

POLUIÇÃO DA ÁGUA POR AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE CENÁRIO DOS RESERVATÓRIOS HÍDRICOS DO BRASIL**WATER POLLUTION BY PESTICIDES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON THE SCENARIO OF WATER RESERVOIRS IN BRAZIL**Romário Nunes da SILVA¹Sirley da Silva CABRAL²Horasa Maria Lima da Silva ANDRADE³Luciano Pires de ANDRADE⁴

Resumo: O uso intensivo de agrotóxicos na agricultura tem poluído os corpos hídricos brasileiros e isso traz consequências graves, uma vez que estes compostos são potenciais contaminantes. Diante disso, o presente estudo objetivou mapear experiências e analisar os impactos sociais e ambientais decorrentes da contaminação de agrotóxicos em corpos d'água doce no território do Brasil. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática de literatura a partir de artigos científicos de conhecimento teórico-empírico, publicados entre os anos 1990 e 2024. Para orientar a pesquisa estabeleceu a seguinte pergunta: quais agrotóxicos têm contaminado os corpos hídricos do Brasil e quais seus possíveis impactos na saúde humana? Os resultados apontaram que a poluição das águas por agrotóxicos está presente nas amostras avaliadas pelos estudos, e que a maioria apresenta concentrações acima dos valores permitidos pelo Ministério da Saúde. Alguns agrotóxicos identificados têm uso restrito em alguns países pois afetam negativamente a qualidade do meio ambiente e à saúde humana, causando intoxicações, coceiras e morte fetal. Portanto, é primordial a implementação de políticas públicas que busquem um maior controle e disciplinamento do uso dos pesticidas a fim de diminuir os danos e consequente contaminação dos reservatórios de água e aquíferos.

Palavras-chave: Agroquímicos; Bacia hidrográfica; Manancial; Pesticida.

Abstract: The intensive use of pesticides in agriculture has polluted Brazilian water bodies, leading to serious consequences since these compounds are potential contaminants. In response, this study aimed to map experiences and analyze the social and environmental impacts resulting from pesticide contamination in freshwater bodies across Brazil. To achieve this, a systematic literature review was conducted using theoretical-empirical scientific articles published between 1990 and 2024. The research was guided by the following question: Which pesticides have contaminated Brazil's water bodies, and what are their potential impacts on human health? The results indicated that pesticide pollution is present in the water samples evaluated by the studies, with most showing concentrations above the limits permitted by the Ministry of Health. Some identified pesticides are restricted in certain countries due to their negative effects on environmental quality and human health, causing poisoning, itching, and fetal death. Therefore, it is crucial to implement public policies aimed at better controlling and regulating pesticide use to reduce damage and subsequent contamination of water reservoirs and aquifers.

Keywords: Agrochemicals; Watershed; Water source; Pesticide.

¹ Doutorando em Agroecologia e Desenvolvimento pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros, Dois Irmãos, S/N, Recife/PE. romario.nunes@gmail.com

² Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco – UPE, Rua Capitão Pedro Rodrigues, S/N, São José, Garanhuns/PE. cabral.sirley@gmail.com.

³ Professora na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros, Dois Irmãos, S/N, Recife/PE. horasaa@gmail.com.

⁴ Professor na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros, Dois Irmãos, S/N, Recife/PE. luciano.andrade@ufrpe.br.

Introdução

A água é uma substância química que desempenha um papel vital na sobrevivência da humanidade, que, além do consumo humano, é amplamente utilizada no abastecimento doméstico, na agricultura, na indústria, etc (Andrade et al., 2016). Com o aumento exponencial da população mundial, intensificação do aquecimento global e da irrigação na agricultura, se têm demandado maiores cuidados na gestão dos recursos hídricos, uma vez que, se trata de um recurso finito. Nesse sentido, no Brasil, o Governo Federal tem desempenhado o papel de editar normas de aplicação sobre as águas e cabe aos estados fiscalizar (Villar, 2016). Porém, por muitas vezes essa fiscalização é ineficiente e as fontes, sejam subterrâneas ou superficiais, estão cada vez mais esgotadas e/ou poluídas, o que exige maior rigor no controle do uso e no monitoramento de substâncias poluentes.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) que atua em prol do uso sustentável da água e que objetiva assegurar o seu controle qualitativo e quantitativo, tem adotado medidas de gerenciamento a fim de diminuir os impactos ambientais devido ao uso e ocupação do solo (Brasil, 1997). No entanto, à medida que se aumenta as práticas agrícolas com constante uso de agrotóxicos, aumenta também, os impactos ambientais com efeitos diretos e indiretos na recarga e qualidade dos aquíferos (Marsala et al., 2020). Dito isto, chama-se à atenção para periculosidade destes poluentes: “agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para matar insetos, larvas, fungos, carrapatos sob a justificativa de controlar as doenças provocadas por esses vetores e de regular o crescimento da vegetação, tanto no ambiente rural quanto urbano” (Brasil, 2022, p.1). É através desses produtos químicos que ocorre a contaminação do meio ambiente por intermédio de águas superficiais e/ou subterrânea, que ocorre através da fase líquida, dissolvidos em água ou carregados nas partículas do solo (Chiarello et al., 2017; Meschede et al., 2018).

O atual cenário que tem exigido uma atividade de agricultura com alta demanda de alimentos, capaz de atender as necessidades da população mundial, o uso de agrotóxicos se intensificou consideravelmente nas últimas décadas. Apenas no Brasil houve um aumento de 700% nos últimos 40 anos. Além disso, nos últimos anos, o Ministério da Agricultura liberou 474 novos agrotóxicos entre novos compostos e genéricos (Chiarello et al., 2017; Brasil, 2019). O uso incorreto e a aplicação excessiva desses produtos, contaminam corpos d’água como os lençóis freáticos e bacias hidrográficas, o que pode afetar a médio e longo prazo na qualidade da saúde tanto dos animais quanto do ser humano (Loha et al., 2020).

Tendo em vista a iminência dos riscos, o Ministério da Saúde do Brasil recomenda que a água destinada ao consumo humano esteja de acordo com o padrão de potabilidade que não ofereça riscos à saúde (Brasil, 2011). O Valor Máximo Permitido (VMP) para as substâncias químicas é adquirido por avaliação quantitativa de risco. Esse valor é geralmente estabelecido a partir de evidências toxicológicas ou epidemiológicas que examina o nível de efeito adverso não observado, definindo-se então níveis de exposição segura para os seres humanos, porém, quando a água chega ao seu destino de consumo nem sempre está de acordo com o recomendado (Fernandes Neto; Sarcinelli, 2009).

As atividades da agricultura com uso agrotóxico colaboram drasticamente para o não cumprimento do VMP e a poluição não atinge apenas as águas superficiais, mas também as subterrâneas. Para a estimativa do potencial de contaminação por agrotóxicos de águas subterrâneas e superficiais destaca-se o modelo do método de *Screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA e o índice de GUS (*Ground Water Ubiquity Score*) para análise da água subterrânea e o método de GOSS para água superficial (Milhome et al., 2009). Tais parâmetros destacam-se como ferramentas úteis para o monitoramento da poluição dos recursos hídricos e contribuem para a saúde do meio ambiente e da população em geral.

Portanto, diante dos argumentos supracitados, a presente pesquisa objetivou realizar uma revisão sistemática de literatura a fim de identificar experiências envolvendo a poluição dos recursos hídricos do Brasil por agrotóxicos nos últimos anos, bem como analisar seus possíveis impactos causados ao meio ambiente e à saúde humana.

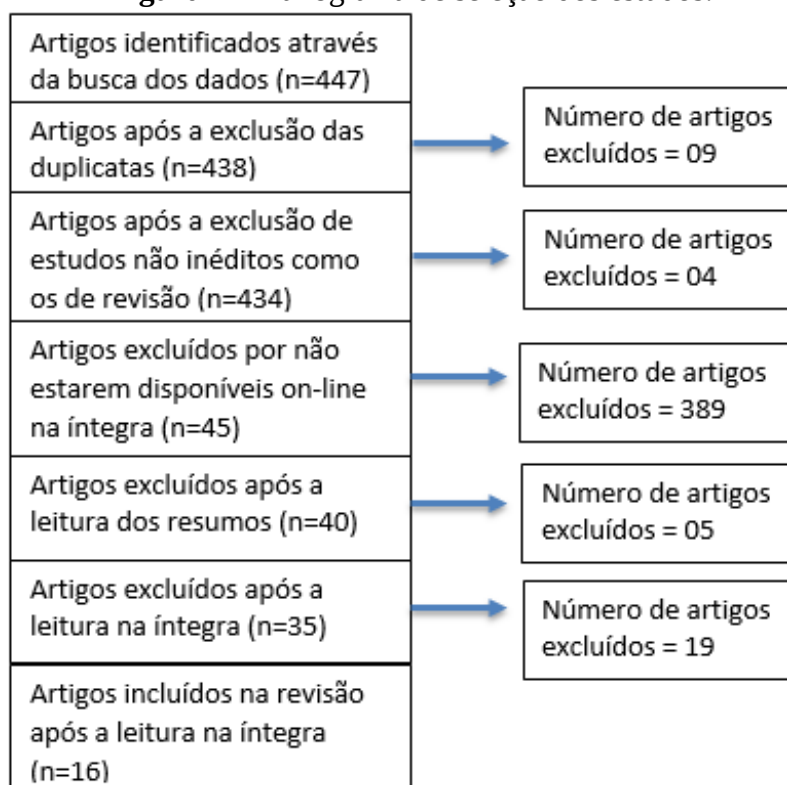
Procedimentos metodológicos

Utilizou-se a revisão sistemática de literatura, método rigoroso e sem viés, que utiliza como fonte de pesquisa, estudos com dados primários em torno de um tema de interesse, seguindo etapas propostas de forma compreensível. O conteúdo selecionado passa por uma análise que colabora com o aprofundamento no estudo em questão (Kitchenham; Charters, 2007). Suas etapas seguiu as recomendações de Costa e Zoltowski (2014): delimitação do tema a ser pesquisado; escolha das bases de dados; definição dos termos indexadores para a busca dos estudos; critérios de inclusão e exclusão; busca, seleção e armazenamento dos dados; avaliação dos artigos e; síntese e interpretação dos resultados.

O processo de busca bibliográfica foi realizado nas bases de dados da SciELO, Scopus e *Web of Science*. Os termos indexadores utilizados para pesquisa foram: “*water contamination*” AND *pesticide*. Tais procedimentos objetivaram responder a seguinte pergunta orientadora: quais agrotóxicos têm contaminado os corpos hídricos do Brasil e quais seus possíveis impactos na saúde humana? Os critérios de inclusão definidos para a triagem dos estudos foram artigos de conhecimento teórico-empírico que tragam em seu bojo a poluição das águas por agrotóxicos, experiências no território brasileiro, publicados nos idiomas português, espanhol e inglês entre os anos 1990 e 2024. Tal recorte temporal se baseou no período pós criação da Lei de Agrotóxicos (7.802/89), até então vigente, que visou a preservação da saúde humana e do meio ambiente (Franco et al., 2016). Já os critérios de exclusão foram: estudos de revisão, documentais, fora do recorte temporal e dos idiomas estabelecidos, experiências internacionais e que não atendam os objetivos da pesquisa.

A busca resultou na identificação inicial de 447 artigos. Após a primeira etapa de seleção, foram eliminados 389 estudos. A partir da leitura dos resumos, foram excluídos mais 05 artigos, os quais não se referiam a impactos causados pela poluição das águas por agrotóxicos. Os 35 artigos remanescentes foram analisados na íntegra, e considerando os critérios de inclusão, foram selecionados 16 artigos para avaliação final (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma de seleção dos estudos.



Fonte: Os autores (2025).

Resultados e discussões

Diversos pesquisadores de todo mundo têm realizado estudos no intuito de identificar a presença de agrotóxicos em águas como nos casos do Rio Alba/Alemanha, por Karlsson et al., (2020), no Vale do Tidone/ Itália, por Marsala et al. (2020) e na Baía de Chesapeake/Estados Unidos, por Thompson et al. (2020). O Brasil, país mais rico em recursos hídricos, que detém cerca de 12% da reserva de água doce do planeta, comumente é campo de diversos estudos quanto esse tipo de análise (Santin et al., 2023). Essas pesquisas são de fundamental importância para que sejam tomadas medidas de monitoramento das poluições para buscar meios de preservação para o equilíbrio ambiental, e assim, melhorar a qualidade de vida da população (Chiarello et al., 2017).

A Tabela abaixo traz um panorama dos estudos selecionados sobre a poluição das águas por agrotóxicos no Brasil. Destacam-se os estudos recorrentes em águas superficiais, naqueles estados contemplados pelo aquífero Guaraní, como o Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Mato Grosso. De acordo com dados da ANA (2020), o Plano de Ação Imediata da Agricultura Irrigada no Brasil para o período 2020-2023 foi de 5,6 milhões de hectares irrigados, onde 32,1 % e 25,8% estão situados nas regiões Sudeste e Sul, respectivamente (GGP, 2020), portanto, é natural ocorrer uma maior concentração de pesquisas nessas regiões.

Tabela 1 - Pesquisas para estimativa da presença de agrotóxicos em amostras de água no Brasil.

Substâncias estudadas/princípios ativos	Tipo de reservatório		Região de interesse	Fonte
	Sub.	Sup.		
Heptacloro, aldrin, DDE, DDD, DDT, heptacloro epóxido, endosulfan, dieldrin, endrin e endosulfato		X	Ribeirão São Bartolomeu – Viçosa/ Minas Gerais (MG)	Chagas et al. (1999)
Imidacloprid, atrazina, simazina e clomazone		X	Agudo/Rio Grande do Sul (RS)	Bortoluzzi et al. (2006)
Clomazone, propanil e quinclorac		X	Santa Maria/Rio Grande do Sul (RS)	Marchesan et al. (2007)
aldicarbe, tiaclopride, imidaclopride, metomil, tiametoxano, acetamiprida, azoxistrobina, triflumuron, teflubenzuron, carbofurano, carbendazina e diuron	X		Primavera do Leste/Mato Grosso (MT)	Carbo et al. (2008)
Metribuzim, diuron, ametrina, atrazina, glifosato, paraquat, hexazinona, trifloxissulfurom-sódico, halossulfurom-metilico, oxifluorfem, 2,4 – D, picloram, msma, imazapir		X	Aracaju/Sergipe (SE)	Britto et al. (2012)
Glifosato	X	X	Arapoti/Paraná (PR)	Tzaskos et al. (2012)
Organoclorados, organofosforados e piretróides, carbamatos e triazóis		X	Manhuaçu/ Minas Gerais (MG)	Soares et al. (2013)

Agrotóxicos não especificados		X	Represa Dr. João Penido no município de Juiz de Fora/ Minas Gerais (MG)	Bucci et al. (2015)
Ametryn, amicarbazona, clomazone, diclosulan, diuron, hexazinona, imazapic, imazapyr, isoxaflutole, s-metolacoloro, sulfentrazone, sulfometuron-metil, tebuthiuron	X	X	Microbacia do Córrego Rico/ São Paulo (SP)	Santos et al. (2015)
Acefato, atrazina, azoxistrobina, buprofezina, carbofurano, ciproconazol, clorpirifós, difenoconazol, diuron, imidaclopride, malation, metamidofós, metolacoloro, metribuzin, monocrotofos, monurofoson, tiametoxam e triazofos	X	X	Morrinhos/Goiás (GO)	Rocha et al. (2015)
Herbicidas, fungicidas, piretróides, inseticidas e carbamatos		X	Sub bacia do Rio Ipojuca/ Pernambuco (PE)	Ferreira et al. (2016)
Atrazina	X		Colombo/Paraná (PR)	Schleder et al. (2017)
2,4-D, Acetamiprido, Ametrina, Amitraz, Azoxistrobina, Benalaxil, Bendiocarbe, Bentazona, Bioaletrina, Boscalide, Bromoxinil, Carbaril, Carbendazim, Carbofurano, Carboxine, Cartap hidrocloreto, Ciproconazol, Clorpirifos, Ciexatin, Cimoxanil, Ciprodinil, Dazomete, Deltametrina, Diazinon, Diclofope, Diclorvos, Difenoconazol, Dimetoate, Dinocap, Ditianon, Diuron, Etil paraquat, Fenamidona, Fenarimol, Fenitrothion, Fenotriona, Fluquinconazole, Forato, Foxim, Hexaconazol, Imazalil, Imidacloprido, Iprovalicarb, Malation, Metalaxil-M, Metamidofos, Metconazole, Metidation, Metomil, Metribuzin, Miclobutanil, Parationa-metífica, Pedimentalina, Pirazofos, Pirimicarbe, Pirimifosmetílico, Procloraz, Propargit, Piridabem, Pirimetanil, Espirodoclofen, Tebuconazol, Tetraconazole, Tiabendazole, Tiofanato-metílico, Triadimefom, Triadimenol, Triclorfom, Triflumizole		X	Bacia Hidrográfica Do Lageado Tacongava/ Rio Grande do Sul (RS)	Chiarello et al. (2017)
Sulfluramida (inseticida) e glifosato (herbicida)		X	Aracruz/Espírito Santo (ES)	Gardiman Júnior et al. (2018).
Trifluralina, atrazina, metribuzin, malation, metolacoloro, clorpirifos, endosulfan alfa, endosulfan beta, endosulfan sulfato, lambda cialotrina, permetrina e cipermetrina.		X	Mato Grosso (MT)	Lima et al. (2020).
Agrotóxicos não especificados		X	Cachoeira do Sul/ Rio Grande do Sul (RS)	Lucas et al. (2020)

Obs.: Sub = Subterrâneo; Sup = Superficial.

Fonte: Os autores (2025).

Os estudos avaliados demonstraram que a alta concentração de agroquímicos que são altamente tóxicos à saúde humana muitas vezes estavam fortemente relacionados à presença de alguma atividade agrícola, principalmente as monoculturas. À medida que as práticas agrícolas aumentam, o potencial de poluição das águas cresce, sejam elas superficiais ou

subterrâneas. Ademais, os índices de agrotóxicos também podem variar de acordo com a cultura, comportamento do princípio ativo no meio ambiente e de como é realizado o manejo (Gardiman Júnior et al., 2018).

Um exemplo do abuso no uso de agrotóxicos foi observado no município de Manhuaçu/MG, região produtora de café, onde Soares et al. (2013) observaram altas concentrações de organoclorados. Esses agrotóxicos são persistentes no meio ambiente, o que causa o seu acúmulo (Guimarães; Asmus; Burdorf, 2013), tendo também, a gordura como fonte de energia. Dentre os seus efeitos prejudiciais à saúde humana, pode-se citar o comprometimento do sistema imunológico, defeitos congênitos e morte fetal (Lai, 2017).

Além dos riscos que os agrotóxicos oferecem ao meio ambiente e à saúde humana, o uso incorreto é um fator agravante. Na bacia hidrográfica do Lageado Tacongava/RS, localizada próxima de áreas de cultivo de soja, por exemplo, observou-se a presença de substâncias como o bendiocarbe, acetamiprido, tiofanato-metílico, triflumizole, azoxistrobina, pedimentalin, piridabem, metribuzin, fenamidona. Destes, o de maior concentração foi o piridabem com 39,6 e 32,7 $\mu\text{g Kg}^{-1}$, sendo que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) indica o uso desse composto para o controle de ácaros nas culturas de citros, maçãs e algumas flores (Chiarello et al., 2017).

Também em áreas próximas de plantações de soja, no município de Arapoti/PR, o glifosato foi identificado com concentração acima dos índices permitidos pelo Ministério da Saúde (Tzaskos et al., 2012). O Glifosato é um dos herbicidas mais utilizados no mundo (Araújo, 2015), enquanto o seu uso é proibido em países como Suécia, Áustria e Arábia Saudita, é liberado em outros como Estados Unidos e Brasil (Pol; Hupffer; Figueiredo, 2021). Esse princípio ativo oferece efeito negativo ao meio ambiente por possuir baixa capacidade de lixiviação devido a sua adsorção rápida (Amarante Júnior 2002), e na saúde humana causa intoxicações que levam a irritação da pele e dos olhos, danos ao fígado e rins, dermatites de contato, entre outros (Pignati et al., 2017).

Já em Colombo/Paraná, Schleider et al. (2017) detectaram o herbicida atrazina. Níveis acima dos recomendados para consumo humano foram observados, que segundo a legislação americana é de 3 $\mu\text{g/L}^{-1}$. Tal herbicida também foi identificado em altas concentrações na microbacia do Tijunheiro, Morrinhos/GO, onde há cultivo intensivo de culturas anuais irrigadas por pivô central (Rocha et al., 2015). O que chama a atenção é que a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) listou a atrazina como um pesticida de uso restrito, devido à sua persistência na água, podendo acarretar vários efeitos adversos à saúde

humana. Mais do que isso, nos estados membros da União Europeia (UE) há uma norma mais rígida quanto a esse pesticida, onde o seu uso proibido desde 2005, uma vez que, concluíram que a sua presença tinha o potencial de contaminar os níveis de águas subterrâneas, prejudicando a saúde humana ou o meio ambiente, mesmo durante o uso apropriado (Cheremisinoff; Rosenfeld, 2010).

No município de Primavera do Leste/MT, em áreas próximas de plantações de algodão no Mato Grosso, o carbofurano foi o mais frequentemente detectado em altas concentrações. O produto carbosulfano se degrada rapidamente em carbofurano no solo e com chuvas intensas logo após a aplicação, o seu transporte é intensificado pelo escoamento e lixiviação (Carbo et al., 2008). O seu uso foi restrito no Brasil pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) em 2017, após estudos indicarem que esse produto pode causar efeitos graves à saúde humana (Brasil, 2022). Portanto, vide a data do estudo, não dá para afirmar que o seu uso ainda é realizado no país.

Em amostras de águas dos rios Ipojuca e Poxim, nos estados de Pernambuco e Sergipe, respectivamente, foi observado a presença de herbicidas diuron e ametryn. Tais rios estão localizados próximos de áreas de cultivo de cana-de-açúcar e a concentração desses agrotóxicos aumentam nos períodos mais chuvosos (Ferreira et al., 2016). Também em áreas com predominância do cultivo de cana-de-açúcar, mais especificamente no município de Jaboticabal/SP, onde se encontra bacia hidrográfica do Córrego Rico, foram identificados os mesmos herbicidas (Santos et al., 2015). Em ambos estudos, nenhum desses pesticidas possui teor máximo estabelecido pela legislação brasileira. Porém, Silburn et al. (2023), alertam que o diuron e ametryn têm altas taxas de aplicação nesse tipo de cultura e alta toxicidade em relação a outros tipos de herbicidas, e não são as melhores escolhas no que concerne à prevenção da saúde humana e do meio ambiente.

Exemplos de poluição de mananciais que são amplamente utilizados para o consumo humano foram divulgados por Chagas et al. (1999), que identificaram resíduos de aldrin, heptacloro hepóxido, endrin e DDT em águas fluviais de Viçosa/Minas Gerais. Lucas et al. (2020) que observaram 18 tipos de princípios ativos de agrotóxicos em águas de rio, água tratada e água coletada em instituição de ensino de Cachoeira do Sul/Rio Grande do Sul. Neste estudo, do total das amostras, 15 tipos de agrotóxicos estavam nas águas destinadas ao consumo humano. O inseticida imidacloprido foi o de maior incidência e concentração, o que é preocupante, pois seu tempo de vida pode chegar a 3 anos e não sofre fotólise, sendo

classificado como um produto muito perigoso para o meio ambiente (Classe II), tendo o seu uso restrito desde 2018 em países da UE e Reino Unido (Agrofit, 2024; Sun et al., 2017).

Mesmo as comunidades mais isoladas também são acometidas pela poluição com substâncias oriundas de outras propriedades. No Mato Grosso, Lima et al. (2020) analisaram as águas das Terras Indígenas Marãiwatsédé e detectaram a presença de permetrina na concentração de 0,19 µg/L. Este valor encontra-se abaixo do recomendado de acordo com a Portaria de potabilidade da água (PRC nº5/ 2017, Anexo XX), que determina o Valor Máximo Permitido (VMP) de 20 µg/L. No entanto, esse valor ultrapassa pela UE, que é de 0,1µg/L. A permetrina também teve o seu uso proibido pela UE nas culturas agrícolas desde o ano 2000 e tem classificação toxicológica III. A toxicidade acontece no sistema nervoso central e periférico, podendo desregular também o sistema endócrino e pode causar problemas de reprodução e desenvolvimento. Os autores receberam denúncias de óbitos em crianças com suspeita de intoxicação provocada por agrotóxicos, demonstrando que mesmo com valores baixos, as populações tradicionais podem ser mais sensíveis à exposição de substâncias tóxicas, que pode ser por seus hábitos ou por fatores genéticos (Lima et al., 2020).

Em rios com plantação de arroz e área com plantio de fumo no Rio Grande do Sul o que predominou foram as altas concentrações dos herbicidas clomazone, propanil e quinclorac (Marchesan et al., 2007; Bortoluzzi et al., 2006). Segundo Bowman et al. (2024), esses agrotóxicos são comumente utilizados no controle do capim-arroz, muito presente em áreas com esses tipos de culturas, o que justifica sua presença. No entanto, Guarda et al. (2020), relatam que essas substâncias têm potencial para contaminação de águas subterrâneas e que mesmo em baixas concentrações, podem causar danos às populações humanas e às espécies selvagens, dadas suas classificações toxicológicas.

Alguns dos territórios estudados apresentaram baixas concentrações de agrotóxicos em suas águas. Nas amostras de águas do município de Aracruz/Espírito Santo, por exemplo, em uma área próxima de plantações de eucalipto, Gardiman Júnior et al. (2018), observaram a presença de glifosato e sulfluramida em concentração abaixo do recomendado pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2011). Resultado parecido foi observado por Bucci et al. (2020), que ao analisaram a represa Drº. João Penido/Minas Gerais, notaram que os índices ficaram abaixo do recomendado e estiveram em conformidade com as Portarias MS/GM 518/2004e 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004; Brasil, 2011). Portanto, nestes estudos, os autores consideram que os impactos negativos à saúde humana são mínimos. Entretanto, Lucas et al. (2020), salientam que os agrotóxicos presentes nas águas para consumo, mesmo

em quantidades pequenas, oferecem riscos à saúde humana, e que sua concentração pode ser aumentada devido ao escoamento, aplicação aérea e a sazonalidade das chuvas. Barragán et al. (2020) ressaltam que a qualidade da água é um direito de toda a população, sendo um componente essencial da saúde pública, porém, muitos compostos tóxicos são utilizados e descartados no meio ambiente de forma incorreta, provocando sérios danos ambientais como a poluição aquática, aumentando também os riscos à saúde humana.

Considerações finais

Os contaminantes estão presentes tanto nas águas superficiais quanto nas subterrâneas e isso pode ser observado nas regiões próximas e até mais distantes de plantios, uma vez que essas substâncias podem ser lixiviadas para outros pontos e até carregadas pela água da chuva dependendo do tipo e manejo dos agrotóxicos. Tais contaminantes são prejudiciais tanto para o meio ambiente como para quem faz uso das águas, uma vez que os insumos além de permanecerem por bastante tempo no meio ambiente também são capazes de acumular nos organismos dos seres vivos, infectando tecidos animais e humano.

A maioria dos estudos detectaram concentrações de agrotóxicos acima dos valores permitidos pelo Ministério da Saúde em amostras de água destinada ao consumo humano. Além disso, identificou-se valores acima dos recomendados para agrotóxicos como atrazina e permetrina, herbicidas com uso restrito na União Europeia. Isso evidencia a necessidade de repensar o modelo de produção agrícola adotado atualmente e então implementar as políticas públicas a fim de diminuir os impactos provocados pelo uso abusivo desses insumos.

No caso do Brasil, existe uma legislação que disciplina o uso desses produtos. Porém, a maleabilidade na liberação e deficiência na fiscalização e/ou punição faz com que o uso indiscriminado continue ocorrendo. A permissão do uso de produtos já banidos em seus países de origem e a facilidade para a compra de produtos proibidos e importados ilegalmente agrava ainda mais os danos decorrentes do uso excessivo desses produtos nas populações e agroecossistemas.

Referências

AGROFIT, **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: agrofit.agricultura.gov.br. Acesso em 05 set 2024.

AMARANTE JUNIOR, O. P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quím. Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; LUNA, N. R. S.; LOPES, F. B.; CRISÓTOMO, L. A. Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 621-630, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663050005>

BARRAGÁN, B. L. G. RIVILLAS, M. A. G.; VILLEGAS, M. S. C.; MEDINA, J. D. O. Presence of pesticides, mercury and trihalomethanes in the water supply systems of Ibagué, Colombia: threats to human health. **Revista Ambiente e Água**, v. 15, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2477>

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B.; ZANELLA, R.; COPETTI, A. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 881-887, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000400015>

BOWMAN, H. D. et al. Tratamentos de recuperação para controle de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) em arroz após simulação de aplicação falha de herbicida. **Weed Technology**, v. 38, p. e4, 2024.

BRASIL. Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso xix do art. 21 da constituição federal, e altera o art. 1º da lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 9 jan. p. 470. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer - INCA. Agrotóxico. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>. Acesso em 08 ago 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 26 mar. p. 266. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 12 dez. p. 266. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. Termina prazo de descontinuação do uso de Carbofurano. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/termina-prazo-de-descontinuacao-do-uso-de-carbofurano#:~:text=Come%C3%A7a%20a%20valer%20nesta%20quinta%20feira%20\(19/4\)%20a,uso%20na%20agricultura%20e%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20em%20diversas](https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/termina-prazo-de-descontinuacao-do-uso-de-carbofurano#:~:text=Come%C3%A7a%20a%20valer%20nesta%20quinta%20feira%20(19/4)%20a,uso%20na%20agricultura%20e%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20em%20diversas). Acesso em: 03 set 2024.

BRITTO, F. B.; VASCO, A. N. D.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; NOGUEIRA, L. C. Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 390-398, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200024>

BUCCI, M. M. H. S.; DELGADO, F. E. D. F.; SANTOS, C. D. S.; OLIVEIRA, L. F. C. D. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 4, p. 804-824, 2015. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1534>

CARBO, L.; SOUZA, V.; DORES, E. F.; RIBEIRO, M. L. Determination of pesticides multiresidues in shallow groundwater in a cotton-growing region of Mato Grosso, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, n. 6, p. 1111-1117, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532008000600009>

CHAGAS, C. M; QUEIROZ, M. E. L. R. D.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, J. H. D.; OLIVEIRA, T. T. D.; NAGEM, T. J. Determinação de resíduos de organoclorados em águas fluviais do município de Viçosa-MG. **Química Nova**, v. 22, n. 4, p. 506-508, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000400007>.

CHEREMISINOFF, N. P.; ROSENFELD, P. **Manual de prevenção da poluição e produção mais limpa**: melhores práticas na indústria agroquímica; Elsevier: Amsterdã, 2010.

CHIARELLO, M.; GRAEFF, R. N.; MINETTO, L.; CEMIN, G.; SCHNEIDER, V. E.; MOURA, S. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLC-HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. **Química Nova**, v. 40, n. 2, p. 158-165, 2017.

COSTA, A. B.; ZOLTOWSKI, A. P. C. **Como escrever um artigo de revisão sistemática**. Porto Alegre: Editora Penso, 2014.

EPA. Agência de Proteção Ambiental. **Contaminantes nacionais da água potável**, 2009. Disponível em: <<https://www.epa.gov/dwregdev/drinking-water-regulations-and-contaminants#List>>. Acesso em: 26 novembro 2020.

FERNANDES NETO, M. L; SACINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: Uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 69-78, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000100008>

FERREIRA, A. S. G.; SILVA, H. C.; RODRIGUES, H. O.; SILVA, M.; ALBUQUERQUE JUNIOR, E. C. D. Occurrence and spatial-temporal distribution of herbicide residues in the Ipojuca River sub-basin, Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental, v. 20, n. 12, p. 1124-1128, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1124-1128>.

FRANCO, C. R.; PELAEZ, V. A (des) construção da agenda política de controle dos agrotóxicos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 215-232, 2016.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. GARCIA, G. D. O.; CECÍLIO, R. A.; LOOS, R. A.; MAFIA, R. G.; ABAD, J. I. M.; BARBOSA, V. H. B. Variáveis-chave para determinação da qualidade da água em microbacias com plantios de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 127-140, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831590>

GUARDA, P. M. et al. Assessment of ecological risk and environmental behavior of pesticides in environmental compartments of the Formoso River in Tocantins, Brazil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 79, n. 4, p. 524-536, 2020.

GUIMARÃES, R. M.; ASMUS, C. I. R. F.; BURDORF, A. Caracterização da exposição de população a organoclorados: uma aplicação da análise de cluster. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 16, n. 2, p. 231-239, jun. 2013.

GPP. Grupo de Políticas Públicas-USP_ESALQ. Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil. **Plano de Ação Imediata da Agricultura Irrigada no Brasil para o período 2020-2023**. Grupo de Políticas Públicas-USP_ESALQ, 2020. Disponível em: <https://www.gppesalq.agr.br/planoacaoagriculturairrigada>. Acesso em: 01 ago 2024.

KARLSSON, A. S.; LESCH, M.; WEIHERMÜLLER, L.; THIELE, B.; DISKO, U.; HOFMANN, D.; SPIELVOGEL, S. Pesticide contamination of the upper Elbe River and an adjacent floodplain area. **Journal of Soils and Sediments**, v. 20, p. 2067–2081, 2020.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical Report EBSE- 01, Keele University, 2007.

LAI, W. Pesticide use and health outcomes: evidence from agricultural water pollution in China. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 86, p. 93-120, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2017.05.006>

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P.; MOHER, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of clinical epidemiology**, v. 62, n. 10, p. 1-34, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>

LIMA, F. A. N. S.; PIGNATI, W. A.; PIGNATTI, M. G. A extensão do ‘agro’ e do tóxico: saúde e ambiente na terra indígena Marãiwatsédé, Mato Grosso. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 28, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1590/1414-462X202000280442>

LOHA, K. M.; LAMOREE, M.; BOER, J. Pesticide residue levels in vegetables and surface Waters at the Central Rift Valley (CRV) of Ethiopia. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 546, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08452-6>

LUCAS, E. O.; BERNARDO, J. T.; MESQUITA, M. O.; SCHMITZ, J. A. K. Contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7128>

MARCHESAN, E.; ZANELLA, R.; AVILA, L. A. D.; CAMARGO, E. R.; MACHADO, S. L. D. O.; MACEDO, V. R. M. Rice herbicide monitoring in two Brazilian rivers during the rice growing season. *Scientia Agricola*, v. 64, n. 2, p.131137, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000200005>

MARSALA, R. Z.; CAPRI, E.; RUSSO, E.; BISAGNI, M.; COLLA, R.; LUCINI, L.; SUCIU, N. A. First evaluation of pesticides occurrence in groundwater of Tidone Valley, an area with intensive viticulture. *Science of The Total Environment*. v. 736, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139730>

MILHOME, M. A. L.; SOUSA, D. D. O. B. D.; LIMA, F. D. A. F.; NASCIMENTO, R. F. D. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 363-372, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522009000300010>.

MESCHEDE, M. S. C. FIGUEIREDO, B.R.; ALVES, R. I. S.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Qualidade da água de consumo em escolas na região de Santarém, Amazônia, Brasil e implicações para saúde dos escolares. *Revista Ambiente e Água*, v.13, n.6, p. 1-19, 2018. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2218>

PESSOA – DE - SOUZA, M. A.; BARROS, M.; GONÇALVES, L.; MESQUITA, G.; GONÇALVES, H. M. Remoção de agrotóxicos por escoamento superficial – Princípios e práticas. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 3, p. 119–125, 2017.

POL, J. J.; HUPFFER, H. M.; FIGUEIREDO, J. A. S. Os riscos do agrotóxico glifosato: controvérsia científica ou negação do dano à saúde humana? *R. Opin. Jur.*, ano 19, n. 32, p. 267-295, set./dez. 2021. <http://doi.org/10.12662/2447-6641oj.v19i32.p267-295.2021>.

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciênc. Saúde coletiva* [online], v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>.

ROCHA, A. A.; MONTEIRO, S. H.; ANDRADE, G. C.; VILCA, F. Z.; TORNISIELO, V. L. Monitoring of Pesticide Residues in Surface and Subsurface Waters, Sediments, and Fish in Center-Pivot Irrigation Areas. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 26, n. 11, p. 2269-2278, 2015. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150215>.

SANTIN, J. R.; BERNDSEN, G. R.; MANOEL, V. A efetividade da lei de água-interface Brasil, Angola e Estados Unidos da América. *Sequência*, v. 43, p. e91639, 2023.

SANTOS, E. A.; CORREIA, N. M.; SILVA, J. R. M.; VELINI, E. D.; PASSOS, A. B. R. J.; DURIGAN, J. C. Herbicide detection in groundwater in Córrego Rico-SP watershed. *Planta daninha*, v. 33 n.1, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000100017>

SCHLEDER, A. A. VARGAS, L. M. P.; HANSEL, F. A.; FROEHNER, S.; PALAGANO, L. T.; ROSA FILHO, E. F. D. Evaluation of occurrence of NO₃⁻, Coliform and atrazine in a karst aquifer, **RBRH**, v. 22, 2017. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.0117160452>

SILBURN, D. Mark et al. Comparação direta do escoamento de herbicidas residuais e knockdown em cana-de-açúcar usando um simulador de chuva encontra grande diferença nas perdas por escoamento e toxicidade em relação ao diuron. **Science of The Total Environment**, v. 863, p. 160976, 2023.

SOARES, F. S; LEÃO, M. M. D.; FARIA, V. H. F. D.; COSTA, M. C. M. D.; MOURA, A. C. M.; RAMOS, V. D. V.; COSTA, E. P. D. Occurrence of pesticides from coffee crops in surface water. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 62-72, 2013. <https://doi.org/10.4136/ambiagua.1053>.

SUN, Q. et al. Imidacloprid promotes high fat diet-induced adiposity in female C57BL/6J mice and enhances adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes via the AMPK α -mediated pathway. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 31, p. 6572-6581, 2017.

THOMPSON, T. J. BRIGGS, M. A.; PHILLIPS, P. J.; BLAZER, V. S.; SMALLING, K. L.; KOLPIN, D. W.; WAGNER, T. Groundwater discharges as a source of phytoestrogens and other agriculturally derived contaminants to streams. **Science of The Total Environment**, v. 755, p. 142873, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142873>

TZASKOS, D. F.; MARCOVICZ, C.; DIAS, N. M. P.; ROSSO, N. D. Development of sampling for quantification of glyphosate in natural waters. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 4, p. 399-405, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000400003>

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 85-102, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc150126r1v1912016>.

Artigo recebido em 26-03-2025

Artigo aceito para publicação em 02-09-2025