem pouco tempo era considerada como um bem infinito. Ela é considerada fundamental para a manutenção da vida no planeta, sendo indispensável para o animal, planta, e conforto humano. Portanto, reportar sobre ela em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (RIBEIRO et al., 2007; OKOKPUJIE et al., 2019).

Os poços de abastecimentos de água destinada ao consumo humano assumem um papel de suma importância, não só com que se diz respeito diretamente a saúde do ser humano, mas também a toda cadeia hidrológica e ambiental.

Com isso, ela exerce papel na saúde, economia e qualidade de vida, permitindo ao homem seu uso em necessidades pessoais diárias, a exemplo da alimentação e higiene pessoal (SOUZA *et al.*, 2014). Diante da natureza e fontes disponíveis de água (superficial ou subterrânea), a mesma está frequentemente exposta à predominância de impurezas, de tal forma que pode torná-la imprópria para consumo humano (BADEJO; OMOLE; NDAMBUKI, 2018).

Figura: 01 – Água



Fonte: Unieducar, 2021

Figura: 02 – Poço



Fonte: BRASILEP, 2022

O referido relatório técnico foi produzido a partir de resultados obtidos por meio da avaliação comparação com as normas vigentes referente aos itens agroquímicos e qualidade de água. Tendo objetivo difundir ao público em geral, aos órgãos gestores da qualidade de água, bem como as empresas de abastecimento alternativos de água destinada ao consumo humano, sobre a atual situação da qualidade da mesma.

### 3. O RELATÓRIO TÉCNICO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

O referido Relatório Técnico apresenta dados que possibilitam conhecer e avaliar a qualidade de parte das águas de abastecimento da cidade de Maceió, tanto pelos gestores de recursos hídricos, bem como, toda a cadeia de interesse em geral (população), e servirá como um instrumento, uma ferramenta de orientação nas tomadas de decisões no que se diz respeito a gestão dos recursos hídricos da região de interesse.

A região escolhida para o referido estudo, também uma das mais populosas da cidade atualmente, integra uma das áreas com maior déficit de água da região, devido ao crescimento desordenado da população em antigas áreas produtivas, de diversas culturas, predominando na mesma a cana de açúcar.

Com esse acentuado crescimento na região e o déficit de água existente, é responsável pela inclusão dos diversos fornecedores de água para abastecimento alternativo, ou seja, os poços artesianos.

A necessidade de ações que possam promover o conhecimento da qualidade das águas de abastecimento da cidade de Maceió, aqui representadas pelos poços escolhidos, é de suma importância levando em consideração ao problema da escassez de água de boa qualidade.

No estudo foram contemplados 08 (oito) poços que percorrem as regiões denominadas parte alta e baixa da cidade de Maceió, sendo 05 (cinco) deles orientados pela Vigilância Sanitária Ambiental – VISA, do município de Maceió e 03 (três) de sistema de abastecimento alternativo, localizados na região alta da cidade.

A escolha dos poços se deu devido ao principal interesse da VISA, em conhecer a qualidade da água com referência aos níveis de agroquímicos, bem como, em função a viabilidade, a fácil acessibilidade e segurança, promovida por este referido órgão.

Os poços de abastecimento de água da cidade Maceió, foram identificados por letras, sendo A, B e C os dos sistemas alternativos de abastecimento e os identificados como D, E, F, G e H os de abastecimento da concessionária da cidade de Maceió há época CASAL. (Tabela 4)

**Tabela 4.** Identificação dos Poços Analisados.

Código	Localização	Profundidade (m)	Vazão (m <sup>3</sup> / h)
A	ISM Vilage Campestre	88,0	22,08
B	TS Cidade Universitária	84,0	30,05
C	MF Cidade Universitária	80,0	22,15
D	Jardim Royal Cidade Universitária	85,0	
E	Benedito Bentes	89,0	
F	Benedito Bentes	94,5	
G	Cruz das Almas	90,7	
H	Pontal da Barra	88,1	

Fonte: Autor, 2022.

Segue abaixo, uma breve descrição dos poços:

Os poços identificados como A, B e C, são monitorados frequentemente por uma empresa responsável em administrar a qualidade das águas dos mesmos, com que se diz respeito à parte dos ensaios analíticos (físico-químicos e microbiológicos) solicitados na Portaria Vigente para controle e monitoramento da qualidade de água para consumo humano (Portaria MS - N° 888/2021), onde na referida frequência não constam o monitoramento dos agroquímicos exigidos.

**Figura 3.** Poços A, B e C respectivamente

Fonte: Autor, 2020.

SILVA; FREITAS; CALDAS, 2022

Monitoramento e quantificação de agroquímicos [...]

O agravante deles é que são poços localizados em áreas de antiga plantação de cana de açúcar.

**Figura 4.** Região de parte das amostras x Área de cana de açúcar



Fonte: a) Prefeitura de Maceió, 2016, e b) Google Maps, 2020.

Já os demais poços identificados como D, E, F, G e H, são poços administrados e monitorados analiticamente na época pela concessionária (CASAL).

Para cada poço selecionado foi realizada as análises do teor de 27 princípios ativos referente aos agroquímicos monitorados nas amostras de água, sendo as coletas de todos os pontos realizadas mensalmente durante os meses de janeiro de 2019 a novembro de 2020. Assim, contemplando os períodos chuvosos e de estiagem.

As amostras foram coletadas e preservadas, conforme as técnicas de amostragem e preservação especificadas nas Normas STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater, (APHA, 2017).

As amostras foram encaminhadas para o laboratório da Bioética Ambiental em Araxá-MG, laboratório este escolhido por possuir acreditação na ISO 17025 (INMETRO), onde repassa uma garantia metrológica dos resultados. Os ensaios avaliados foram: Alaclor, Aldrin + Dieldrin Atrazina, Carbendazim + Bemomil, Carbofuran, Clordano, Gama Clopirifós + Cloripifós-oxon, Diuron, Endosulfan alfa beta e sais, Endrin Lindano (Gama-HCN), Mancozebe, Metamidofós, Metolacolor, Molinato, Parationa Metilica, Pendimetalina, Permetrina, Profenofós, Simazina,

Tebuconazol Terbufós, Trifluralina, Aldicarb+Ald.Sulfona+Ald.Sulfóxido , DDT + DDD + DDE , Glifosato + AMPA, exigidos pela Resolução MS – N° 888 / 2021.

As amostras foram analisadas conforme metodologias aplicadas pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), utilizando para as mesmas as técnicas da cromatografia gasosa, líquida, acoplada a espectrometria de massa.

Os resultados obtidos nas amostras de águas dos poços, foram comparados / avaliados conforme os Valores Máximos Permitidos (VMP) exigidos na Portaria Vigente (MS-N°88/2021).

Os resultados encontrados nas amostras de água do poço identificado como A, apresentaram presença do agroquímico GLIFOSATO (AMPA), em 03 meses consecutivos do monitoramento, junho, julho e agosto de 2019. Porém, valores esses muito abaixo do exigido como Valor Máximo Permitido (VMP) na Portaria.

Já nas demais amostras analisadas, nos períodos restantes de monitoramento nenhum outro agroquímico da relação citada foi detectado, conforme apresentado na Tabela 05.

Tabela 05. Resultados dos 03 meses consecutivos da quantificação dos 27 agrotóxicos determinados em 01 ponto de coleta denominado "A", em água para consumo humano, por cromatografia líquida ou gasosa acoplada ao espectrômetro de massas.

Determinações	A01	A02	A03	VMP (µg/L)
2,4D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,500	< 0,500	< 0,500	30
Alaclor (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,03
Atrazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2
Carbendazim (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12
Clordano Gama (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,2
Clopirifós + Clorpirifós-oxon (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	30
Diuron (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	30
Endosulfen alfa beta e sais (µg/L)	< 0,100	< 0,100	< 0,100	20
Endrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,6
Lindano (Gama-HCN) (µg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2
Mancozebe (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	180
Metamidofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12
Metolaclozolo (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	10
Molinato (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	6
ParationaMetilica (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	9
Pendimetalina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Permetrina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Profenofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	60
Simazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2
Tebuconazol (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	180
Terbufós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,2
Trifluralina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Aldicarb+Ald. Sulfona+Ald. Sulfóxido (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	10
Carbofurano (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	7
DDT + DDD + DDE (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1
Glifosato + AMPA (µg/L)	2,08	1,77	1,31	500

Pontos de Amostragem: A01 - mês de Junho/2019 - A02 - mês de julho/2019 e A03 - mês agosto de 2019

VPM - Valor Máximo Permitido - Portaria MS / GS 2.914 de 2019 // Limite de Quantificação (LQ) para o Glifosato - 0,10

Fonte: Autor, 2021.

**Tabela 06** - Resultado médio dos 27 agrotóxicos determinados nos 08 pontos, quantificados por cromatografia líquida e gasosa acoplada ao espectrômetro de massas, com base no método da EPA.

Determinações	Pontos Amostrados								VMP (µg/L)
	A	B	C	D	E	F	G	H	
2,4D + 2,4,5 T (µg/L)	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	30
Alaclor (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Aldrin + Dieldrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,03
Atrazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2
Carbendazim (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12
Clordano Gama (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,2
Clopirifós + Clorpirifós-oxon (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	30
Diuron (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	90
Endosulfan alfa beta e sais (µg/L)	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	20
Endrin (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,6
Lindano (Gama-HCN) (µg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2
Mancozebe (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	180
Metamidofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	12
Metolaclo (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	10
Molinate (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	6
ParationaMetilica (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	9
Pendimetalina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Permetrina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Profenofós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	60
Simazina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	2
Tebuconazol (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	180
Terbufós (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,2
Trifluralina (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	20
Aldicarb+Ald. Sulfona+Ald. Suifóxido (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	10
Carbofurano (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	7
DDT + DDD + DDE (µg/L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1
Glifosato + AMPA (µg/L)	0,224	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	500

Fonte: Autor, 2021.

Considerando todos os resultados obtidos, as amostras de água de abastecimento da cidade de Maceió, seja ela via sistema alternativo de abastecimento ou concessionária, apresentaram resultados favoráveis, porém, e de se alertar referente ao período dos 03 meses onde apresentaram resíduos de agroquímicos, demonstrando que de modo em geral a qualidade das águas brasileiras estão comprometidas.

Os resultados aqui apresentados proporcionam um conhecimento ainda muito básico da caracterização geral das águas de abastecimento da cidade de Maceió, Alagoas.

Destacando-se a importância da divulgação desses resultados para toda a população em geral e principalmente para os órgãos responsáveis pela gestão da qualidade de água para consumo humano e dos recursos hídricos em geral.

#### 4. ORIENTAÇÕES

O público interessado, ou seja, alvo do relatório técnico é toda a comunidade da cidade de Maceió em geral, se estendendo ao estado de Alagoas.

Os órgãos gestores tais como: Vigilância Sanitária Ambiental Municipal e Estadual (ANVISA), Secretaria de Recursos Hídricos, Municipal e Estadual, Empresas em geral de perfurações, limpezas e monitoramentos de poços.

Os resultados obtidos possibilitam conhecer a qualidade das águas dos referidos pontos de abastecimento da Cidade de Maceió - AL, com que se diz respeito aos teores de agroquímicos, uma vez que elas são vistas como aparentemente limpas. Sendo às vezes utilizadas inadequadamente.

Vale destacar, que o uso inadequado dessas águas pode trazer diversos fatores prejudiciais à saúde e ao meio ambiente em geral, causando inclusive doenças a população que por ventura utiliza a mesma.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se baseando no contexto monitoramento da qualidade da água, como foco de estudo, e de acordo com CEREJEIRA et al. (2003), o uso de agroquímicos na agricultura é uma das principais causas da contaminação de águas superficiais e subterrâneas. As contaminações destas águas podem resultar em efeitos tóxicos para a fauna e flora aquáticas e, também, para a saúde humana devido à utilização para consumo e práticas de lazer.

De acordo com DORES (2004), onde ele relata que agroquímicos vêm sendo determinados, mesmo que em baixas concentrações, em amostras de águas de subterrâneas de diferentes países tais como Grã-Bretanha, Alemanha, EUA, e o Brasil. Estas determinações visam esclarecer problemas pontuais de contaminação.

Alterações na qualidade, distribuição e quantidade de água com finalidade não só ao consumo humano, podem ameaçar a sobrevivência das espécies do planeta (TUNDISI, 1999).

Em suma, o estudo da qualidade das águas de abastecimento ao consumo humano da cidade de Maceió, por meio das avaliações dos níveis de agroquímicos apresentados, possibilitou uma avaliação, ou melhor, dizendo um diagnóstico da qualidade das águas em relação aos agroquímicos.

É de conhecimento geral o mau uso, aplicação de agroquímicos, sem a utilização correta de sua formulação, forma de aplicação e segurança, esta ação interfere diretamente nos recursos hídricos, entre eles os poços de abastecimento de água para consumo humano.

De acordo com os resultados apresentados a respeito da qualidade das águas de abastecimento ao consumo humano da cidade de Maceió, se faz necessário uma atenção, ou seja, adoção de ações a serem tomadas que visem garantir a qualidade adequada das águas destas fontes, que são de suma importância para o abastecimento da população da região em geral.

Com uma demanda que cada vez cresce a respeito da procura de água de boa qualidade, o monitoramento sistemático não só dos agroquímicos, mas sim, de toda a especificação em geral exigida pela Norma vigente é uma estratégia fundamental para garantir a qualidade da água de uso para consumo humano.

## 6. REFERÊNCIAS

APHA (2017); **STANDARD METHODS, for the Examination of Water and Wastewater, 23 RD EDITION, 2017.**

BADEJO, A. A, OMOLE, D. O; NDAMBUKI, J. M. **wastewater management using Vetiveria zizanioides planted in vertical flow constructed wetland.** *Appl. WaterSci*, v8, n. 110, p1- 6, 2018.

BRASIL; Portaria nº 888, Ministério da Saúde: Brasília, 2021.

BRASIL. Norma Regulamentadora – NR 6 – **Equipamento de Proteção Individual – EPI.** Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>. Acesso em 31 de agosto de 2022.

BRASIL. **Norma Regulamentadora – NR 6.** Atualização. 2017. Acesso em: <http://www.granadeiro.adv.br/destaque/2017/07/07/portarias-alteram-normasregulamentadoras-6-9-20>. Acesso em 31 de agosto de 2022.

BRASIL. **Norma Reguladora 31.** Ministério do Trabalho. Disponível em: [www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_31.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_31.pdf) . Acesso em 31 de agosto de 2022.

BRASILEP, 2022 - **POÇOS DE ÁGUA MINERAL.** Disponível em: <https://pocos.brazilep.com.br/pocos-de-agua/poco-agua-perfuracao/poco-de-agua-mineral-preco-pitangueiras>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

CEREJEIRA, M. J.; VIANA, P.; BATISTA, S.; PEREIRA, T.; SILVA, E.; VALÉRIO, M. J.; SILVA, A.; FERREIRA, M.; SILVA-FERNANDES, A. M.; **Pesticides in Portuguese surface and groundwaters.** *WaterResearch*, 37: 1055-1063, 2003.

SILVA; FREITAS; CALDAS, 2022

Monitoramento e quantificação de agroquímicos [...]

DORES, E.F.G.C.; FREIRE, E.M. **Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso, Análise Preliminar.** *Química Nova*, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2004.

MAPA, 2017 – **Lei 7802-1989 – Lei dos agrotóxicos.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/arquivos-de-legislacao/lei-7802-1989-lei-dos-agrotoxicos/view>. Acesso em: 31/08/2022.

OKOKPUJIE, I. P. et al. **Data on physico Chemical properties of bore hole water and surfac e water treate dusing reverse osmosis [RO] and ultraviolet [UV] radiation water treatment techniques.** *Chemical Data Collections*, v 20, 2019.

PERES, F., MOREIRA, J.C., and DUBOIS, G.S. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema.** In: PERES, F., and MOREIRA, J.C., orgs. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. p. 21-41.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar.** *Química Nova*, 30 (3): 688-694, 2007

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Agrotóxicos: uso correto e seguro.** Coleção SENAR: 158. Brasília, 2011.

SILVA, J.R.C. **Monitoramento e Quantificação de Agroquímicos na Água de Poços de Abastecimento do Município de Maceió (AL).** Orientador: Johnnatan Duarte Freitas. 2022, 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, IFAL, Marechal Deodoro, 2022.

SOUZA, J.R et al. **A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil.** REDE - Revista Eletrônica do Prodepa, v.8, n. 1, p. 26-45, 2014.

TUNDISI, J.G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios.** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 24 p. 1999.

UNIEDUCAR, 2021 – **A Escassez de Água Potável... De quem é a Responsabilidade?** Disponível em: <https://unieducar.org.br/blog/a-escassez-de-agua-potavel-de-quem-e-a-responsabilidade>. Acesso em: 30 de agosto de 2022.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA 600/625/R-98/010B: **Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air: Method TO-15.** 2 ed. Cincinnati, 1999.