

Prognóstico da contaminação hídrica por agrotóxicos comercializados nas regiões Sul Goiana e Triângulo Mineiro.

Adilson Correia Goulart¹
Maraína Souza Medeiros²
Simone Machado Goulart³
João Paulo Victorino Santos⁴
Anizio Marcio de Faria⁵

Química Ambiental

Resumo

Os agrotóxicos são aplicados na agricultura com a finalidade de aumentar a produtividade e suprir as necessidades alimentícias do mundo. A utilização exacerbada destes compostos tem ocasionado a contaminação de todos os compartimentos terrestres. A contaminação do ambiente tem sido motivo de grande preocupação mundial, sobretudo, no Brasil que é o maior consumidor destes produtos. Quando aplicados, os agrotóxicos, além de atingir o alvo movimentam-se pelo ar e solo, aportando em águas superficiais e subterrâneas. Esta dinâmica é regida pelas suas propriedades físico-químicas. Desta forma, para entender ou predizer esta movimentação, as propriedades físico-químicas são fundamentais. Assim sendo, esta pesquisa teve como objetivo realizar um prognóstico do potencial de contaminação hídrica por agrotóxicos comercializados na região sul goiana e triângulo mineiro. Para a avaliação, foram utilizados os métodos de GOSS; *Screening*, proposto pela US-EPA; GUS e LEACH. Aplicando as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos aos modelos matemáticos, foi possível inferir que o Imidaclopride e Tiametoxam se destacaram como os mais propensos a contaminação de águas subterrâneas e, também, de águas superficiais. Já o princípio ativo Carbendazim é mais propenso a contaminação de águas superficiais. Com o estudo, conclui-se que os modelos matemáticos são ferramentas úteis e podem auxiliar no entendimento da movimentação dos agrotóxicos no ambiente. Além disso, podem contribuir para tomadas de decisões e orientar os estudos científicos. Os resultados obtidos nesta pesquisa servirão como base para novos estudos empregando análises laboratoriais em solo, águas superficiais e subterrâneas, com o propósito de monitorar a contaminação ambiental por estes agrotóxicos.

Palavras-chave: Modelos matemáticos; Método de GOSS; Índice de GUS e LEACH; Poluição em águas de superfície e subterrâneas

¹Doutorando em Química; Universidade Federal de Uberlândia – Campus Santa Mônica; adilson.goulart@ufu.br

²Auxiliar de biblioteca e Mestre em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental; Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey – IFG/Campus Itumbiara, maraliss@hotmail.com.

³Prof^{ta} Dr^a em Agroquímica; Departamento de Áreas Acadêmicas – IFG/Campus Itumbiara, simone.goulart@ifg.edu.br.

⁴Prof. Dr.; Departamento de Áreas Acadêmicas – IFG/Campus Itumbiara; joao.santos1@ifg.edu.br.

⁵Prof. Dr.; Universidade Federal de Uberlândia, campus Pontal; anizio@ufu.br.

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são substâncias produzidas e utilizadas com o propósito de proteger as culturas agrícolas, da ação nociva, de seres que possam prejudicar o desenvolvimento e rendimento dessas culturas. Desta forma, os agrotóxicos aumentam a produtividade agrícola e diminuem os custos de produção (BRASIL, 2002). Com a justificativa de suprir as necessidades de abastecimento alimentício da população mundial, os agrotóxicos têm sido utilizados maciçamente. Esta utilização exacerbada tem trazido sérios riscos de contaminação ambiental para todo o planeta (ABRASCO, 2015).

Além da intensa utilização, o cenário ainda se agrava devido ao desrespeito às leis que orientam a aplicação desses produtos e a falta de investimento em fiscalização. Desse modo, os agrotóxicos se tornaram uma grande preocupação ambiental (MEFTAUL et al., 2020). Mesmo em níveis traços, esses compostos podem influenciar e agredir seres essenciais para o equilíbrio e sobrevivência do planeta. Além disso, mesmo em baixíssimas concentrações os agrotóxicos são também uma ameaça crônica e aguda para o ser humano (ABRASCO, 2015).

No momento da aplicação do agrotóxico, suas moléculas movimentam-se por todos os compartimentos ambientais. Isso porque uma grande parte do volume aplicado não atinge o alvo, sendo dispersado pelo ar, solo e recursos hídricos (GEBLER; SPADOTTO, 2004). A movimentação dos agrotóxicos está ligada diretamente as suas propriedades físico-químicas. A principal via de contaminação dos recursos hídricos é o solo. Uma vez depositado neste compartimento, os princípios ativos podem contaminar as águas de superfície pelo escoamento superficial, onde são arrastados pela força da água na superfície, ou podem se movimentar verticalmente ao longo do perfil do solo pelo processo de lixiviação (LAVORENTI et al., 2003; OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Os agrotóxicos são compostos que apresentam diferentes configurações químicas. Mesmo aqueles princípios ativos pertencentes a mesma classe química, diferem entre si devido ao número e tipos de átomos presente na estrutura molecular. Desta forma, cada composto possui a sua forma individual de interagir com o ambiente (HALL et al., 2004). As propriedades físicas e químicas mais importantes no que se refere a predição da

movimentação de agrotóxico no ambiente são: Solubilidade em água; Pressão de vapor; Coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}); Constante de adsorção ao carbono orgânico (K_{oc}); Tempo de meia vida no solo (DT50); Tempo de meia vida na água e; Constante de Henry (K_H) (LAVORENTI et al., 2003; OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011).

Com o propósito de realizar um prognóstico, acerca da contaminação hídrica pelos agrotóxicos Acefato; Acetamipride; Carbendazim; Diflubenzuron; Imidaclopride; Metomil e Tiametoxam foram coletados dados físico-químicos destes agrotóxicos e, posteriormente, aplicados a modelos matemáticos. Os modelos matemáticos utilizados neste estudo foram desenvolvidos especificamente para prever a movimentação dos agrotóxicos e o seu potencial risco de contaminação das águas superficiais e águas subterrâneas. Para avaliar o potencial de contaminação dos agrotóxicos foi utilizado o método de *Screening*, proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA e os algoritmos de GUS; LEACH e GOSS.

METODOLOGIA

Levantamento dos agrotóxicos.

Para o levantamento dos agrotóxicos, foram realizadas entrevistas informais com agrônomos que atuam em usinas de cana-de-açúcar e plantações de soja na região sul goiana. O procedimento da coleta de dados por meio de entrevista, segundo Manzini (2012), favorece bons resultados desde que o pesquisador atente-se ao uso da linguagem adequada e o roteiro de questões bem planejado. A seleção dos agrotóxicos utilizados na região do triângulo mineiro foi realizada por meio de consulta a trabalhos científicos como, por exemplo, a pesquisa de Silva e Faria (2020), que trazem informações acerca dos agrotóxicos utilizados nesta região. Os agrotóxicos foram selecionados levando-se em consideração a utilização em ambas as regiões. Além disso, foi consultado o site do Ministério do Meio Ambiente, no qual são apresentados anualmente os relatórios de comercialização de agrotóxicos no Brasil. Os relatórios são apresentados por Estado. Foi verificado que os agrotóxicos Acefato; Acetamipride; Carbendazim; Diflubenzuron; Imidaclopride; Metomil e Tiametoxam, constavam no relatório de comercialização, tanto

do Estado de Goiás quanto do Estado de Minas Gerais (BRASIL, 2019).

Obtenção das propriedades físicas e químicas dos agrotóxicos

Para a obtenção da conjuntura de dados físico-químicos dos agrotóxicos, foi consultado os sites: *International Union of Pure and Applied Chemistry/Footprint pesticides properties database – IUPAC* e o site da Agência de Vigilância sanitária – ANVISA. Os dois bancos de dados possuem em sua plataforma várias informações a respeito dos agrotóxicos, inclusive as propriedades físico-químicas necessárias para o prognóstico da contaminação ambiental.

Avaliação da contaminação em águas subterrâneas e superficial.

Método de Screening proposto pela US-EPA

O método *Screening* foi proposto pela Agência de proteção ambiental dos Estados Unidos US-EPA que é um órgão de proteção ambiental e saúde humana. O método avalia o potencial de lixiviação dos agrotóxicos adotando os critérios apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Critérios adotados pela US-EPA para predição da lixiviação de agrotóxicos

Propriedades	Critérios
Constante da Lei de Henry (K_H)	$< 10^{-2} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$
Solubilidade em água (S)	$> 30 \text{ mg L}^{-1}$
Tempo de Meia-vida no solo (DT50)	$> 14 \text{ a } 21 \text{ dias}$
Tempo de Meia-vida na água (DT50)	$> 175 \text{ dias}$
Coefficiente de adsorção a matéria orgânica K_{oc}	$< 300/500$

Segundo a US-EPA, princípios ativos cujas propriedades atendam a mais que 3 dos critérios estabelecidos possuem alto potencial de contaminação das águas subterrâneas. Agrotóxicos que atendam a exatos 3 critérios são considerados intermediários e os que atenderem menos que 3 dos critérios não são considerados como potencial contaminante ou baixo potencial de lixiviação (ANDRADE et al., 2011; RABELO; CALDAS, 2014).

Índice GUS

O índice de GUS - Groundwater Ubiquity Score é um dos modelos mais utilizados e citados pela literatura científica para a previsão da lixiviação de agrotóxicos (RABELO; CALDAS, 2014). Para prever a capacidade de lixiviação de um composto Gustafson (1989) propôs o modelo matemático apresentado na Equação 1:

$$\text{GUS} = [\log (\text{DT50})] \times [4 - \log (\text{K}_{\text{oc}})] \quad \text{(Equação 1)}$$

As propriedades utilizadas no índice de GUS são o Tempo de meia vida (DT50) do composto, que representa o tempo necessário para que a metade da concentração do agrotóxico seja degradada no solo ou na água, e o coeficiente de adsorção a matéria orgânica (K_{oc}) que expressa a taxa de adsorção do agrotóxico pelo carbono presente no solo. Neste modelo, o potencial de contaminação de um agrotóxico é verificado aplicando o resultado obtido na Equação 1 a uma faixa classificatória, os valores estabelecidos por Gus (1989) são: Baixo potencial de lixiviação ($\text{GUS} < 1,8$); Faixa de Transição ($1,8 \leq \text{GUS} \leq 2,8$); Provável Lixiviação ($\text{GUS} > 2,8$).

Índice de LEACH

O índice de LEACH foi desenvolvido por Laskowski et al. (1982) e se trata de um modelo matemático que avalia a capacidade dos agrotóxicos de se movimentar tanto pelo escoamento superficial quanto pela lixiviação. Para avaliar esta potencialidade, o método utiliza as propriedades das moléculas como a solubilidade em água (SA), o tempo de meia vida do composto no solo (DT50); a pressão de vapor (VP) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}) (BRITO, 2011). O modelo matemático segue apresentado na Equação 2.

$$\text{LEACH} = [(SA \times \text{DT50}) / (VP \times \text{K}_{\text{oc}})] \quad \text{(Equação 2)}$$

Diferente dos outros modelos este método não apresenta uma faixa classificatória. Desta forma, a classificação do potencial de contaminação do agrotóxico é diretamente

proporcional ao valor do índice resultante, ou seja, quanto maior for o resultado da aplicação das propriedades dos agrotóxicos, na Equação 2, maior será o potencial de contaminação deste princípio ativo (LASKOWSKI et al., 1982; ARMAS et al., 2005).

Método de GOSS.

O método Goss (1992) avalia o potencial de escoamento superficial de um composto utilizando as propriedades físico-químicas: Tempo de meia-vida no solo (DT50); Coeficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}); e Solubilidade em água (S). Este modelo pode prever a movimentação das moléculas de agrotóxicos tanto adsorvidas ao sedimento quanto dissolvidas em água. O método Goss classifica os agrotóxicos em alto potencial de transporte (APT), médio potencial de transporte (MPT) e baixo potencial de transporte (BPT). O conjunto de regras para avaliar o transporte de agrotóxico está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Conjunto de regras utilizados pelo método de GOSS

I Potencial de transporte adsorvido a sedimento				
		DT50 (d)	K_{oc} (mL.g⁻¹)	S (mg.L⁻¹)
APT	Regra 1	≥40	≥ 1000	-
	Regra 2	≥ 40	≥ 500	≤ 0,5
BPT	Regra 1	< 1	-	-
	Regra 2	≤ 2	≤ 500	-
	Regra 3	≤ 4	≤ 900	≥ 0,5
	Regra 4	≤ 40	≤ 500	≥ 0,5
	Regra 5	≤ 40	≤ 900	≥ 2
II Potencial de transporte dissolvido em água				
		DT50 (d)	K_{oc} (mL.g⁻¹)	S (mg.L⁻¹)
APT	Regra 1	> 35	< 100000	≥ 1
	Regra 2	< 35	≤ 700	≥ 10 S ≤ 100
BPT	Regra 1	-	≥ 100000	-
	Regra 2	≤ 1	≥ 1000	-
	Regra 3	< 35	-	< 0,5
MPT	Caso não atenda a nenhuma das regras			

Fonte: Adaptado de Goss (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Método de *Screening* proposto pela US-EPA

A Tabela 3 apresenta as propriedades dos 7 princípios ativos, bem como a classificação de cada agrotóxico quanto ao seu potencial de contaminação de água subterrâneas.

Tabela 3: Potencial de contaminação dos agrotóxicos segundo critérios US-EPA

Agrotóxicos	Propriedades Físico-químicas dos agrotóxicos					Classificação
	K_H	S.A.	DT50 _S	DT50 _A	K_{oc}	
Acetamipride	$*5,30.10^{-08}$	*2.950	3	34	*200	Intermediário
Acefato	$*5,15.10^{-08}$	*790.000	3	2	*302	Intermediário
Carbendazim	$*3,60.10^{-03}$	8	*40	33,7	*200	Intermediário
Diflubenzuron	$*4,70.10^{-04}$	0,08	3	80	4.620	Baixo Potencial
Imidaclopride	$*1,70.10^{-10}$	*610	*191	-	*225	Alto Potencial
Metomil	$*2,13.10^{-06}$	*55.000	7	3,7	*72	Intermediário
Tiametoxam	$*4,70.10^{-10}$	*4.100	*50	2,7	*56,20	Alto Potencial

Dados extraídos de IUPAC (2021). Valores acompanhados de (*) identificam propriedades cujo valor se enquadram nos critérios US-EPA.

Como observado na Tabela 3, os agrotóxicos Tiametoxam e Imidaclopride atenderam a 4 critérios estabelecidos pela US-EPA, desta forma os princípios ativos se classificam como compostos com alta potencialidade de lixiviar e contaminar as águas subterrâneas. Por outro lado, os agrotóxicos Acetamipride, Acefato, Carbendazim e Metomil atenderam a 3 dos critérios estabelecidos, pela agência de proteção ambiental, se enquadrando como contaminantes intermediários.

O princípio ativo Diflubenzuron, atendeu apenas ao critério Constante de Henry, assim sendo é considerado como composto com baixo potencial de lixiviação. Observando as propriedades dos compostos, é importante ressaltar a alta solubilidade em água da maioria dos princípios ativos. A solubilidade em água é uma das principais características que define o comportamento de um composto no ambiente, principalmente no solo (GEBLER; SPADOTTO, 2004).

Índice GUS e LEACH

Os valores de LEACH foram expressos em escala logarítmica para que pudessem ser comparados com o índice de GUS. O índice de GUS e índice de LEACH utilizam algumas propriedades diferentes para avaliação do potencial de contaminação. Mesmo assim, observa-se na Figura 1, que existe uma semelhança quanto a classificação no potencial de contaminação dos agrotóxicos entre os dois métodos.

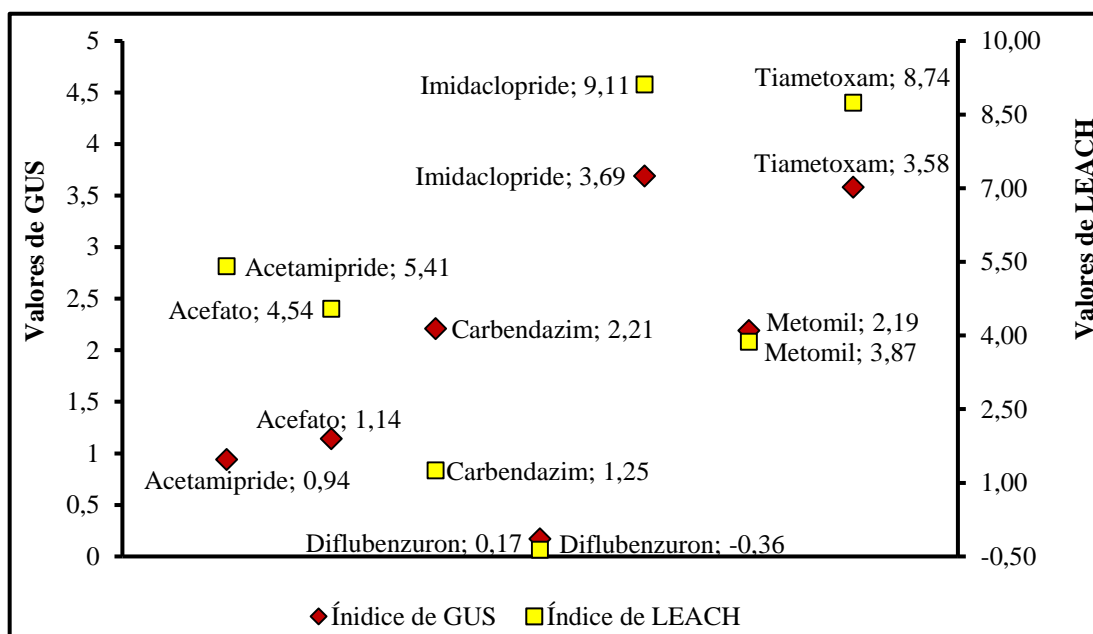


Figura 1: Valores de LEACH e GUS dos 7 agrotóxicos avaliados.

Observa-se na Figura 1 que os agrotóxicos que apresentaram os maiores índices de contaminação, tanto no índice de LEACH quanto no índice de GUS, foram o Imidaclopride e Tiametoxam, classificando os compostos como prováveis contaminantes de águas subterrâneas e superficiais. Os valores encontrados para o Carbendazim e Metomil classificaram estes princípios ativos na faixa de transição.

Agrotóxicos que se enquadrem na faixa de transição também merecem uma atenção especial quanto a potencialidade para contaminação de águas subterrâneas e superficiais. Isto porque, dependendo das características do solo, do ambiente e do

princípio ativo, sobretudo da sua solubilidade em água (seja de irrigação ou da precipitação pluviométrica), haverá uma maior facilidade na percolação ou arraste da molécula pelo perfil do solo (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011 e LAVORENTI et al., 2003). Os princípios ativos Acefato, Acetamipride e Diflubenzuron apresentaram valores de GUS e LEACH baixos, portanto, são considerados compostos com baixo potencial de lixiviação.

Na literatura científica foram encontrados trabalhos que confirmam a análise teórica realizada neste estudo. Como, por exemplo, a pesquisa de Fan et al. (2018) que analisaram águas subterrâneas proveniente de plantação de fumo, localizada no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo os autores, um dos princípios ativos detectados nas amostras foi o Imidaclopride. Já o estudo de Costa (2015) avaliou a lixiviação de vários compostos em solo tratado com lodo de esgoto e, segundo o autor, o agrotóxico Tiametoxam apresentou alto índice de lixiviação nos solos estudados. Ainda segundo o autor, foram encontradas concentrações do princípio ativo abaixo de 90 cm no perfil do solo. Para o autor, o risco de contaminação de águas subterrâneas pode ocorrer até mesmo em solos onde não ocorreram aplicação de lodo de esgoto.

A pesquisa de Gupta et al. (2008), avaliou a persistência no solo e lixiviação do Tiametoxam em condições laboratoriais. O estudo apontou que o princípio ativo apresenta baixa taxa de degradação no solo, persistindo por mais de 90 dias. Os testes de lixiviação, realizados em colunas de solo, demonstraram que cerca de 79% do princípio ativo foi recuperado no lixiviado, quando simulado volumes de precipitação acima de 65 mm e nenhum resíduo encontrado no solo. Com os resultados os autores concluíram que o Tiametoxam apresenta alto potencial de lixiviação, sobretudo, em condições de altos volumes de precipitação.

Método de GOSS.

Aplicando as propriedades dos agrotóxicos no método proposto por Goss (1992), foi possível avaliar o potencial de contaminação em águas superficiais de cada princípio ativo. Na Tabela 4 são apresentados os potenciais de contaminação dos 7 agrotóxicos,

tanto adsorvidos ao sedimento quanto dissolvidos em água.

Tabela 4: Potencial de contaminação de águas superficiais segundo método de GOSS

Agrotóxicos	Transporte em Sedimento	Transporte em Água
Acetamipride	BPT	MPT
Acefato	BPT	MPT
Carbendazim	BPT	APT
Diflubenzuron	MPT	BPT
Imidaclopride	MPT	APT
Metomil	BPT	MPT
Tiametoxam	MPT	APT

APT - alto potencial de transporte; **MPT** - médio potencial de transporte; **BPT** - baixo potencial de transporte.

Como visto na Tabela 4, a maioria dos agrotóxicos estudados apresentam baixo potencial de contaminação quando adsorvidos ao sedimento. Com exceção dos princípios ativos Diflubenzuron, Imidaclopride e Tiametoxam que apresentaram médio potencial. Já a avaliação feita quando dissolvidos em água mostra que os princípios ativos Carbendazim, Imidaclopride e Tiametoxam apresentam alto potencial de contaminação das águas superficiais.

A pesquisa de Ribeiro et al. (2013) corrobora com o estudo teórico realizado. Em seus resultados os autores apontam que o Carbendazim foi encontrado em matrizes de água superficial em meses nos quais o índice pluviométrico foi maior. Ainda segundo os autores, essa detecção pode estar atribuída ao seu alto tempo de meia vida na água, o que colabora para o transporte deste agrotóxico pelo escoamento superficial. O estudo realizado por Siede (2019) verificou analiticamente a presença de 70 princípios ativos em águas superficiais no município de Ajuicaba-RS. A autora relata que o Imidaclopride foi encontrado em todos os pontos monitorados. Segundo a autora, este fato pode ter ocorrido devido às propriedades físico-químicas do agrotóxico. Na literatura científica não foram encontrados trabalhos que tenham detectado o princípio ativo Tiametoxam em águas superficiais. Observa-se também que são poucos os estudos voltados a detecção deste princípio ativo em água superficial, indicando a necessidade em se realizar pesquisas com este objetivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A movimentação dos agrotóxicos no ambiente ocorre de diferentes formas e por diferentes processos que são definidos pelas suas propriedades físicas e químicas. A utilização de modelos matemáticos são ferramentas úteis e que auxiliam no entendimento quanto a dinâmica dos agrotóxicos no ambiente e que contribui para tomadas de decisões como, por exemplo, na aplicação e estudos científicos. Com a aplicação dos modelos matemáticos foi possível avaliar o potencial de contaminação dos 7 princípios ativos.

Dos agrotóxicos avaliados, o Imidaclopride e Tiametoxam se destacaram como os mais propensos a contaminação de águas subterrâneas e águas superficiais. Já o princípio ativo Carbendazim é mais propenso a contaminação de águas superficiais. No entanto, os outros princípios ativos também merecem atenção, haja vista que se enquadram nas faixas intermediárias de contaminação dos métodos. O estudo realizado nesta pesquisa servirá como base para novos estudos empregando análises laboratoriais em matrizes de água superficial, água subterrânea e solo com o intuito de monitorar a contaminação ambiental por esses agrotóxicos.

REFERÊNCIAS

- ARMAS, E. D. et al. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, v. 28, n. 06, p. 975-982, 2005.
- ANDRADE, A. S. et al. Análise de risco de contaminação de águas superficiais subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Paranaíba - MG. **Química Nova**, v. 34, 2011.
- ABRASCO. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. **Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Casa Civil da Presidência da República**, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm, acessado em: 20 mai. 2021.
- BRASIL. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos 2019**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 13 mai. 2021.
- BRITTO, F. B. **Pesticidas no alto do rio Poxim e os riscos de contaminação**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.
- COSTA, A. L. **Lixiviação de nutrientes, elementos-traço e tiametoxam em solos com cafeeiro, sob efeito do uso sucessivo de lodo de esgoto**. 192 f. Tese (doutorado)

- Universidade Federal de Lavras, 2015.
- FAN, F. M. et al. Resíduos de agrotóxicos em água e solo de município em região produtora de fumo no Rio Grande do Sul. **Saúde coletiva, desenvolvimento e (in) sustentabilidades no rural**, p. 89-108, 2018.
 - GEBLER, L.; SPADOTTO, C. A. **Comportamento ambiental dos herbicidas**. In VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, p. 59. 2004.
 - GOSS, D.W. **Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts**. Weed Technology, Champaign, v.6, n.4, p.701-708, 1992.
 - GUPTA, S. et al. Soil dissipation and leaching behavior of a neonicotinoid insecticide thiamethoxam. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 80, n. 5, p. 431-437, 2008.
 - GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford, v. 8, n. 4, p. 339-357, 1989.
 - HALL, N. et al. **Neoquímica: A química moderna e suas aplicações**. Bookman, Porto Alegre, 392p, 2004.
 - International Union of Pure and Applied Chemistry. IUPAC. **Footprint pesticides properties database**. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>. Acesso em 21 abr. 2016
 - LASKOWSKI, D. A. et al. **Terrestrial Environment**. In: CONWAY, R. A. (Ed.) Environmental Risk Analysis for Chemicals. New York: Krieger Publishing Company, p. 198-240. 1982.
 - LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J. B. **Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos**. In: CURI, N., MARQUES, J.J., GUILHERME, L.R.G., LIMA, J.M., LOPES, A.S., ALVAREZ V, V.H. (Org.). Tópicos especiais em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 335- 400, v. 3, 2003.
 - MANZINI, Eduardo José. Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação. **Revista Percurso**, v. 4, n. 2, p. 149-171, 2012.
 - MEFTAUL, I. M. et al. Pesticides in the urban environment: a potential threat that knocks at the door. **Science of the Total Environment**, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134612, 2020.
 - OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. **Comportamento dos herbicidas no ambiente** In: OLIVEIRA J. R.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Curitiba-PR: Ompipax, p. 263-304, 2011.
 - RABELO, R.M.; CALDAS, E.D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Química Nova**, Vol. 37, No. 7, 1199-1208, 2014.
 - RIBEIRO, A. C. et al. Resíduos de pesticidas em águas superficiais de área de nascente do rio São Lourenço-MT: Validação de método por extração em fase sólida e cromatografia líquida. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 284-290, 2013.
 - SIEDE, J. **Avaliação de resíduos de agrotóxicos em águas de açudes no município de Ajuricaba/RS**. 30 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2019.
 - SILVA, R. A. G.; FARIA, A. M. Determinação de multiresíduos de agrotóxicos em méis produzidos na região do Triângulo Mineiro por UHPLC- MS/MS. **Química Nova**, Vol. 43, No. 3, 307-313, 2020.