

Glifosato e o uso de pesticidas em Mato Grosso do Sul: riscos relacionados aos recursos hídricos

Glyphosate and the use of the pesticides in Mato Grosso do Sul: risks associated with water resources

Glifosato y uso de pesticidas en Mato Grosso do Sul: riesgos asociados a los recursos hidricos

Recebido: 30/07/2022 | Revisado: 09/08/2022 | Aceito: 11/08/2022 | Publicado: 21/08/2022

Luciana Virgili Pedroso Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2073-1391>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: histolu@hotmail.com

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-9573>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: akmorbeckoliveira@gmail.com

Rosemary Matias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0154-1015>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: rosematias@gmail.com

Resumo

Mato Grosso do Sul possui uma economia voltada para o agronegócio, ocupando o 9º lugar entre os estados agrícolas do país. Os impactos decorrentes do crescimento desta atividade representam um risco para as áreas úmidas. Deste modo objetivou-se realizar um levantamento dos pesticidas mais utilizados e os problemas relacionados ao produto mais vendido, o glifosato. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica integrativa nas bases de dados Anvisa, BIREME, IBAMA, LILACS, MEDLINE, Scielo, Scopus e TOXLINE, usando diferentes combinações de termos referente à temática. Dos dez pesticidas mais utilizados, em primeiro lugar está o herbicida glifosato, que quando associado aos adjuvantes, penetra com mais facilidade nas membranas celulares das plantas daninhas, promovendo sua eliminação. Os compostos resultantes de sua degradação e os adjuvantes utilizados trazem riscos ambientais, devido seus efeitos duradouros e à dispersão ambiental, transformando-se em uma ameaça, principalmente aos corpos hídricos, receptáculo natural dos produtos utilizados. Monitorar o nível de contaminação nas águas superficiais é uma necessidade, permitindo construir um espectro dos riscos relacionados à atividade agrícola e os possíveis impactos ambientais na cadeia trófica dos ambientes aquáticos.

Palavras-chave: Contaminação ambiental; Ambientes aquáticos; Atividade agrícola.

Abstract

Mato Grosso do Sul has an economy based on agribusiness and also ranks 9th in the country's agricultural producing states. However, the negative impacts of the human activity in this region affect wetlands. The objective of this study was to carry out a survey of the most used pesticides in the state and the main problems related to glyphosate, the best-selling product. A narrative literature review was conducted in the databases Anvisa, BIREME, IBAMA, LILACS, Scielo, Scopus and TOXLINE, using well-defined search strings to find relevant literature. The herbicide glyphosate holds the first place among the ten most used pesticides, which when associated with adjuvants, penetrates more easily the cell walls of the weeds, eliminating them. The compounds resulting from its degradation and the adjuvants used pose environmental risks due to the long-term effects and dispersion in the environment, representing a threat, especially to water bodies that naturally receive pesticides. Monitoring the levels of surface contamination is a necessity and allows to identify the impacts related to agricultural activities and the possible environmental effects on the aquatic food webs.

Keywords: Environmental contamination; Aquatic ecosystems; Agricultural activity.

Resumen

Mato Grosso do Sul tiene una economía centrada em la agroindustria, que ocupa el 9º lugar entre los estados agrícolas del país. Los impactos derivados del crecimiento de esta actividad representan un factor de riesgo a las áreas húmedas. El objetivo fue realizar un relevamiento de los plaguicidas más utilizados y los problemas relacionados con el producto más vendido, el glifosato. Se realizó una revisión bibliográfica narrativa en las bases de datos Anvisa, BIREME, IBAMA, LILACS, MEDLINE, Scielo, Scopus y TOXLINE, utilizando diferentes combinaciones de

términos relacionados con el tema. De los diez plaguicidas más utilizados, en primer lugar se encuentra el herbicida glifosato, que al asociarse con adyuvantes, penetra más fácilmente en las membranas celulares de las malas hierbas, favoreciendo su eliminación. Los compuestos resultantes de su degradación y los coadyuvantes utilizados conllevan riesgos ambientales, por sus efectos de larga duración y por la dispersión en el medio, convirtiéndose en una amenaza, principalmente para los cuerpos de agua, receptáculo natural de los productos utilizados. El monitoreo del nivel de contaminación en aguas superficiales es una necesidad, permitiendo construir un espectro de riesgos asociados a la actividad agrícola y los posibles impactos ambientales sobre la cadena trófica de los ambientes acuáticos.

Palabras clave: Contaminación ambiental; Ambientes acuáticos; Actividad agraria.

1. Introdução

O estado de Mato Grosso do Sul, localizado na região Centro-Oeste do Brasil, é um grande produtor de *commodities* agrícolas, tais como o algodão, cana-de-açúcar, eucalipto, milho, soja e carne. Sua alta produtividade está relacionada ao clima, solo e melhoramento genético das espécies. A região também é conhecida por suas belezas naturais, como o Pantanal, uma extensa planície de inundação do rio Paraguai na fronteira oeste, e a Serra de Bodoquena, sendo ambos locais turísticos com visibilidade internacional.

Na produção de *commodities*, para se manter a alta produtividade, ocorre a utilização maciça de insumos químicos, tanto para corrigir as características químicas dos solos como para combater pragas que causam prejuízos às culturas, como insetos, fungos e nematóides. Neste cenário, as alterações ambientais decorrentes dos processos de produção econômica são inevitáveis e os estados com vocação agropecuária se destacam no uso de insumos químicos. Neste sentido, Mato Grosso do Sul é considerado o 9º estado agrícola do país, com destaque para as culturas localizadas nas regiões norte-nordeste e sul e por este motivo, assume a 7ª posição mundial no consumo de pesticidas (Agrofit, 2014). Esta situação contribui para o aumento dos riscos de contaminação da população e do ambiente, com os poluentes dispersos para extensas áreas pelos rios da região.

O estado é dividido em duas grandes bacias hidrográficas: Rio Paraná (leste) e Rio Paraguai (oeste). Na chamada Bacia do Alto Paraguai está inserido o Pantanal, considerado uma das maiores planícies de inundação do mundo, contemplando aproximadamente 25% da área total do estado (Paranhos Filho et al., 2014). Por sua importância ecológica, diversidade biológica e um regime hidrológico delicado, foi declarado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 e, Patrimônio Natural da Humanidade e Reserva da Biosfera pela UNESCO, em 2000, pois se constitui em um dos mais originais ecossistemas do Planeta.

O Pantanal é particularmente sensível aos impactos antrópicos, pois como os recursos hídricos são potenciais dispersores e acumulares de produtos químicos utilizados em áreas agrícolas, estes compostos podem ligar-se ao material particulado suspenso na água, depositarem-se nos sedimentos, serem absorvidos por organismos aquáticos e/ou sofrerem volatilização (Tomita & Beyruth, 2002). Quando absorvidos pelos microrganismos, como o fitoplâncton, entram na cadeia biológica e podem se acumular em determinadas espécies, o chamado processo de bioconcentração (Costa et al., 2008; Corbi, 2021). De acordo com Soares, Faria & Rosa (2019), existe o risco real de contaminação ambiental por resíduos de agrotóxicos, levando a perda de qualidade dos recursos hídricos, pois 45,6% dos pesticidas comumente empregados na agricultura são classificados como extremamente ou altamente tóxicos.

A temática “pesticidas” ou outros nomes que indicam produtos químicos utilizados na agropecuária, com “agrotóxicos” ou “agroquímicos”, por exemplo, são objeto de estudo de diferentes correntes no Brasil, principalmente algumas relacionadas a saúde humana, pois devido ao avanço do agronegócio, é esperado um aumento do uso destes produtos pelas atividades agropecuárias, impactando o ambiente de diferentes maneiras. Por este motivo, objetivou-se apontar os produtos químicos mais utilizados em Mato Grosso do Sul, avaliando em especial o glifosato e seus possíveis impactos ambientais na cadeia trófica dos ambientes aquáticos.

2. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi realizada tomando como base o estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste. O estudo é classificado como descritivo analítico retrospectivo, realizado por meio da revisão bibliográfica narrativa (Cordeiro et al., 2007), uma vez que aborda amplamente a relação da contaminação ambiental e o uso de pesticidas, promovendo assim maior reflexão sobre o tema. O levantamento foi realizado nas bases de dados Scielo, Scopus, BIREME, LILACS, MEDLINE, TOXLINE, IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Como critérios de inclusão, foram pesquisados artigos com data de publicação superior a 1993, em inglês e português, e palavras-chave como “agrotóxicos” (*pesticides*), “hidrografia” (*hydrography*), “rios” (*rivers*), “peixes” (*fish*), “contaminação ambiental” (*environmental contamination*) e “Mato Grosso do Sul”. Foram excluídas as publicações anteriores a 1993 e que não abordaram o tema desse trabalho.

3. Resultados e Discussão

A escassez de alimentos e a fome em muitas regiões do planeta foram parcialmente resolvidas com a chamada Revolução Verde, uma expressão cunhada na década de 1960, referente à modernização agrícola. Seu objetivo foi aumentar a produção de alimentos por meio do desenvolvimento de pesquisas em sementes, fertilização do solo, combate a pragas agrícolas e novos implementos agrícolas, resultando em um aumento significativo na produção. Como consequência desse novo tipo de cultivo, ocorreu a utilização intensa de pesticidas e suas formulações químicas têm causado efeitos adversos ao meio ambiente, colocando em risco a saúde dos seres vivos. Tais efeitos negativos foram descritos em 1962 pela bióloga norte-americana Rachel Carson, em seu livro “Primavera Silenciosa”. Sua obra apresentou dados com fundamentações científicas comprobatórias relacionadas a problemas ecológicos, principalmente mortes de pássaros, peixes e animais silvestres em geral, resultado da ação de determinados produtos químicos (Moura, 2008-2009).

No Brasil, o processo de modernização agropecuária teve início nos anos 1970, quando os produtos químicos começaram a ser utilizados em larga escala e assim, governo e produtores se beneficiaram das vantagens que estes compostos proporcionavam para a economia e produtividade, tornando o país um grande produtor de *commodities*. No início de seu uso, não existiam leis específicas para sua regulamentação e apenas com o Decreto-lei n.º 24.114, 12 de abril de 1934 (BRASIL, 1934), que continuou a ser regulamentada por meio de portarias sob responsabilidade dos Ministérios da Agricultura e da Saúde, começou a ocorrer o processo de regulamentação. Em 1989 foi formulada a Lei n.º 7.802, conhecida como a “Lei dos Agrotóxicos”, sendo uma das mais recentes a tratar do tema. Ela discorre sobre pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, propaganda, utilização, importação, exportação, destino dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, fiscalização e componentes. A Lei define que estes só poderão ser utilizados após registro em órgão federal competente, de acordo com as diretrizes e exigências de órgãos relacionados ao Ministério da Saúde pela Anvisa, ao Ministério do Meio Ambiente pelo IBAMA e ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, regulamentados pelo Decreto n.º 4.074/02 (BRASIL, 1989).

Historicamente se conhece a relação entre o aumento de área ocupada por atividades agropastoris e uso de insumos agrícolas, resultando em maior produtividade, onde os pesticidas fazem parte desta equação. Fazendo uma análise entre 2010 a 2020, foi possível constatar que o país passou a ser o maior importador mundial de alguns agrotóxicos a partir de 2012, aumentando em dez vezes seu valor importação no período (Pelaez et al., 2016). A média anual do uso por tonelada entre 2012 a 2014 tem a região Centro-Oeste liderando o consumo, com 334.628 toneladas, seguida pelo Sul (224.911 t), Sudeste (188.512 t), Nordeste (101.460 t) e Norte (28.271 t). Em Mato Grosso do Sul foram utilizadas no mesmo período, 51.534 t, aplicadas em 13.489 propriedades agrícolas (Bombardi, 2017) e de acordo com o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário, o

estado é o sétimo maior consumidor, apresentando aumento expressivo no período entre 2013 e 2014 (102,2%), sendo que em 2015, em 4.665.446 hectares cultivados, ocorreu a utilização de 58.029.601 litros de agrotóxicos (Pignati et al., 2017).

Em um cenário de aumento de produção agrícola relacionado ao consumo de pesticidas, gerando possíveis resíduos nos alimentos, foi implantado o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A Agência avalia e classifica os produtos por meio de critérios toxicológicos, calculando o parâmetro de segurança, que consiste na Ingestão Diária Aceitável de cada Ingrediente Ativo, utilizando como referência os controles realizados nos Estados Unidos da América e na União Europeia (ANVISA, 2019a).

No site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a divulgação da toxicidade da maioria dos pesticidas, até julho de 2019, era expressa em valores relacionados à Dose Letal Média (DL50) via oral, valor necessário para matar 50% da população do animal testado, baseado em seu peso vivo em quilogramas, a fim de estabelecer medidas de segurança para reduzir os riscos que o produto pode apresentar à saúde humana (Tabela 1), sendo divididos em classes (ANVISA, 2019b).

Tabela 1 – Classes toxicológicas dos agrotóxicos com base na DL50.





Classe toxicológica	Classificação	Cor da faixa no rótulo da embalagem
I	Extremamente tóxico: formulações sólidas que apresentam DL50 oral, para ratos, igual ou inferior a 5 mg/Kg	Vermelho vivo
II	Altamente tóxico: formulações sólidas que apresentam DL50 oral, para ratos, superiores a 5 mg/Kg e até 50 mg/Kg, inclusive.	Amarelo intenso
III	Medianamente tóxico: formulações sólidas que apresentam DL50 oral, para ratos, superiores a 50 mg/Kg e até 500 mg/Kg, inclusive.	Azul intenso
IV	Pouco tóxico: formulações sólidas que apresentam DL50 oral, para ratos, superior a 500 mg/Kg, inclusive.	Verde intenso

Fonte: Adaptado da ANVISA (2019b).

Em agosto de 2019, Agência Nacional de Vigilância Sanitária publica a reclassificação toxicológica, com a ampliação de quatro para cinco categorias de classificação, incluindo-se a classe “não classificado”, relacionado a produtos de baixíssimo potencial de dano (Tabela 2) ANVISA (2019b). Isso ocorreu em virtude do novo marco regulatório do setor, passando-se a adotar os Parâmetros de Classificação Toxicológica de Agrotóxicos baseado nos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*) (Wallau & Santos Júnior, 2013).

No mesmo ano, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária avaliou 1.942 produtos, reclassificando 1.924, em que 43 foram categorizados como extremamente tóxicos, 79 altamente tóxicos, 136 moderadamente tóxicos, 599 pouco tóxicos, 899 produtos improváveis de causar dano agudo e 168, “não classificados” (Tabela 2) (ANVISA, 2019b). É conhecido que a diversidade de produtos aprovados para serem utilizados na agricultura brasileira caminha em conjunto com o aumento de produção agrícola. Entretanto, de acordo com Vieira (2021), a aprovação destes produtos segue em ritmo acelerado, com a maior liberação de defensivos agrícolas em mais de vinte anos (1.560 novos ingredientes ativos registrados entre janeiro/2019 a fevereiro/2021, média de 1,4 substâncias por dia), indicando que os riscos de contaminação ambiental são cada vez maiores.

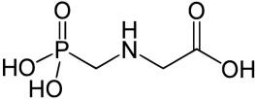
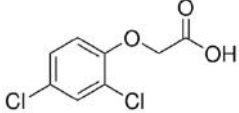
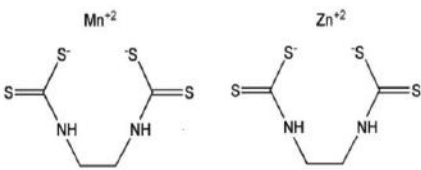
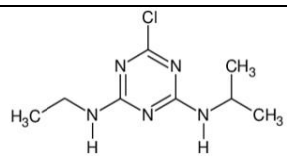
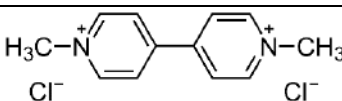
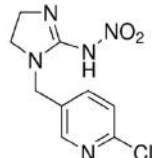
Tabela 2 – Classificação toxicológica de pesticidas no Brasil.

		Classe de Perigo					
		Pictograma e Palavra de Advertência	Oral	Dérmica	Inalatória	Cor da faixa	
Categorias	1	Extremamente tóxico  Perigo	Fatal se ingerido	Fatal em contato com a pele	Fatal se inalado	Vermelho PMS Red 199C	
	2	Altamente tóxico  Perigo	Fatal se ingerido	Fatal em contato com a pele	Fatal se inalado	Vermelho PMS Red 199C	
	3	Moderadamente tóxico  Perigo	Tóxico se ingerido	Tóxico em contato com a pele	Tóxico se inalado	Amarelo PMS Yellow C	
	4	Pouco tóxico  Cuidado	Nocivo se ingerido	Nocivo em contato com a pele	Nocivo se inalado	Azul PMS Blue 293C	
	5	Improvável de causar dano	Sem símbolo Cuidado	Pode ser perigoso se ingerido	Pode ser perigoso em contato com a pele	Pode ser perigoso se ingerido	Azul PMS Blue 293C
	*Não Classif.	agudo	Sem símbolo Sem advertência	-	-	-	Verde PMS Green 347C

Fonte: Adaptado da ANVISA (2019). *Não classificado.

Em relação aos princípios ativos, Pignati *et al.* (2017) identificaram os 20 princípios mais comercializados no país e destes, 40% estão entre os considerados extremamente tóxicos e altamente tóxicos para os seres humanos, indicando seu risco potencial à saúde e ao ambiente. Em sequência, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis publicou em 2018 os nomes dos 10 princípios ativos mais vendidos, com o glifosato em primeiro lugar, correspondendo a mais da metade do volume total, seguido do 2,4-D, mancozebe e atrazina (IBAMA, 2018) (Tabela 3).

Tabela 3 – Os 10 princípios ativos mais vendidos no Brasil em 2018, estrutura, vendas e ranking.

Unidade de medida: toneladas de Ingrediente Ativo			
Ingrediente ativo	Estrutura	Vendas (t)	Ranking
Glifosato (<i>N</i> -(fosfonometil)glicina) e seus sais (herbicida)		195.056,02	1°
2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) (herbicida)		48.921,25	2°
Mancozebe (etileno bis-ditiocarbamato de manganês e zinco) (fungicida)			3°
Atrazina (2-cloro-4-etilenodiamino-6-isopropilamino- striazina) (herbicida)		28.799,34	4°
Derivados de Acetato	Há mais de quinze formulações	24.656,79	5°
Dicloreto de paraquate (1,1'-dimetil-4,4'-bipiridina- dicloreto) (herbicida)		13.199,97	6°
Enxofre elementar, sais de enxofre e enxofre orgânico	S ⁰	10.409,69	7°
Imidacloprido (1-[(6-cloro-3-piridinil)metil]- <i>N</i> -nitro- 2-imidazolidinimina) (inseticida)		10.021,22	8°
Óleo mineral	*	9.112,53	9°
Oxicloreto de cobre (Cloreto cúprico básico) (fungicida e bactericida)	Cu ₂ Cl(OH) ₃	8.018,65	10°

Os óleos minerais são originados de uma fração da destilação do refino do petróleo cru, uma mistura complexa de hidrocarbonetos (Ash & Ash, 2009). Fonte: Adaptado do IBAMA (2018). *

Dos três herbicidas no topo da lista, o glifosato é classificado como não seletivo de ação sistêmica, de amplo espectro de aplicações em áreas agrícolas e não agrícolas. No Brasil, é usado em culturas como o algodão, arroz irrigado, banana, cacau, cana-de-açúcar, café, citros, maçã, fumo, milho, pastagens, pêssego, soja, uva e silvicultura (seringueira) (ANVISA, 2018). Seu mecanismo de ação ocorre com a inibição da enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase), presente apenas nas plantas e microrganismos e ausente em animais e por este motivo, foi inicialmente apontado como um não alvo molecular para os animais. Entretanto estudos posteriores ao seu lançamento sugerem que a mistura de seus sais, associados ou não com outros pesticidas e adjuvantes, podem ser tóxicos para diferentes grupos da fauna, inclusive para os humanos e peixes (Moreno et al., 2014).

O uso de coadjuvantes nas formulações de glifosato é necessário, uma vez que o princípio ativo possui elevada solubilidade em água, o que favorece a adsorção às partículas do solo e a lixiviação para os ambientes aquáticos e semiaquáticos, além de reservatórios subterrâneos, contaminando o ambiente (Cabrera, Costa & Primel, 2008). Para minimizar sua solubilidade, as formulações comerciais foram um sucesso e evoluíram ao longo dos anos, para maior aderência e penetração na planta alvo. Entretanto, estes coadjuvantes também podem ser degradados, após a aplicação e absorção, atingindo o solo, o ambiente aquático e a fauna (Fan et al., 2013). É interessante ressaltar que os herbicidas à base de glifosato também são aplicados diretamente no ambiente aquático, para controle de plantas subaquáticas e aquáticas indesejáveis, como *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms) (Maria et al., 2020). Nos Estados Unidos, Roundup e outras formulações foram proibidos para aplicação nestes ambientes, por sua toxicidade variável para a fauna aquática (Solomon & Thompson, 2003).

O glifosato, desde o seu lançamento em 1974, como Roundup[®], é objeto de estudos com inúmeros bioindicadores, dentre eles os anfíbios. Neste sentido, Howe et al. (2004) relataram a toxicidade crônica do herbicida para quatro espécies de anfíbios (*Rana clamitans* Latreille, *Rana pipiens* Schreber, *Rana sylvatica* Le Conte e *Bufo americano* Holbrook), em diferentes estágios de desenvolvimento, com alterações no comprimento, tempo de metamorfose, danos na cauda e anormalidades gonadais. Resultados semelhantes foram reportados por Relyea (2005), em condições de laboratório, com relação aos anfíbios *Hyla versicolor* Le Conte, *B. americano* e *R. pipiens*, sendo que após 24 horas, o produto matou 68-86% dos juvenis. Na mesma linha, Moore et al. (2012) constataram a sensibilidade de cinco espécies de anfíbios norte-americanas frente a exposição ao herbicida. Já ensaios agudos comparando o glifosato puro e formulações foram evidenciados por Tsui & Chu (2003), em que microalgas e crustáceos *Ceriodaphnia dubia* Richard e *Acartia tonsa* Dona foram 4-5 vezes mais sensíveis à toxicidade com a formulação do que as bactérias e os protozoários *Tetrahymena pyriformis* Strains e *Euplotes vannus* Muller, em relação ao produto puro. Estes mesmos resultados foram obtidos para peixes e anfíbios em ensaios em laboratório e campo, com as formulações demonstrando maior toxicidade (Relyea, 2005). Com base nestes estudos, é possível sugerir que o produto pode causar mortalidade de anfíbios, levando ao declínio de suas populações, além de afetar outros grupos de espécies animais.

No Brasil, devido aos riscos relacionados a contaminação dos recursos hídricos, em virtude da expansão das atividades agrícolas e uso de produtos químicos relacionados, como possíveis riscos a qualidade da água, dentre outros fatores, foi elaborada a Lei n.º 6.938/1981 (Hayashi, 2015). Posteriormente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução n.º 357/2005, definiu a qualidade das águas dos mananciais, assegurando seus usos prioritários, sendo que em relação as águas superficiais, classes 1 e 2, o limite máximo de glifosato foi estabelecido em 65 µg/L; nas águas de classe 3, 280 µg L⁻¹ (Brasil, 2005). Para o monitoramento hidroquímico e hidrodinâmico das águas subterrâneas, o Conselho também estabeleceu parâmetros, conforme a Resolução n.º 396/2008 (Brasil, 2008).

A preocupação com a contaminação de recursos hídricos com o glifosato e o ácido aminometilfosfônico, principal metabólito de degradação do glifosato, é relevante, pois estes compostos foram estudados em vários contextos e demonstrada sua ocorrência e persistência no solo, com mobilidade limitada. Entretanto, os compostos também são frequentemente detectados nas águas superficiais e subterrâneas, devido sua solubilidade, o que facilita sua dispersão (Souza et al., 2006; Wijekoon & Yapa, 2018). Deste modo, a presença do glifosato, suas formulações e metabólitos, além dos produtos resultantes de sua decomposição, como o ácido aminometilfosfônico, em águas superficiais e subterrâneas, é um fato. Em relação a contaminação ambiental, o composto foi detectado em águas superficiais de áreas agrícolas em concentrações próximas a 1.000 µg L⁻¹ (Mattos et al., 2002), valores superiores aos estabelecidos pela Resolução n.º 357/2005 (Brasil, 2005).

A situação encontrada é um risco, pois avaliando os efeitos tóxicos do glifosato puro, Sandrini et al. (2013), em ensaios *in vitro* utilizando o mexilhão marrom (*Perna perna* L.), peixe-zebra (*Danio rerio*, Hamilton Buchanan, 1822) e o barrigudinho (*Jenynsia multidentata*, Jenyns, 1842), constataram a inibição da ação da colinesterase das espécies testadas, em concentrações de 0,01048 e 1.425,09 g/L. Estes resultados demonstram claramente que o composto, mesmo em pequenas

concentrações, afeta negativamente os organismos aquáticos, sendo um risco para a fauna e levando-se em consideração a bioacumulação, os seres humanos.

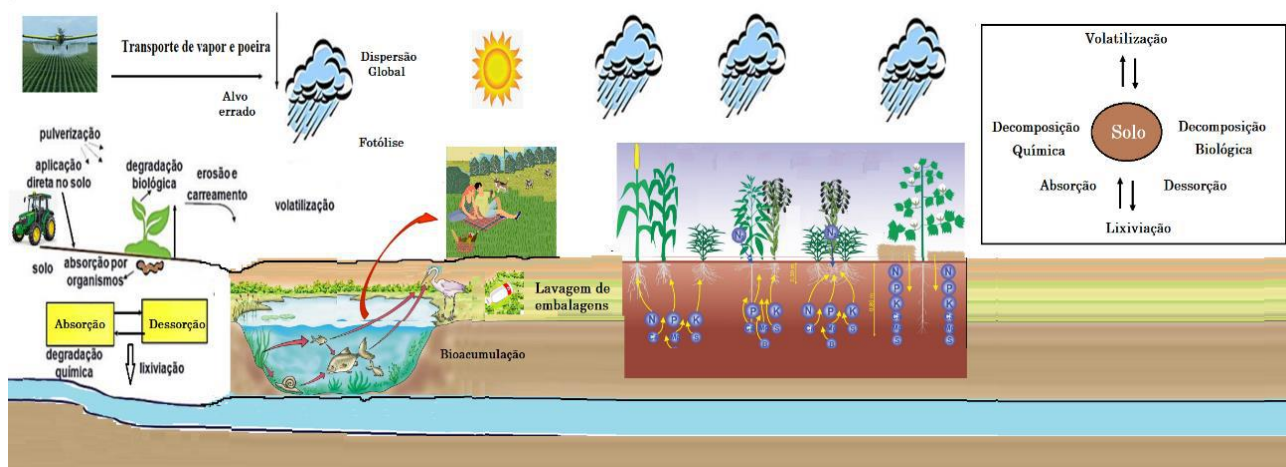
Como este herbicida foi introduzido no Brasil desde o final da década de 1970, com expressivo aumento de consumo após 2003, a partir da autorização do plantio da soja transgênica resistente ao seu uso, é possível supor que o aumento de suas aplicações provoque impactos de grande intensidade ao ambiente. Adicionalmente, no ambiente aquático, além da contaminação do glifosato e seus derivados, existe o problema associado com outros agrotóxicos e tipos de contaminantes orgânicos, inorgânicos e microbiológicos. Também não se pode negligenciar os estressores naturais que, em conjunto, podem afetar a morbidade e a sobrevivência de toda a cadeia trófica, levando a riscos biológicos não conhecidos (Annett et al., 2014).

Com o surgimento da resistência de plantas daninhas ao glifosato, ele é frequentemente utilizado associado ao 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) (Tabela 3), visando aumentar sua eficácia no controle das espécies consideradas “pragas agrícolas” (Lozano et al., 2018). O 2,4-D é um herbicida seletivo sistêmico, indicado para plantas de folhas largas, usado em culturas de aveia, arroz, café, cana-de-açúcar, cevada, milho, milheto, pastagens, soja, sorgo, trigo e silvicultura (eucalipto) (ANVISA, 2019). É interessante ressaltar que o produto conhecido como agente laranja, um desfolhante utilizado pelo exército dos Estados Unidos na Guerra do Vietnã, para limpar áreas florestais, possui em sua formulação o 2,4-D, além do 2,4,5-T. Esse composto não era adequadamente purificado, possuindo teores elevados de um subproduto cancerígeno (tetraclorodibenzodioxina). Atualmente, este resíduo não é normalmente encontrado nos produtos comerciais do herbicida 2,4-D. Porém seus efeitos colaterais, ainda hoje observados no Vietnã, que incluem má formação fetal, câncer de diversos tipos e danos neurológicos, entre outras patologias, lembram dos riscos da utilização dos agrotóxicos em larga escala (Stellman & Stellman, 2018).

Outro herbicida seletivo recomendado para o controle de plantas infestantes nas culturas da cana-de-açúcar, cevada, milho, trigo e sorgo é a atrazina (Marchi et al., 2008). Este composto, por apresentar uma moderada adsorção à matéria orgânica e argila, elevada persistência nos solos, degradação lenta e alto potencial de escoamento superficial, é o herbicida mais detectado em águas superficiais e subterrâneas, com efeitos tóxicos sobre anfíbios e peixes (Paulino et al., 2012; Carmo et al., 2013).

Em geral, o comportamento dos princípios ativos dos agrotóxicos no ambiente permite que eles se dispersem para todas as partes do ambiente (Figura 1) e deste modo, os herbicidas glifosato, 2,4-D e atrazina, entre outros compostos, quando utilizados em altas concentrações e/ou com maior frequência de uso, são um grande risco para a qualidade dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), muitos já contaminados por estes produtos. Essa situação é relatada por Wumbei et al. (2019), que demonstraram que os agricultores utilizam doses muito elevadas de glifosato em suas plantações, acarretando riscos desnecessários as pessoas e ao ambiente.

Figura 1 – Esquema do movimento dos agrotóxicos no ambiente.



Fonte: Elaborado pelos autores com base na figura de Pignati et al. (2017).

É evidente que esses herbicidas, quando aplicados nas áreas de produção, não permanecem exclusivamente nestes locais, sendo parte absorvida pelas plantas e parte dispersada através da chuva e ventos, atingindo outros ambientes, como os aquáticos, afetando diretamente espécies não alvo. Para os solos arenosos, normalmente pobres em matéria orgânica e comuns em grandes áreas de Mato Grosso do Sul, sua utilização é um risco potencial para os recursos hídricos. Além disso, os solos da região apresentam um Índice de Tempo de Retenção de Água muito baixo, indicando sua rápida percolação e como consequência, possível maior contaminação das águas subterrâneas (Mingoti et al., 2016).

Além do uso de pesticidas liberados pelos órgãos competentes, ainda existe o problema do contrabando de produtos não registrados, uma ameaça pouco quantificada. Apesar de não existirem dados sobre o problema, o baixo custo aliado a uma fiscalização falha em regiões de fronteira, caso do estado de Mato Grosso do Sul, é um incentivo para sua utilização, acarretando novos riscos à população. Ademais, pesquisas recentes apontam a contaminação de rios, solo, flora e fauna, por meio de compostos altamente danosos à saúde humana que não permitidos em outros países, como o endossulfam, cipermetrina e ametrina, sendo que esta última apresenta alto potencial de toxicidade para a vida aquática. O Brasil, por ser um grande consumidor mundial de agrotóxicos, comercializa produtos já proibidos em outros países (Friedrich et al., 2021).

A utilização em larga escala de agrotóxicos, legalizados e/ou contrabandeados, sempre é um risco, levando-se em consideração sua dispersão pelo ambiente e deposição, na maior parte, nos corpos hídricos, um problema de grande magnitude quando se leva em consideração a presença de uma grande planície de inundação, o Pantanal, presente no estado de Mato Grosso do Sul. Apesar de poucos trabalhos serem desenvolvidos envolvendo a contaminação de rios estaduais por pesticidas, Primel, Kurz & Zanella (2005) relataram a presença de princípios ativos utilizados em culturas agrícolas no Pantanal. Dores & Calheiros (2008) coletaram amostras de sedimento dos Rios Miranda e Aquidauana (Bacia do Alto Paraguai), em áreas de planalto e da planície pantaneira, durante a fase de seca e no início do período chuvoso, identificando a presença de 9 herbicidas e 23 inseticidas, com o princípio ativo Dieldrin detectado em 100% das amostras.

É interessante ressaltar que a região do Pantanal, devido suas características sazonais e de tipo de solo, não permite a implantação de áreas agrícolas convencionais. Os pesticidas encontrados nas águas e sedimentos da planície foram aplicados a centenas de quilômetros de distância, sendo transportados e acumulados na região, uma planície de sedimentação. Essa situação é um indicativo da contaminação nos ambientes aquáticos regionais, mesmo distante de áreas de cultivo, o que representa um perigo para todo o ambiente. Como não existe monitoramento constante, pode-se supor que os problemas derivados da alta carga de produtos químicos utilizados no estado tenham consequências graves para todos os seres vivos.

Araújo et al. (2020) apontam que os instrumentos utilizados pelo estado de Mato Grosso do Sul não têm sido eficientes para aferir e controlar a utilização inadequada de agrotóxicos pelo agronegócio, o que gera impactos ambientais negativos não mensurados.

Dores e Calheiros (2008) confirmam esta ameaça, pois em suas pesquisas também identificaram um pesticida do tipo piretroide (lambda-cialotrina), muito utilizado na agricultura e que apresenta alta toxicidade para peixes e invertebrados aquáticos no Córrego Cachoeirão e Rios Aquidauana e Miranda, áreas em sua maior parte distantes de áreas agrícolas tradicionais. Se tais estudos fossem realizados em rios que cortam áreas com atividade agrícola mais intensa, como a região produtora de grãos do sul do estado, onde são encontrados os Rios Brilhante e Dourados (Bacia do Paraná), provavelmente os resultados seriam extremamente preocupantes. De acordo com Kuivila e Hladik (2008), é interessante ressaltar que a presença destes produtos na água pode ocorrer de maneira sazonal, dependendo do tempo de aplicação e mecanismo de transporte. Como geralmente são aplicados e transportados para as águas superficiais na mesma estação, ocorre um aumento de sua concentração nas primeiras chuvas e final da estação chuvosa, em virtude de seu acúmulo durante toda a estação.

Em relação a toxicidade nos organismos aquáticos, esta situação abarca diversos fatores, tais como o tipo de exposição, características dos compostos químicos e biologia da espécie exposta, levando a vários efeitos prejudiciais, não apenas a letalidade. Os efeitos crônicos em peixes incluem danos oxidativos e neurológicos, inibição da atividade da acetilcolinesterase, alterações histopatológicas observadas em brânquias, fígado, tecidos hematopoiéticos e endócrinos, mudanças comportamentais, decréscimo nas taxas de crescimento, desordem reprodutiva, mutagênese e carcinogenicidade, por exemplo (Sabra & Mehana, 2015).

Outro fator importante a ser relatado é a bioacumulação, que tem sido identificada em peixes oriundos de regiões onde são desenvolvidas diferentes atividades agrícolas. Os peixes constituem a base alimentar de várias espécies e, assim, participam do processo de biomagnificação, em que ocorre a transferência, ao longo da cadeia trófica, dos compostos bioacumulados nestes indivíduos. Este evento pode oferecer riscos à saúde de diversas espécies, inclusive à do homem, uma vez que as transformações metabólicas sofridas por estes compostos absorvidos podem levar a biotransformações e a bioativação, resultando em substâncias intermediárias mais reativas e tóxicas do que as iniciais. Isso potencializa seus efeitos em peixes e, conseqüentemente, corrobora com o aumento dos problemas ambientais (Santana & Cavalcante, 2016; Corbi, 2021). Por estes motivos, debates relacionados ao uso de pesticidas em áreas de intensa produção agrícola têm envolvido diferentes áreas do conhecimento, tais como as relacionadas ao desenvolvimento econômico e social, além da saúde, que unidas compartilham da certeza de que a contaminação crescente de solos e águas por estes compostos é crescente, acarretando na diminuição da biodiversidade e o aumento de doenças observadas nos seres humanos (Basso et al., 2021).

4. Conclusão

No estado de Mato Grosso do Sul, o uso de agrotóxicos é uma rotina necessária para as necessidades do agronegócio, mantendo sobre controle as pragas agrícolas que afetam a produtividade das lavouras e pastagens. Dentre os herbicidas mais utilizados estão o glifosato, 2-4-D e atrazina, compostos persistentes e que trazem riscos ambientais relacionados ao efeito duradouro dessa contaminação, sendo a dispersão de tais produtos no ambiente uma ameaça, levando-se em consideração que os corpos hídricos são um receptáculo natural dos pesticidas, onde se acumulam. Frente as deficiências no monitoramento do nível de contaminação nas águas superficiais e subterrâneas do estado, faz-se necessária a implantação de medidas de controle nesse contexto, a fim de obter um espectro dos riscos relacionados a atividade agrícola e os possíveis impactos ambientais na cadeia trófica dos ambientes aquáticos, além de implementar alternativas de controle por meio de produtos menos tóxicos, contribuindo para a mitigação dos efeitos nocivos destes compostos à saúde humana e ao ambiente.

Referências

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2019a). *Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos*. Relatório das Amostras analisadas no período de 2017-2018. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2019b). *Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos*. http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-aprova-novo-marco-regulatorio-para-agrotoxicos/2192011
- AGROFIT (2020). Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários*. <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROFIT.html>
- Annett, R., Habibi, H. R. & Hontela, A. (2014). Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. *Journal of Applied Toxicology*, 34(5), 458-479, 2014.
- Araújo, G. M., Matias, R., Abdo, J. P. & Oliveira, A. K. M. (2020). A atuação do Estado Brasileiro na proteção ambiental do Pantanal, fronteira Brasil-Bolívia. *GeoFrontier*, 6(1), 1-15.
- Ash, M. & Ash, I. (2009). *Specialty Chemicals Source Book*, Fourth Edition. Synapse Information Resources, Inc.
- Basso, C., Siqueira, A. C. F. & Richards, N. S. P. S. (2021). Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 10(8), 1-14.
- Bombardi, L. M. (2017). *Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia*. São Paulo: FFLCH-USP.
- Brasil. (1934). Decreto n.º 24.114, de 12 de abril de 1934. *Aprova o regulamento de defesa sanitária vegetal*. Brasília: DOU Diário Oficial da União.
- Brasil. (1989). Lei n.º 7.802, de 11 de julho de 1989. *Dispõe sobre a Pesquisa, a Experimentação, a Produção, a Embalagem e Rotulagem, o Transporte, o Armazenamento, a Comercialização, a Propaganda Comercial, a Utilização, a Importação, a Exportação, o Destino Final dos Resíduos e Embalagens, o Registro, a Classificação, o Controle, a Inspeção e a Fiscalização de Agrotóxicos, seus Componentes e Afins, e dá outras Providências*. Brasília: DOU Diário Oficial da União.
- Brasil. (2005). Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento*. Brasília: DOU Diário Oficial da União.
- Brasil. (2008). Resolução n.º 396, de 3 de abril de 2008. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências*. Brasília: DOU Diário Oficial da União.
- Cabrera, L., Costa, F. P. & Primel, E. G. (2008). Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. *Química Nova*, 31(8), 1982-1986.
- Carmo, D. A., Carmo, A. P. B., Pires, J. M. B. & Oliveira, J. L. (2013). Comportamento ambiental e toxicidade dos herbicidas atrazina e simazina. *Revista Ambiente e Água*, 8(1), 133-143.
- Cordeiro, A. M., Oliveira, G. M., Rentería, J. M. & Guimarães, C. A. (2007). Revisão Sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 34(6), 428-431
- Corbi, J. J. (2021). *Indicadores biológicos de qualidade em ambientes aquáticos continentais: métricas e recortes para análises*. RFB.
- Costa, C. R., Olivi, P., Botta, C. M. R. & Espindola, E. L. G. (2008). A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, 3(7), 1820-1830.
- Dores, E. F. G. C. & Calheiros, D. F. (2008). Contaminação por agrotóxicos na bacia do rio Miranda, Pantanal (MS). *Caderno de Agroecologia*, 3(suplemento), 202-205.
- Fan, J. Y., Geng, J. J., Ren, H. Q., Wang, X. R. & Han, C. (2013). Herbicide Roundup® and its main constituents cause oxidative stress and inhibit acetylcholinesterase in liver of *Carassius auratus*. *Journal of Environmental Science and Health Part B Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 48(10), 844-850.
- Friedrich, K., Silveira, G. R., Amazonas, J. C., Gurgel, A. M., Almeida, V. E. S. & Sarpa, M. (2021). Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Cadernos de Saúde Pública*, 37(4), 1-18.
- Hayashi, C. (2015). Política Nacional de Meio Ambiente: Lei n.º 6.938/81 e outros mecanismos de gestão e desenvolvimento sustentável no Brasil. *FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão*, 18(2), 228-236.
- Howe, C. M., Berrill, M., Pauli, B. D., Helbing, C. C., Werry, K. & Veldhoen, N. (2004). Toxicity of glyphosate-based pesticides to four North American frog species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(8), 1928-1938.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (2018). *Relatórios de comercialização de agrotóxicos*. <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletins-anuais>.
- Kuivila, K. M. & Hladik, M. L. (2008). Understanding the occurrence and transport of current-use pesticides in the San Francisco Estuary Watershed. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 6(3), 1-19.
- Lozano, V. L., Vinocur, A., García, C. S., Allende, L., Cristos, D. S., Rojas D., Wolansky, M. & Pizarro, H. (2018). Effects of glyphosate and 2, 4-D mixture on freshwater phytoplankton and periphyton communities: a microcosms approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 1010-1019.

- Marchi, G., Marchi, E. C. S. & Guimaraes, T. G. (2008). *Herbicidas: mecanismos de ação e uso*. Embrapa Cerrados. Documentos/Embrapa Cerrados, 227(1), 36p.
- Maria, M. A., Castro, S. R., Lange, L. C., Siuves, C. L. & Soares, A. C. (2020). Ecological risk assessment of glyphosate in surface water when it is used to control floating aquatic macrophytes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(2), 1-12.
- Mattos, M. L. T., Peralba, M. D. C. R., Dias, S. L., Prata, F. & Camargo, L. (2002). Monitoramento ambiental do glifosato e do seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) na água de lavoura de arroz irrigado. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, 12, 145-154.
- Mingoti, R., Spadotto, C. A. & Moraes, D. A. C. (2016). Suscetibilidade à contaminação da água subterrânea em função de propriedades dos solos no Cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária*, 51(9), 1252-1260.
- Moore, L. J., Fuentes, L.; Rodgers Jr., J. H., Bowerman, W. W., Yarrow, G. K., Chao, W. Y. & Bridges, Jr., W. (2012). Relative toxicity of the components of the original formulation of Roundup® to five North American anurans. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78(1), 128-133.
- Moreno, N. C., Sofia, S. H. & Martinez, C. B. (2014). Genotoxic effects of the herbicide Roundup Transorb® and its active ingredient glyphosate on the fish *Prochilodus lineatus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 37(1), 448-454.
- Moura, R. M. (2008-2009). Rachel Carson e os agrotóxicos 45 anos após primavera silenciosa. *Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agrônomicas*, 5/6, 44-52.
- Paranhos Filho, A. C., Moreira, E. S., Oliveira, A. K. M., Pagotto, T. C. S. & Mioto, C. L. (2014). Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(volume especial), 69-76.
- Paulino, M. G., Sakuragui, M. M. & Fernandes, M. N. (2012). Effects of atrazine on the gill cells and ionic balance in a neotropical fish, *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere*, 86(1), 1-7.
- Pelaez, V. M., Teodorovic, T., Guimaraes, T. A., Silva, L. R., Moreau, D. & Mizukawa, G. (2016). A dinâmica do comércio internacional de agrotóxicos. *Revista de Política Agrícola*, 25(2), 39-52.
- Pignati, W. A., Barbosa, J. R., Correa, M. L. M., Lara, S. S., Leão, L. H. C., Lima, F. A. N. S. & Pignati, M. G. (2005). Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: Uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10), 3281-3293.
- Primel, E. G., Kurz, M. H. S. & Zanella, R. (2005). Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. *Química Nova*, 28(4), 605-609.
- Relyea, R. A. (2005). The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications*, 15(4), 1118-1124.
- Sabra, F. S. & Mehana, E. S. E. D. (2015). Pesticides toxicity in fish with particular reference to insecticides. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(1), 40-60.
- Sandrini, J. Z., Rola, R. C., Lopes, F. M., Buffon, H. F., Freitas, M. M., Martins, C. D. M. G. & Rosa, C. E. (2013). Effects of glyphosate on cholinesterase activity of the mussel *Perna perna* and the fish *Danio rerio* and *Jenynsia multidentata*: in vitro studies. *Aquatic Toxicology*, 15(130-131), 171-173.
- Santana, L. M. B. & Cavalcante, R. M. (2016). Transformações metabólicas de agrotóxicos em peixes: Uma revisão. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 8(4), 257-268.
- Soares, D. F., Faria, A. M. & Rosa, A. H. (2017). Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(2), 277-284.
- Solomon, K. & Thompson, D. (2003). Ecological risk assessment for aquatic organisms from over-water uses of glyphosate. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B*, 6(3), 289-324.
- Souza, T. A. D., Matta, M. H. D. R. D., Montagner, É. & Abreu, A. B. G. D. (2006). Estudo de recuperação de glifosato e AMPA derivados em solo utilizando-se resinas nacionais. *Química Nova*, 29(6), 1372-1376.
- Stellman, J. M. & Stellman, S. D. (2018). Agent Orange during the Vietnam War: The lingering issue of its civilian and military health impact. *American Journal of Public Health*, 108(6), 726-728.
- Tomita, R. Y. & Beyruth, Z. (2002). Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. *Biológico*, 64(2), 135-142.
- Tsui, M. T. K. & Chu, L. M. (2003). Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. *Chemosphere*, 52(7), 1189-1197.
- Vieira, A. (2021). Segue a farra dos agrotóxicos no Brasil. # *Colabora*. Disponível: <https://staging.projeto colabora.com.br/ods15/segue-a-farra-dos-agrototoxicos-no-brasi/>
- Wallau, W. M. & Santos Júnior, J. A. (2013) O sistema globalmente harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos (GHS): uma introdução para sua aplicação em laboratórios de ensino e pesquisa acadêmica. *Química Nova*, 36(4), 607-617.
- Wijekoon, N. & Yapa, N. (2018). Assessment of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on potential biodegradation of glyphosate in contaminated soil and aquifers. *Groundwater for Sustainable Development*, 7, 465-469.
- Wumbei, A., Houbraken, M. & Spanoghe, P. (2019). Pesticides use and exposure among yam farmers in the Nanumba traditional area of Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 307.