

DIUROM E TEBUCONAZOL NO BRASIL: COMERCIALIZAÇÃO E OCORRÊNCIA EM ÁGUAS

DIURON AND TEBUCONAZOLE IN BRAZIL: COMMERCIALIZATION AND OCCURRENCE IN WATERS

TACIANE DE OLIVEIRA GOMES DE ASSUNÇÃO¹
LUANA SCHEFFER THONI²
FERNANDA BENTO ROSA GOMES³
SAMUEL RODRIGUES CASTRO⁴
EMANUEL MANFRED FREIRE BRANDT⁵
RENATA DE OLIVEIRA PEREIRA⁶

DOI:

RESUMO

Os agrotóxicos são microcontaminantes ambientais utilizados na agricultura para o controle de pragas e ervas daninhas, podendo contaminar mananciais de abastecimento e provocar danos à saúde e ao ambiente. Dentre esses, encontram-se o diurom e o tebuconazol, agrotóxicos com uso autorizado no Brasil em culturas de relevância econômica, como soja, milho e cana-de-açúcar. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre a ocorrência de diurom e tebuconazol em águas do Brasil, avaliando ainda a comercialização desses compostos nos estados brasileiros ao longo dos últimos anos. Diurom e tebuconazol foram amplamente comercializados no Brasil entre os anos de 2009 e 2020, destacando-se as comercializações das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul. Tais compostos apresentam potencial de contaminação das águas, sendo corroborado pelos dados de ocorrência reportados na literatura, que para o diurom os valores variaram de 0,0032 a 140 µg/L e para o tebuconazol de 0,003 a 261,8 µg/L em águas superficiais. Para ambos, apenas um dado foi quantificado em águas superficiais acima do VMP de acordo com a portaria de potabilidade da água. O estudo evidencia ainda a necessidade de maiores estudos acerca desses compostos em águas brasileiras,

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da UFJF (BIC). E-mail: taciene.assuncao@engenharia.ufjf.br.

² Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFJF. Bolsista do Programa Institucional de Voluntariado de Iniciação Científica da UFJF (VIC). E-mail: luana.scheffer@engenharia.ufjf.br.

³ Mestranda em Engenharia Civil pela UFJF. E-mail: fernanda.bento@engenharia.ufjf.br.

⁴ Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF. Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído (PROAC) e do Programa de Pós-Graduação de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC), ambos da UFJF. E-mail: samuel.castro@ufjf.br.

⁵ Diretor técnico da empresa Brandt Meio Ambiente Ltda. Professor permanente do PEC/UFJF. E-mail: emanuel.brandt@ufjf.edu.br.

⁶ Professora orientadora da UFJF. Professora permanente do PEC/UFJF. Endereço profissional: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campus Universitário, Plataforma 4, Centro de Tecnologia, Juiz de Fora, MG – Brasil – CEP: 36036-330. E-mail: renata.pereira@ufjf.br.

principalmente em locais próximos de áreas agrícolas, uma vez que os dados reportados na literatura abrangem um número pequeno de municípios.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Contaminação. Mananciais. Microcontaminantes.

ABSTRACT

Pesticides are microcontaminants used in agriculture to control pests and weeds, which can contaminate water sources and cause damage to health and environment. Among these are diuron and tebuconazole, pesticides that are authorized to be used in crops of economic relevance in Brazil, such as soybeans, corn and sugarcane. In this sense, the aim of this study was to carry out a literature review on the occurrence of diuron and tebuconazole in Brazilian waters and also evaluate the commercialization of these compounds in Brazilian states over the last few years. Diuron and tebuconazole were widely marketed in Brazil between 2009 and 2020, with the Southeast, Midwest and South regions standing out. They have the potential for water contamination, as evidenced by the occurrence data reported in the literature, where for diuron the values ranged from 0.0032 µg/L to 140 µg/L and for tebuconazole from 0.003 µg/L to 261.8 µg/L in surface waters. For both, only one quantified data in surface water reported in the literature was above the MAV established by the water potability ordinance. The study also highlights the need for further studies on these compounds in Brazilian waters, especially in places close to agricultural areas, since the data reported in literature review cover a small number of municipalities.

Keywords: Pesticides. Contamination. Water sources. Microcontaminants.

1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, pesticidas ou defensivos agrícolas são microcontaminantes encontrados no ambiente na ordem de µg/L e ng/L, sendo definidos como substâncias ou uma mistura de substâncias que são utilizadas, entre outras finalidades, para prevenir, controlar ou repelir pragas em cultivos agrícolas e para regular o crescimento das plantas (USEPA, 2022). Esses produtos proporcionaram o aumento da produtividade agrícola no Brasil e no mundo, resultando em uma maior oferta de alimentos (PORTO & SOARES, 2012).

Entretanto, seu uso traz prejuízos ao ambiente e à saúde humana. Estudos demonstraram a contaminação das águas, da flora, animais aquáticos e de alimentos. Além disso, alguns trabalhos reportam danos graves à saúde, como intoxicações, danos ao DNA, alterações nos sistemas reprodutivos e o desenvolvimento de alguns tipos de câncer (LOPES & ALBUQUERQUE, 2018).

O Brasil se destaca no uso de agrotóxicos e atualmente no país, são 452 ingredientes ativos (IA) de agrotóxicos autorizados para fins agrícolas e não

agrícolas (ANVISA, 2022). Sendo que todos os anos, novos IA são autorizados para uso em território nacional (ASSUNÇÃO *et al.*, 2020). Desses, 54 agrotóxicos e metabólitos têm valores máximos permitidos (VMPs) estipulados pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

O conhecimento sobre a distribuição espacial de comercialização dos agrotóxicos é de extrema importância, considerando que permite a identificação de padrões de consumo e áreas com maiores exposições. Assim, pode-se evidenciar particularidades de cada região e contribuir para o fortalecimento de ações de vigilância e ações integradas de agências ambientais, de saúde e de agricultura, que visam à prevenção e promoção da saúde (PIGNATI *et al.*, 2017).

Dentre os IA de agrotóxicos autorizados para uso no Brasil e presentes no padrão brasileiro de potabilidade da água para consumo humano, tem-se o diurom e o tebuconazol, que podem ser utilizados em algumas das principais culturas produzidas no país, tais como soja, milho e cana-de-açúcar (ANVISA, 2022; BRASIL, 2021; IMAFLORA, 2021). Nesse contexto, dados disponibilizados pelo IBAMA (2022) indicam que tais ingredientes ativos têm sido amplamente comercializados nos estados brasileiros.

Em decorrência disso, considerando os riscos ambientais e à saúde associados à contaminação por agrotóxicos, tais compostos têm sido frequentemente analisados em matrizes ambientais (ALMEIDA *et al.*, 2019; CALDAS *et al.*, 2013; CARBO *et al.*, 2008; CALDAS *et al.*, 2010; GUARDA *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2019; VIANA *et al.*, 2020), sendo que alguns estudos têm reportado a detecção desses agrotóxicos em águas superficiais (LIMA *et al.*, 2019; GUARDA *et al.*, 2020; VIANA *et al.*, 2020), subterrâneas (CARBO *et al.*, 2008; CALDAS *et al.*, 2010) e potáveis (ALMEIDA *et al.*, 2019; CALDAS *et al.*, 2013).

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura acerca da ocorrência dos ingredientes ativos de agrotóxicos diurom e tebuconazol em águas do Brasil, avaliando ainda a comercialização desses compostos nos estados brasileiros ao longo dos últimos anos.

2 METODOLOGIA

2.1 Comercialização de diurom e tebuconazol nos estados brasileiros

A comercialização de diurom e tebuconazol no Brasil foi analisada por meio dos relatórios de vendas estaduais disponibilizados anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) entre 2009 e 2020 (IBAMA, 2022). A partir desses dados foram realizados os cálculos de médias e percentuais anuais para os estados e macrorregiões brasileiras. Adicionalmente, foram feitas análises de tendência da comercialização desses agrotóxicos nos diferentes estados por meio do teste de Mann-Kendall a 95% de confiança no *software* ProUCL 5.1 da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA).

2.2 Autorização de uso de diurom e tebuconazol no Brasil

A autorização de uso de diurom e tebuconazol no Brasil foi avaliado por meio de um levantamento de dados sobre os cultivos relacionados à aplicação desses compostos no país. Para isso, procedeu-se com uma consulta às monografias da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a fim de se verificar as culturas agrícolas para as quais cada um dos agrotóxicos possui uso autorizado no Brasil (ANVISA, 2022).

2.3 Potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas

Adicionalmente, avaliou-se o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por meio dos índices de Goss (GOSS, 1992) e GUS (GUSTAFSON, 1989), respectivamente. Esses índices fundamentam-se nos dados de solubilidade em água, tempo de meia vida no solo (DT_{50}) e Koc (coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo), classificando os compostos em baixo, médio e alto potencial de contaminação. Os valores dos parâmetros mencionados para o cálculo dos índices foram obtidos da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) (IUPAC, 2022).

2.4 Ocorrência de diurom e tebuconazol em águas no Brasil

2.4.1 Revisão da literatura

A ocorrência de diurom e tebuconazol em águas brasileiras foi avaliada por meio de dados obtidos na literatura. Para isso, buscaram-se trabalhos científicos publicados entre 2000 e 2020 utilizando-se termos como: “diurom/tebuconazol em águas no Brasil” e “ocorrência de agrotóxicos em águas do Brasil”, em português e inglês, em bases de busca como Periódicos CAPES, *Science Direct* e Google Acadêmico.

2.4.2 Análise de dados

A partir dos estudos selecionados foram obtidos dados sobre as concentrações dos agrotóxicos de interesse em águas superficiais e subterrâneas no Brasil, bem como os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) dos métodos analíticos empregados nos estudos. Dados da ocorrência do diurom e tebuconazol nas diferentes matrizes aquáticas foram representados espacialmente por meio do *software* ArcGis 10.5. Para isso, foram obtidas as concentrações máximas detectadas de cada agrotóxico nas diferentes matrizes dos municípios brasileiros. Para o caso de dados detectados que se mantiveram abaixo dos LQ dos métodos analíticos utilizados, adotou-se a metade do maior LQ reportado na literatura como valor aproximado para a concentração máxima do agrotóxico, tendo em vista que a técnica de substituição de valores de dados detectados por metade do valor de LQ é frequentemente utilizada em estudos estatísticos para análise de dados ambientais (GOMES *et al.*, 2022; MIKKONEN *et al.*, 2018, SABINO *et al.*, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diurom

O diurom é um herbicida do grupo químico ureia e possui autorização de uso agrícola no Brasil para aplicação em pré e pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de abacaxi, alfafa, algodão, banana, cacau, café, cana-de-açúcar, citros, eucalipto, seringueira, soja e uva, como dessecante da cultura de algodão e em pós-emergência das plantas infestantes dos cultivos de milho e trigo. Além disso, pode ser utilizado para fins não agrícolas como aplicação em ferrovias,

rodovias, pistas de aeroportos, oleodutos, subestações elétricas, pátios industriais e na manutenção de aceiros de florestas e reflorestamentos (ANVISA, 2022).

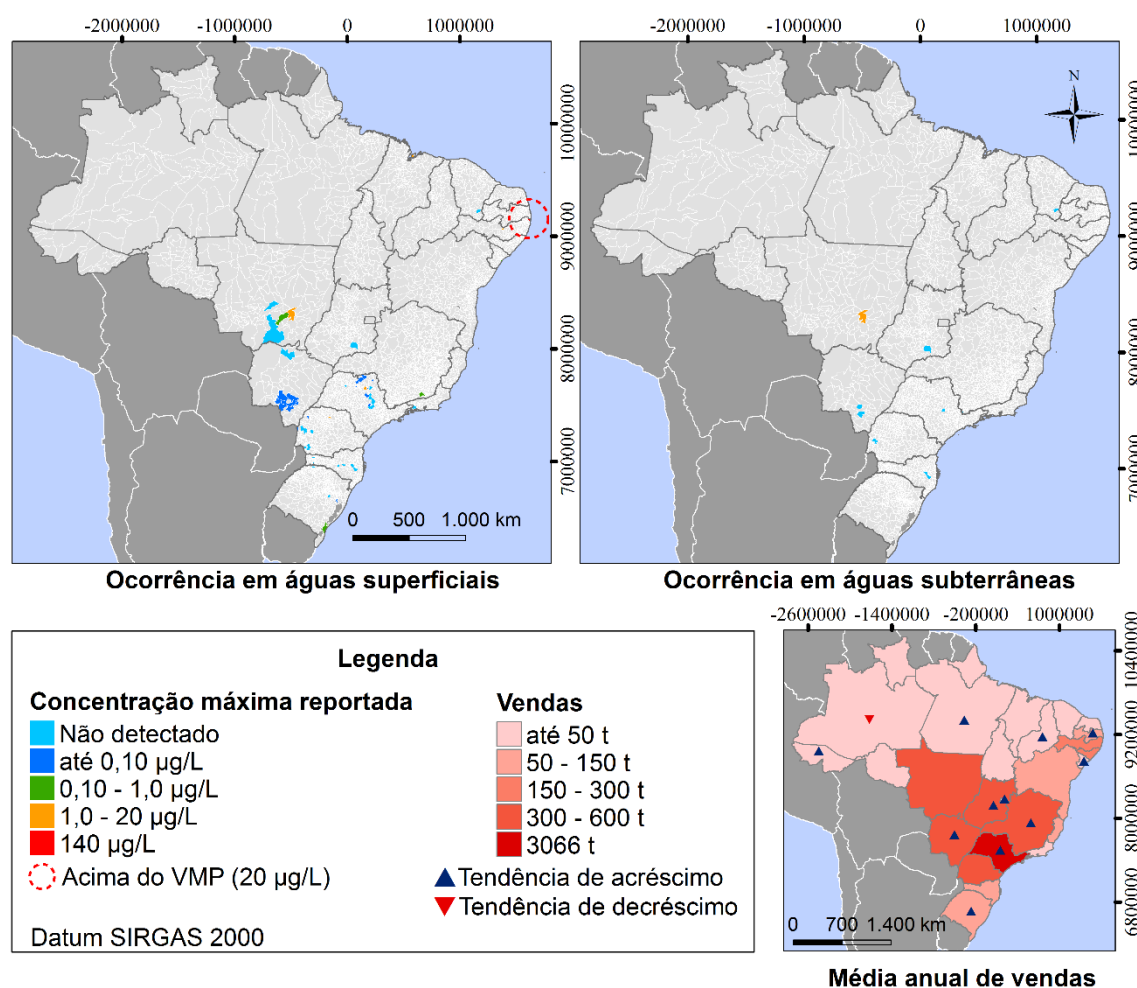
Considerando o período de 2009 a 2020, o diurom apresentou uma média anual de vendas de 6.778 t, estando entre os 15 IA mais comercializados no país em todos anos, com exceção dos anos de 2009, que ficou na 18ª colocação no ranking de vendas com 2.148 t comercializadas, e 2016, no qual o IBAMA não divulgou os dados referentes às vendas desse composto (IBAMA, 2022). É importante ressaltar que, segundo o IBAMA, a divulgação de dados de comercialização dá-se apenas aos ingredientes que apresentaram no mínimo três empresas detentoras de seu registro e que reportaram vendas no referido ano. Nos anos de 2019 e 2020, o diurom ocupou a 12ª posição com 8.001 e 7.902 t vendidas, respectivamente (IBAMA, 2022).

Analisando as vendas por macrorregiões tem-se que a Região Sudeste apresentou os maiores percentuais de vendas no Brasil nos anos de 2009 a 2015, repetindo a marca entre os anos de 2017 e 2020 (Figura 1). Ademais, no período de 2009 a 2020, a Região Sudeste computou, em média anual, aproximadamente 55% das vendas, seguida pelas Regiões Centro-Oeste e Sul, com 19% e 10% das vendas, nessa ordem. No período supramencionado, os estados de São Paulo, Paraná, Goiás e Minas Gerais apresentaram os maiores percentuais médios de vendas, sendo esses: 45,7%, 7,8%, 7,7% e 7,4%, respectivamente. Desses, destaca-se o estado de São Paulo que apresentou os maiores quantitativos de vendas de 2009 a 2020, configurando em média anual 3.066 t de diurom comercializadas. Ressalta-se ainda que, de acordo com o teste de Mann-Kendall, não foi evidenciada tendência estatisticamente significativa a 95% de confiança de aumento ou redução nas vendas de diurom no Brasil. Contudo, quando se aplicou o mesmo teste para os estados, observou-se que 11 estados demonstraram tendências temporais estatisticamente significativas de aumento nas vendas de diurom, sendo que apenas o estado do Amazonas demonstrou tendência de queda na comercialização desse composto (Figura 1).

No ambiente, o diurom é considerado persistente e móvel, sendo encontrado com frequência em águas superficiais e subterrâneas (USEPA, 2001). Não obstante, apresenta alto índice de GUS (GUSTAFSON, 1989), indicando alto potencial de contaminação de mananciais subterrâneos, bem como apresenta médio índice de Goss associado ao solo ou sedimento e alto Goss devido à sua

dissolução em água, indicando se tratar de um composto com alto potencial de contaminação das águas superficiais (GOSS, 1992). No solo é considerado persistente, sendo reportado na literatura em estudos com diferentes solos e diferentes valores de pH, tempos de meia vida variando de 40 a 91 d nessa matriz (Rocha *et al.*, 2013).

Figura 1 – Ocorrência de diurom em águas superficiais e subterrâneas dos municípios do Brasil e comercialização de diurom nos estados brasileiros



Fonte: Autoria própria (2022).

Foram encontrados 37 trabalhos sobre o diurom em águas brasileiras (Apêndice A – Tabela 1), sendo que 33 o analisaram em águas superficiais (CAPPELINE, 2008; FIGUEIREDO, 2012; DEMOLINER, 2008; DONATO, 2012; PINHEIRO *et al.*, 2010; MENDES *et al.*, 2011; SOUZA, 2006; ROCHA, 2011; PINTO, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2013; SANTOS, 2013; BRITTO *et al.*, 2012; ALVES,

2016; FERREIRA *et al.*, 2016; BUCCI, 2015; ARMAS *et al.*, 2007; CALHEIROS *et al.*, 2010; MOURA, 2013; VIEIRA *et al.*, 2017; ACAYABA, 2017; CALDAS *et al.*, 2019; MACHADO *et al.*, 2016; BERTON *et al.*, 2018; VIANA *et al.*, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; DINIZ *et al.*, 2014; ARSAND *et al.*, 2018, SPOSITO *et al.*, 2018; BLANCO *et al.*, 2018; BARIZON *et al.*, 2020; AZEVEDO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2020) e 9 em águas subterrâneas (CARBO *et al.*, 2008; PINHEIRO *et al.*, 2010; SOUZA, 2006; SOUZA *et al.*, 2004; SANTOS, 2013; ALVES, 2016; BEDA, 2014; FRANCISCO *et al.*, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2019). Em águas superficiais, das 1450 amostras reportadas, 1170 não detectaram a presença de diurom (81%) e 99 o quantificaram, onde os valores variaram de 0,0032 a 140 µg/L. Já em águas subterrâneas, das 814 amostras reportadas, somente 5 foram quantificadas e 15 detectadas (Figura 1). Conforme observado na Figura 1, os dados encontrados na literatura ainda abrangem um baixo número de municípios brasileiros (águas superficiais: 64 municípios; águas subterrâneas: 13 municípios).

É importante ressaltar que no Brasil não existem limites máximos estabelecidos para o diurom ou tebuconazol em águas naturais (BRASIL, 2005; BRASIL, 2008). Porém, observou-se que a concentração máxima reportada por Silva *et al.* (2020), em águas superficiais da região de Goiana, Pernambuco, excedeu o valor máximo estabelecido para o diurom no padrão de potabilidade da água para consumo humano do Brasil (20 µg/L) (BRASIL, 2021). De acordo com os autores, o local de amostragem encontra-se em uma região de cultivo de cana-de-açúcar (SILVA *et al.*, 2020), que é uma das culturas agrícolas para os quais o diurom é autorizado para uso no Brasil (ANVISA, 2022).

Com relação às concentrações em águas internacionais, em estudo de fitotoxicidade de águas superficiais, Bengston Nash *et al.* (2006) reportaram concentração máxima de diurom de 0,060 µg/L no estuário Thames no Reino Unido e 0,110 µg/L no rio Brisbane na Austrália. Já em águas subterrâneas na Nova Zelândia, Close e Flintoft (2004) reportaram concentração na ordem de 0,8 µg/L e Close e Humphries (2016) encontraram uma concentração de 0,21 µg/L. Nos Estados Unidos foi reportado uma faixa de concentração variando entre 2,7 e 2849 µg/L em águas superficiais e de 0,34 a 5,37 µg/L em águas subterrâneas (USEPA, 2001). Portanto, com exceção da concentração máxima reportada nos Estados Unidos, as concentrações de diurom reportadas no Brasil encontraram-

se, no geral, na mesma ordem de magnitude dos valores reportados internacionalmente, sendo que tais concentrações podem variar de acordo com a intensidade do uso do composto, bem como das práticas de manejo empregadas.

3.2 Tebuconazol

O tebuconazol é um fungicida do grupo químico triazol e possui autorização para aplicação foliar no Brasil para culturas como: abacate, abacaxi, abóbora, abobrinha, acelga, acerola, alface, algodão, alho, almeirão, ameixa, amendoim, arroz, aveia, banana, batata, berinjela, beterraba, brócolis, cacau, café, cana-de-açúcar, canola, cevada, chuchu, couve, feijão, milho, soja, tomate e trigo. Também pode ser utilizado como preservante de madeira (ANVISA, 2022).

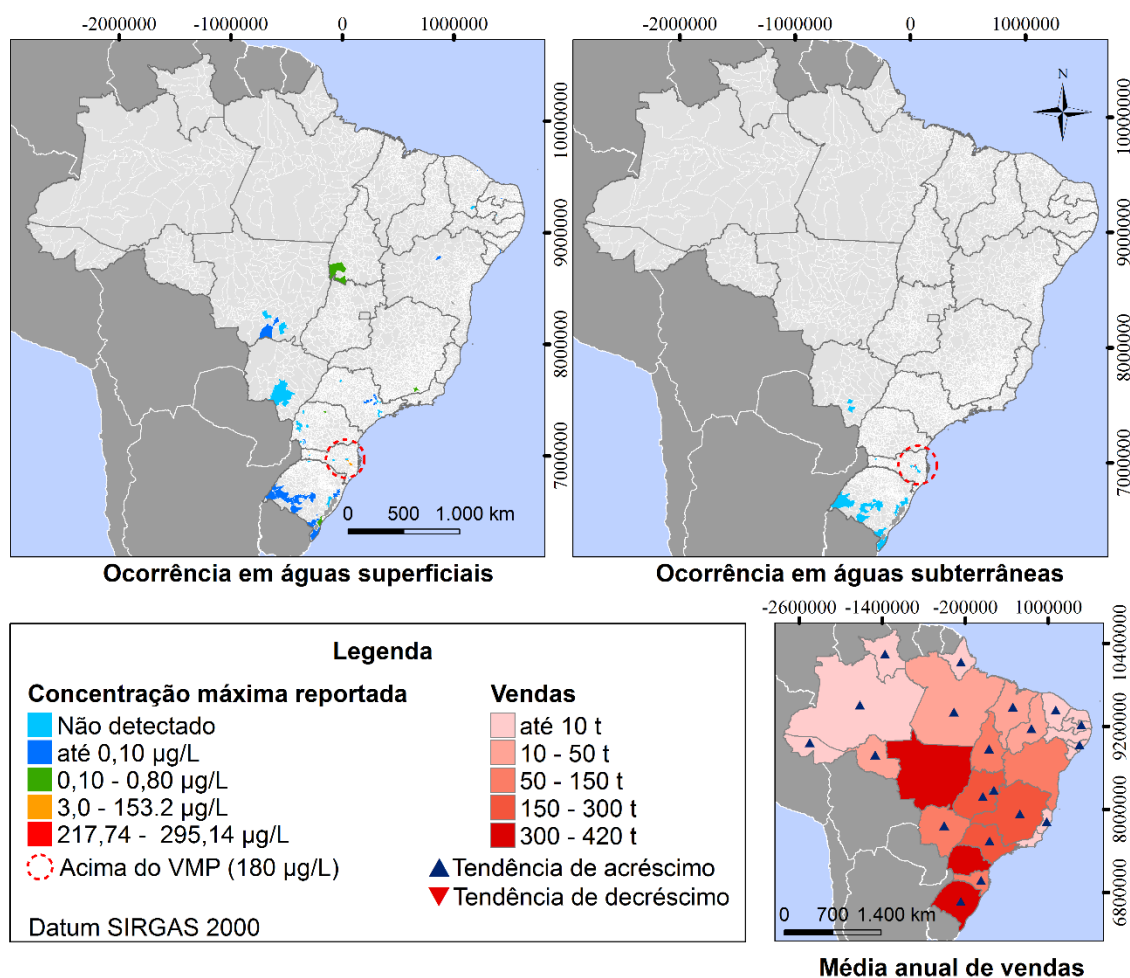
No período de 2009 a 2020, foi comercializado em média anual 2.551 t de tebuconazol no Brasil, fazendo com que esse composto configurasse entre os 30 IA mais vendidos em todos anos, com exceção dos anos de 2011 e 2012, anos nos quais ocupou a 32° e 31° posições, respectivamente. É válido mencionar que o ano de 2020 foi o ano em que mais se comercializou o tebuconazol no país, com 4.353 t, sendo esse valor superior à média de vendas entre 2009 e 2020.

Considerando as comercializações em média anual por macrorregiões, as Regiões Sul e Centro-Oeste se destacaram como as que mais comercializaram no Brasil, com 33% e 31% das vendas, respectivamente. Quando se analisa por unidade federativa destacaram-se os estados do Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com 16,3%, 15,4%, 15,1% e 8,7%, respectivamente. Desses destaca-se o estado do Mato Grosso, com média anual de vendas de 421 t. Ademais, salienta-se que, a partir do teste não paramétrico de Mann-Kendall a 5% de significância, evidenciou-se uma tendência de acréscimo nas vendas totais de tebuconazol no Brasil. Aplicando-se o mesmo teste estatístico para os estados brasileiros, tendências de acréscimo nas vendas de tebuconazol também foram observadas em 20 unidades federativas (Figura 2).

Quanto ao potencial de contaminação de águas, o tebuconazol apresenta baixo índice de GUS, que indica baixa probabilidade de contaminação de mananciais subterrâneos (GUSTAFSON, 1989) e alto índice de Goss associado ao solo ou sedimento, bem como devido a sua dissolução em água, indicando se tratar de um composto com alto potencial de contaminação de águas superficiais (GOSS, 1992). Segundo a USEPA (2000), o tebuconazol tem, de

fato, baixo potencial de atingir as águas subterrâneas, com exceção de localidades com solos com alto teor de areia e baixo teor de matéria orgânica.

Figura 2 – Ocorrência de tebuconazol em águas superficiais e subterrâneas dos municípios do Brasil e comercialização de tebuconazol nos estados brasileiros



Fonte: Autoria própria (2022).

Em águas brasileiras foram encontrados 25 trabalhos (Apêndice A – Tabela 2), sendo que 23 analisaram tebuconazol em águas superficiais (DEMOLINER, 2008; DONATO, 2012; LAABS, 2002; PINHEIRO *et al.*, 2010; MENDES *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2009; AZEVEDO *et al.*, 2016; BUCCI, 2015; MOURA, 2013; VIEIRA *et al.*, 2017; BRITTO, 2015; CALDAS *et al.*, 2019; MONTAGNER *et al.*, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; BARIZON *et al.*, 2020; FRANCISCO *et al.*, 2019; BERTON *et al.*, 2018; SPOSITO *et al.*, 2018; GUARDA *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2019; CALDAS *et al.*, 2013) e 5 em águas

subterrâneas (LAABS *et al.*, 2002; PINHEIRO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011; FRANCISCO *et al.*, 2019; CALDAS *et al.*, 2010). Assim como no caso do diurom, os estudos publicados na literatura ainda abrangem uma pequena porção de municípios brasileiros (águas superficiais: 74 municípios; águas subterrâneas: 32 municípios) (Figura 2). Tal aspecto evidencia, a necessidade de mais estudos da ocorrência de diurom e tebuconazol nas águas do país, especialmente nas proximidades de regiões em que se plantam culturas agrícolas para as quais esses compostos podem ser utilizados, já que ambos têm sido amplamente comercializados no país.

Em águas superficiais, das 948 amostras reportadas, 777 não detectaram a presença de tebuconazol (82%). Das 29 amostras quantificadas, foram reportadas concentrações variando de 0,003 a 261,8 µg/L. Já em águas subterrâneas, foram 85 amostras reportadas, com concentrações de 1,7 a 295,1 µg/L (Figura 2). Tem-se, portanto, que tanto amostras de águas superficiais quanto subterrâneas apresentaram altas concentrações de tebuconazol, com valores máximos superando o estabelecido pelo padrão de potabilidade (180 µg/L) (PINHEIRO *et al.*, 2010; BRASIL, 2021), apesar de sua dinâmica ambiental não favorecer sua presença em mananciais subterrâneos. Tais concentrações foram encontradas na bacia hidrográfica do Itajaí, Santa Catarina, em uma região que abrange municípios de pequeno porte e propriedades rurais (PINHEIRO *et al.*, 2010).

Em estudo de revisão de literatura considerando trabalhos publicados entre os anos de 2012 a 2019, Souza *et al.* (2020) encontraram valores de concentrações máximas de tebuconazol em águas superficiais variando de 0,0076 µg/L a 0,48 µg/L, na China, EUA, Argentina, Espanha e Canadá. Concentrações médias variaram de 0,00233 µg/L a 0,067 µg/L, levando em consideração estudos realizados no Chile, China, Argentina e Espanha. Já as concentrações mínimas reportadas variaram de 0,00058 µg/L a 0,03 µg/L, considerando estudos realizados na China, Argentina e Espanha. Portanto, apesar de não ter sido detectado em 82 % das amostras no Brasil, o tebuconazol, quando quantificado, teve algumas amostras em concentrações superiores às encontradas em águas internacionais (Figura 2).

4 CONCLUSÃO

Verificou-se que o diurom e o tebuconazol são importantes agrotóxicos para o Brasil. O diurom ocupa a 15^o posição dentre os mais comercializados e o tebuconazol apresenta tendência de acréscimo nas vendas. O estudo evidenciou ainda que as águas superficiais são passíveis de serem contaminadas por diurom e tebuconazol com 19% e 18% de detecção, respectivamente. Todavia, para ambos, apenas um dado, reportado na literatura consultada, foi quantificado em águas superficiais com valor acima do VMP reportado na portaria de potabilidade da água. Salienta-se ainda, que os estudos encontrados na literatura sobre as concentrações em águas de diurom e tebuconazol abrangem um número pequeno de municípios brasileiros, evidenciando a necessidade de estudos sobre a ocorrência desses compostos em águas brasileiras, principalmente em regiões agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ACAYABA, Raphael D. A. **Ocorrência de agrotóxicos usados na cana-de-açúcar em corpos d'água do Estado de São Paulo**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2017.
- ALMEIDA, Mariana B. *et al.* Pesticide Determination in Water Samples from a Rural Area by Multi-Target Method Applying Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 8, p. 1657-1666, 2019.
- ALVES, Paulo Alexandre de Toledo. **Aquífero sob ameaça: estudo sobre a contaminação por agrotóxicos em uma área de recarga do Aquífero Guarani**. 2016. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- ANVISA (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA). **Monografias de agrotóxicos**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias>>. Acesso em: mai. 2022.
- ARMAS, Eduardo Dutra de *et al.* Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do Rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, v. 30, n. 5, 2007.

ARSAND, Juliana Bazzan *et al.* Wide-Scope Determination of Pharmaceuticals and Pesticides in Water Samples: Qualitative and Confirmatory Screening Method Using LC-qTOF-MS. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 229, n. 399, 2018.

ASSUNÇÃO, Taciane de Oliveira Gomes de *et al.* Novos agrotóxicos e o padrão de potabilidade da água: dinâmica ambiental e riscos à saúde. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, e. 16, 2020.

AZEVEDO, Julio Cesar Rodrigues *et al.* Determinação de Pesticidas na Água e Sedimento do Rio Piquiri. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA**, v. 9, n. 3, 2016.

BARIZON, Robson R. M. *et al.* Pesticides in the surface waters of the Camanducaia River watershed, Brazil. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 55, n. 3, p. 283-292, 2020.

BEDA, Cassio. **Avaliação de agrotóxicos de uso canavieiro em águas subterrâneas: uma proposta para o Sistema aquífero Guarani**. 2014, 97 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

BENGTSON NASH, S. M. *et al.* Phytotoxicity of surface waters of the Thames and Brisbane River Estuaries: A combined chemical analysis and bioassay approach for the compariso of two systems. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 21, n. 11, p. 2086-2093, 2006.

BERTON, André *et al.* Grab and passive sampling applied to pesticide analysis in the São Lourenço river headwater in Campo Verde – MT, Brazil. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 53, n. 4, p. 237-245, 2018.

BLANCO, Silvia Priscila Dias Monte *et al.* Groundwater quality monitoring of the Serra Geral aquifer in Toledo, Brazil. **Journal of Environmental Science and Health, Part A**, v. 53, n. 14, p. 1243-1252, 2018.

BRASIL. Portaria GM/MS N° 888/2021, de 4 de maio de 2021. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 mai. 2021, Seção 1, p. 127.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 357/2005, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 396/2008, de 03 de abril de 2008. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 abr. 2008, Seção 1, p. 64-68.

BRITTO, Fábio Brandão *et al.* 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.

BRITTO, Fábio Brandão. **Monitoramento e modelagem da qualidade da água e agrotóxicos em corpos hídricos no baixo São Francisco Sergipano**. 2015. 165 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

BUCCI, Maria Magaly Heidenreich Silva. **Estudo da qualidade da água da Represa Dr. João Penido: Metais, agrotóxicos, índices de qualidade da água e de estado trófico (Juiz de Fora, MG)**. 2015. 165 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

CALDAS, Sergiane Souza *et al.* Determination of pharmaceuticals, personal care products, and pesticides in surface and treated waters: method development and survey. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 5855-5863, 2013.

CALDAS, Sergiane S. *et al.* Occurrence of Pesticides and PPCPs in Surface and Drinking Water in Southern Brazil: Data on 4-Year Monitoring. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2019.

CALDAS, Sergiane S. *et al.* Pesticide Residue Determination in Groundwater using Solid-Phase Extraction and High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detector and Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 4, p. 642-650, 2010.

CALHEIROS, Débora Fernandes *et al.* Contaminação por agrotóxicos nas águas da Bacia do Alto Paraguai. In: 3º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul e 2º Encontro de Produtores Agroecológicos de MS, 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá: EMBRAPA, 2010, n. p.

CAPPELINI, Luciana Teresa Dias *et al.* **Análise dos pesticidas ametrina, atrazina, diuron e fipronil em amostras de água do Ribeirão do Feijão**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química Analítica). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

CARBO, Leandro *et al.* Determination of Pesticides Multiresidues in Shallow Groundwater in a Cotton-growing Region of Mato Grosso, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 00, n. 00, p. 1111-1117, 2008.

CLOSE, Murray E.; FLINTOFT, Mark J. National survey of pesticides in groundwater in New Zealand – 2002. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 38, n. 2, p. 289-299, 2004.

CLOSE, Murray E.; HUMPHRIES, Bronwyn. The 2014 national survey of pesticides in groundwater in New Zealand. **Journal of Hydrology**, v. 55, n. 2, p. 73-88, 2016.

DEMOLINER, Adriana. **Otimização e Validação de metodologia Analítica Empregando SPE e LC-ESI-MS/MS para Determinação de Multiclasses de Agrotóxicos e Metabólitos em Água de Superfície e de Abastecimento Público**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química Tecnológica e Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2008.

DINIZ, Lia Gracy R. *et al.* First Appraisal of Water Contamination by Antifouling Booster Biocide of 3rd Generation at Itaqui Harbor (São Luiz – Maranhão – Brazil). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 25, n. 2, p. 380-388, 2014.

DONATO, Filipe Fagan. **Resíduos de Agrotóxicos em Água Potável Usando SPE e Determinação Rápida por LC-MS/MS e GC-MS/MS**. 2012. 166 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FERREIRA, Adson da S. G. *et al.* Ocorrência e distribuição espaço-temporal de resíduos de herbicidas na sub-bacia do Rio Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1124-1128, 2016.

FIGUEIREDO, Sergio Batista de *et al.* **Avaliação da Qualidade da Água da Sub-bacia do Rio Cuiabá-MT Aplicando Análise Multivariada**. 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

FRANCISCO, Luiza Flavia Veiga *et al.* Metals and emerging contaminants in groundwater and human health risk assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 24581-24594, 2019.

GOMES, Fernanda Bento Rosa *et al.* Occurrence of chemical substances in water supply systems of Brazil: a nonparametric approach for statistical analysis of Sisagua data. **Ciência e Natura**, v. 44, e. 24, p. 1-33, 2022.

GOSS, Don W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. **Weed Technology**, v. 6, p. 701-708, 1992.

GUARDA, Patricia Martins *et al.* Analysis of triazines, triazoles, and benzimidazoles used as pesticides in different environmental compartments of the Formoso River and their influence on biodiversity in Tocantins. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 55, n. 9, p. 783-793, 2020.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater Ubiquity Score: a Simple Method for Assessing Pesticide Leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, p. 339-357, 1989.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2022. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>>. Acesso em: mai. 2022.

IMAFLOA (INSTITUTO DE MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA). Produção de alimentos no Brasil: geografia, cronologia e evolução. 137 páginas. Brasil, 2021.

IUPAC (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY). **IUPAC Pesticides Properties DataBase**. 2022. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>>. Acesso em: mai. 2022.

LAABS, Volker *et al.* Pesticides in Surface Water, Sediment, and Rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil. **Journal of Environment Quality**, v. 31, n. 5, p. 1636-1648, 2002.

LIMA, José Augusto Monteiro de Castro *et al.* “Modern agriculture” transfers many pesticides to watercourses: a case study of a representative rural catchment of southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 10581-10598, 2019.

LOPES, Carla Vanessa Alves, ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

MACHADO, Carolina S. *et al.* Chemical Contamination of Water and Sediments in the Pardo River, São Paulo, Brazil. **Procedia Engineering**, v. 162, p. 230-237, 2016.

MENDES, Beatriz Garcia *et al.* Estudo da Qualidade das Águas do Rio Marombas (SC/Brasil), Utilizando Parâmetros Físico-Químicos e Bioensaios. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 5, n. 2, p. 43-58, 2011.

MIKKONEN, Hannah G. *et al.* Evaluation of methods for managing censored results when calculating the geometric mean. **Chemosphere**, v. 191, p. 412-416, 2018.

MONTAGNER, Cassiana C. *et al.* Trace analysis of pesticides and an assessment of their occurrence in surface and drinking waters from the State of São Paulo (Brazil). **Analytical Methods**, v. 6, n. 17, p. 6668-6677, 2014.

MOURA, Eliel Rogério Rolim de. **Determinação de pesticidas no rio Piquiri por LC/MS/MS**. 2013, 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PIGNATI, Wanderlei Antonio *et al.* Spatial distribution of pesticide use in Brazil: a strategy for Health Surveillance. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017.

PINHEIRO, Adilson *et al.* Presença de pesticidas em águas superficiais e subterrâneas na bacia do Itajaí, SC. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 7, n. 2, p. 17-26, 2010.

PINTO, G. M. F. **Desenvolvimento de metodologia para determinação de multirresíduos de herbicidas e seus metabólitos em água e em solo por cromatografia líquida de alta eficiência**. 2002. 196 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.

PORTO, Marcelo Firpo; SOARES, Wagner Lopes. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n.125, p.17-50, 2012.

RIBEIRO, Anna Carolina Araújo *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.

ROCHA, Aderbal Almeida. **Monitoramento de agrotóxicos em áreas irrigadas por pivô central na microbacia do Tijunheiro, município de Morrinhos, Goiás**. 2011. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ROCHA, Paulo Roberto Rocha *et al.* Meia-vida do diuron em solos com diferentes atributos físicos e químicos. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 1961-1966, 2013.

SABINO, Claudia Vilhena Schayer *et al.* Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19 (spe), p. 87-94, 2014.

SANTOS, Edson Aparecido dos. **Contaminação por herbicidas em corpos hídricos da microbacia do Córrego Rico (SP) e aspectos toxicológicos de atrazine a juvenis de *Piaractus mesopotamicus***. 2013. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

SILVA, Diecson Ruy Orsolin da *et al.* Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. **Ciência Rural**, n. 39, v. 9, p. 2383-2389, 2009.

SILVA, Diecson Ruy Orsolin da *et al.* Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 748-752, 2011.

SILVA, Maria Carolina Silveira Costa *et al.* Investigação da ocorrência de resíduos de herbicidas em rios da reserva extrativista Acaú-Goiana. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, 2020.

SOUZA, Laura Fernanda Condota Borba de *et al.* Determination of pesticides in the source and drinking waters in Londrina, Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, 2019.

SOUZA, Renata Mariane de *et al.* Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 135, p. 22-37, 2020.

SOUZA, Valéria de. **Avaliação da Contaminação de águas por Resíduos de pesticidas em Área de Cultura de Algodão: Região de Primavera do Leste – MT.** 2006. 124 f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

SOUZA, V. L. *et al.* Determinação de pesticidas em água de poços tubulares em áreas de cultura de algodão na microrregião de Primavera do Leste, Mato Grosso. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais...** Cuiabá: ABAS, 2004, n. p.

SPOSITO, Juliana C. V. *et al.* Emerging contaminants in Brazilian rivers: Occurrence and effects on gene expression in zebrafish (*Danio rerio*) embryos. **Chemosphere**, v. 209, p. 696-704, 2018.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Environmental Risk Assessment for the Registration of Diuron.** Washington, DC: USEPA, 2001.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Section 18-Use of Tebuconazole on hazelnuts in Oregon.** Washington, DC: USEPA, 2000.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **What is a pesticide?** 2022. Disponível em: <<https://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides/what-pesticide#:~:text=Pesticide%20law%20defines%20a%20%E2%80%9Cpesticide,Any%20nitrogen%20stabilizer>>. Acesso em: mai. 2022.

VIANA, José Lucas Martins *et al.* Antifouling biocides as a continuous threat to the aquatic environment: Sources, temporal trends and ecological risk assessment in an impacted region of Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 730, p. 139026, 2020.

VIEIRA, M. G. *et al.* Avaliação da Contaminação por Agrotóxicos em Mananciais de Municípios da Região Sudoeste do Paraná. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, p. 1800-1812, 2017.