

## Resíduos de Agrotóxicos em Águas do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul



OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

**6** ÁGUA POTÁVEL  
E SANEAMENTO





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agropecuária Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
87**

**Resíduos de Agrotóxicos em Águas do  
Rio Dourados, Mato Grosso do Sul**

*Rômulo Penna Scorza Júnior  
José Tadeu de Oliveira Lana  
Gustavo Bayma Siqueira da Silva  
Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann  
Elias Gomes de Almeida*

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
Dourados, MS  
2021

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
BR 163, km 253,6  
Trecho Dourados-Caarapó  
79804-970 Dourados, MS  
Caixa Postal 449  
Fone: (67) 3416-9700  
www.embrapa.br/  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Unidade

Presidente  
*Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes*

Secretária-Executiva  
*Silvia Mara Belloni*

Membros  
*Alexandre Dinnys Roese, Claudio Lazzarotto,  
Danilton Luiz Flumignan, Guilherme Lafourcade  
Asmus, Marciana Retore, Maria Aparecida  
Viegas Martins, Oscar Fontão de Lima  
Filho e Tarcila Souza de Castro Silva*

Supervisão editorial  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisão de texto  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica  
*Silvia Mara Belloni*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Foto da capa  
*Rômulo Penna Scorza Júnior*

**1ª edição**  
E-book (2021)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Agropecuária Oeste

---

Scorza Júnior, Rômulo Penna

Resíduos de agrotóxicos em águas do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul/ Rômulo Penna Scorza Júnior... [et al.]. - Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste, 2021.

30 p. : il. color. ; 16 x 22 cm. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456 ; 87).

1. Meio ambiente – Contaminação. 2. Agrotóxico – Resíduo. 3. Água superficial – Análise. 4. Rio Dourados – Mato Grosso do Sul. I. Lana, José Tadeu de Oliveira. II. Silva, Gustavo Bayma Siqueira da. III. Loebmam, Daniel Gomes dos Santos Wendriner. IV. Almeida, Elias Gomes de. V. Embrapa Agropecuária Oeste. VI. Título. VII. Série.

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	17
Conclusões .....	27
Agradecimentos.....	28
Referências.....	29



# Resíduos de Agrotóxicos em Águas do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul

Rômulo Penna Scorza Júnior<sup>1</sup>

José Tadeu de Oliveira Lana<sup>2</sup>

Gustavo Bayma Siqueira da Silva<sup>3</sup>

Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann<sup>4</sup>

Elias Gomes de Almeida<sup>5</sup>

**Resumo** – Estudos de monitoramento dos resíduos de agrotóxicos em águas superficiais são necessários para avaliar os níveis de exposição de organismos não alvos, incluindo os seres humanos. Este trabalho teve como objetivo monitorar resíduos de 46 diferentes agrotóxicos e seus produtos de degradação em amostras de água do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul. Amostras foram coletadas mensalmente ou quinzenalmente, em três pontos de amostragem, durante o período de dezembro de 2019 a dezembro de 2020. Para análise, utilizou-se um método multirresíduo, com extração em fase sólida (SPE) e separação e identificação com cromatografia líquida de ultraperformance acoplada à espectrometria de massas (UPLC-MS-MS). Os limites de quantificação (LQ) para os diferentes agrotóxicos e produtos de degradação ficaram entre  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ . Dentre os compostos mais frequentes, os produtos de degradação DEA (deetilatrazina) e 2-hidroxiatrazina ocorreram em todas as amostras, enquanto a atrazina foi detectada em 87% das amostras. As maiores concentrações de cada agrotóxico ou produto de degradação variaram de  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,13 \mu\text{g L}^{-1}$ , sendo os maiores valores observados para atrazina ( $0,13 \mu\text{g L}^{-1}$ ), tiametoxam ( $0,077 \mu\text{g L}^{-1}$ ), 2-hidroxiatrazina ( $0,074 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e imidacloprido ( $0,072 \mu\text{g L}^{-1}$ ). A presença de 29 agrotóxicos e produtos de degradação detectados nesse estudo sem previsão legal de valores máximos permitidos

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>3</sup> Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>4</sup> Geógrafo, mestre em Geografia, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

<sup>5</sup> Analista de sistemas, especialista em Software Livre, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

na legislação brasileira, no que concerne água superficial, evidencia a urgente necessidade de revisão dessa legislação.

**Termos para indexação:** contaminação ambiental; exposição ambiental; pesticidas; monitoramento; recursos hídricos.



## Pesticide Residues in Rio Dourados Waters, Mato Grosso do Sul State

**Abstract** – Monitoring studies of pesticide residues in surface waters are needed to assess the exposure levels of non-target organisms, including humans. This work aimed to monitor residues from 46 different pesticides and their degradation products in water samples of Dourados River, Mato Grosso do Sul. Samples were taken monthly or fortnightly, at three sampling points during the period between Dec. 2019 and Dec. 2020. For analysis, a multiresidue analytical method was used, with solid phase extraction (SPE), and separation and identification with ultra-performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry (UPLC-MS-MS). The quantification limits (LQ) for the different pesticides and degradation products were between  $0.002 \mu\text{g L}^{-1}$  to  $0.02 \mu\text{g L}^{-1}$ . Among the most frequent compounds, the degradation products DEA (deethylatrazine) and 2-hydroxy atrazine occurred in all samples, while atrazine was detected in 87% of the samples. The highest concentrations of each pesticide or degradation product ranged from  $0.002 \mu\text{g L}^{-1}$  to  $0.13 \mu\text{g L}^{-1}$ , with the highest values observed for atrazine ( $0.13 \mu\text{g L}^{-1}$ ), thiamethoxam ( $0.077 \mu\text{g L}^{-1}$ ), 2-hydroxy atrazine ( $0.074 \mu\text{g L}^{-1}$ ) and imidacloprid ( $0.072 \mu\text{g L}^{-1}$ ). The presence of 29 pesticides and degradation products detected in this study without legal provision for maximum values allowed in Brazilian legislation, with regard to surface water, highlights the urgent need for revision of this legislation.

**Index terms:** environmental contamination; environmental exposure; pesticides; monitoring; water resources.

## Introdução

---

O estado de Mato Grosso do Sul é caracterizado por uma ampla rede hidrográfica, o que lhe confere um status de privilégio quanto à disponibilidade de reservas de água superficial. Estima-se que tenha uma disponibilidade hídrica superior a 36.000 m<sup>3</sup> por habitante/ano, colocando-o no grupo de estados brasileiros “ricos” em água superficial (Lima, 2001). Dessa forma, o estado possui compromisso e responsabilidade com a proteção desse recurso para garantir as suas funções sociais, ecológicas e econômicas.

Além da riqueza em recursos hídricos, possui condições edafoclimáticas satisfatórias para o desenvolvimento de atividades agropecuárias intensivas, incluindo os sistemas de produção de grãos (soja e milho) e cana-de-açúcar. Como parte das práticas desses sistemas de produção, tem-se a utilização de agrotóxicos, com objetivo de auxiliar no controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas. No ano de 2019, o total de agrotóxicos comercializados em Mato Grosso do Sul foi superior a 35 mil toneladas de ingrediente ativo, o que representa 6,2% do total comercializado no Brasil (Ibama, 2020).

Os agrotóxicos, além de possuírem funções importantes no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, podem apresentar efeitos indesejáveis aos seres humanos e ao meio ambiente. Especificamente com relação ao meio ambiente, podem ser transportados para as águas superficiais e colocar em risco a biodiversidade aquática e a qualidade das fontes de captação de água para a população humana e animais domésticos. O transporte dos agrotóxicos para as águas superficiais ocorre, principalmente, devido ao seu escoamento superficial no solo pela ação da chuva e formação de enxurrada (Lefrancq et al., 2017). Além do escoamento superficial, Damalas (2015) relata que a deriva das aplicações pode ser um importante processo para entrada dos agrotóxicos nas águas superficiais.

Diante dos riscos de contaminação das águas superficiais pelos agrotóxicos, é de fundamental importância a realização de estudos com o objetivo de quantificar os níveis de exposição dos corpos hídricos. Diversos estudos de monitoramento, no Brasil (Milhome et al., 2015; Sousa et al., 2016; Lima et al., 2020; Acayaba et al., 2021) e em outros países (Gerónimo et al., 2014; Aguilar et al., 2017; Rousis et al., 2017; Glinski et al., 2018), têm sido realizados, com resultados que evidenciam a presença de agrotóxicos em

concentrações e frequências dependentes do tipo de uso e cobertura do solo, clima, características físico-químicas dos compostos, entre outros. Em uma revisão sobre estudos de monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais no Brasil, considerando critérios de qualidade, Albuquerque et al. (2016) relatam que esses estudos são escassos e pontuais, se restringindo a apenas cinco das 27 unidades federativas (26 estados e o DF) – Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Sergipe. No caso de Mato Grosso do Sul, trabalhos sobre monitoramento de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais são escassos e, quando existentes, são restritos a poucos agrotóxicos, locais e amostras (Rocha et al., 2015).

Este trabalho teve por objetivo monitorar resíduos de 46 diferentes agrotóxicos e seus produtos de degradação (compostos com relevância ambiental e toxicológica resultantes da transformação química, biológica e/ou física dos agrotóxicos após sua aplicação) em amostras de água superficial, no Rio Dourados, Mato Grosso do Sul, por um período de 12 meses (10 de dezembro de 2019 a 11 de dezembro de 2020). Os resultados obtidos neste estudo servem como um diagnóstico do nível de exposição do Rio Dourados aos agrotóxicos utilizados nos principais sistemas de produção da região em estudo, fornecendo dados técnico-científicos para aprimoramento de políticas públicas (por exemplo, inclusão de agrotóxicos não previstos na legislação brasileira que regula valores máximos permitidos desses compostos em águas superficiais) e para o processo de avaliação do risco ambiental de agrotóxicos pelas autoridades regulatórias, subsídio na definição de medidas mitigatórias para atenuação da problemática, como o transporte dos agrotóxicos para as águas superficiais, entre outros.

## Material e Métodos

---

### Área de estudo

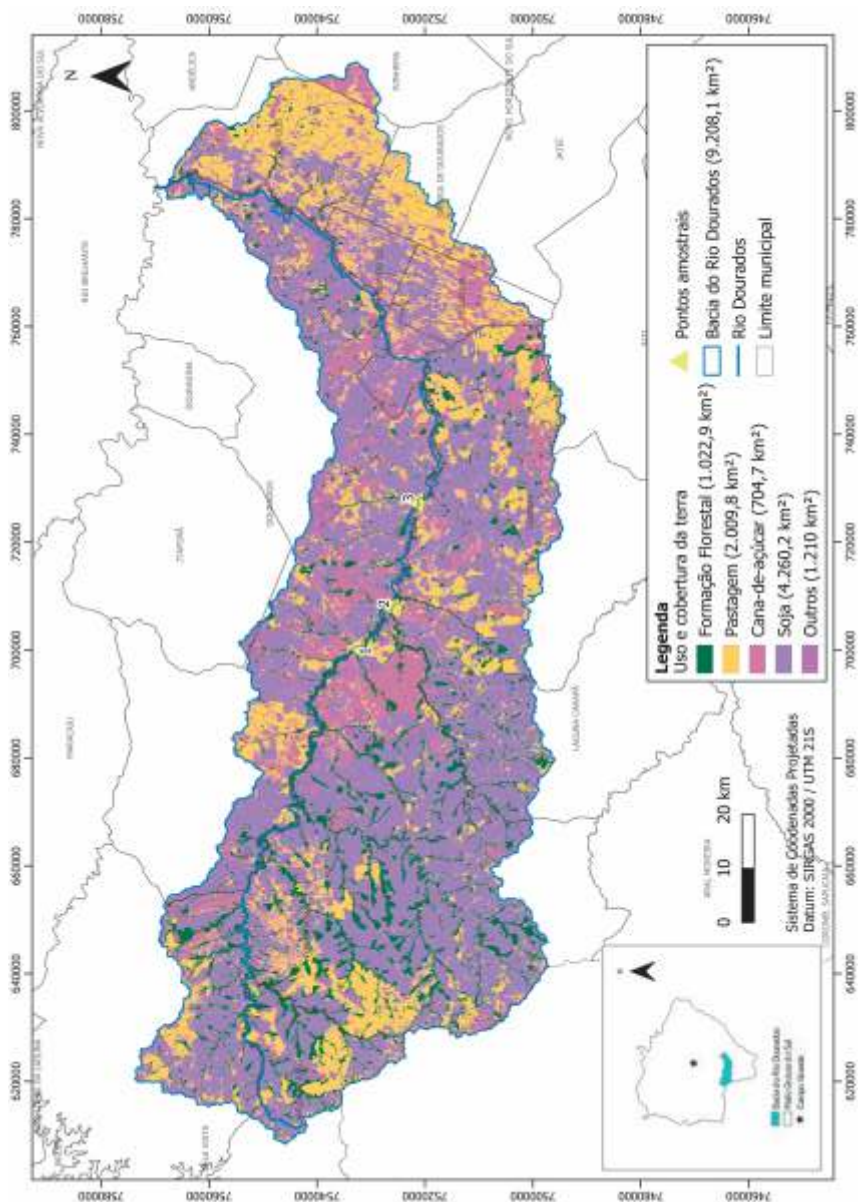
O Rio Dourados, principal constituinte da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (BHRD), nasce nas imediações da Serra de Maracaju (altitude de 700 m), no município de Antônio João, e possui uma extensão total de 374 km, até desembocar no Rio Brillhante (Figura 1). A BHRD está localizada entre as coordenadas geográficas 21°56'37" e 22°38'06"S e 53°59'57" e 55°37'26"O, com uma área total de drenagem igual a 9.208,1 km<sup>2</sup>, onde se inserem, total ou parcialmente, os municípios de Antônio João, Ponta Porã, Caarapó, Laguna Carapã, Vicentina, Fátima do Sul, Deodápolis, Dourados, Glória de Dourados, Jateí e Ivinhema. O tipo de classificação climática de Köppen característico da BHRD é Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos). Os tipos de solos predominantes na BHRD são Latossolo Vermelho Distroférico (74,6%), Latossolo Vermelho Distrófico (23,2%), Argissolo Vermelho (1,8%) e outros (0,4%) (Oliveira et al., 2000).

A BHRD caracteriza-se pela presença de atividade agropecuária intensiva. Informações do MapBiomass coleção 5 (Souza Júnior et al., 2020) revelam que a cobertura vegetal da BHRD em 2019 era constituída pelas seguintes classes: formação florestal (11,1%), pastagens (21,8%), soja (46,3%), cana-de-açúcar (7,7%) e outras (13,1%). Assim, a presença de culturas com uso intensivo de agrotóxicos, como soja e cana-de-açúcar, ocupa grande parte da BHRD (Figura 1). Importante salientar que na área ocupada pela soja no verão tem-se, em sua maioria, o cultivo de milho safrinha no outono-inverno. O cultivo de soja é caracterizado pela semeadura no período entre 15 de setembro (após vazão sanitário) até novembro, com período de colheita entre janeiro a março. Durante a colheita da soja é feita a semeadura do milho, com sua colheita no período entre junho e agosto. Predomina o sistema de plantio direto, tanto para soja como para o milho, e todas as operações de manejo são mecanizadas. Para o manejo fitossanitário dessas culturas, predomina o controle químico com uso de agrotóxicos, porém tem-se observado um pequeno crescimento do uso de insumos biológicos. O cultivo da cana-de-açúcar é caracterizado pelo plantio durante todo o ano, sendo mais concentrado nos meses de fevereiro a junho. Já a colheita ocorre praticamente durante todo o ano, sendo que algumas usinas paralisam essa

atividade durante os meses de outubro a fevereiro para manutenção de suas plantas de produção. As operações de cultivo e preparo do solo são todas mecanizadas, onde há grande revolvimento do solo e o manejo fitossanitário é, em grande parte, com uso de agrotóxicos. A colheita é totalmente mecanizada sem a queima prévia da cana, denominada de colheita de cana crua. Dessa forma, há a deposição de quantidade expressiva de palhada na superfície do solo.

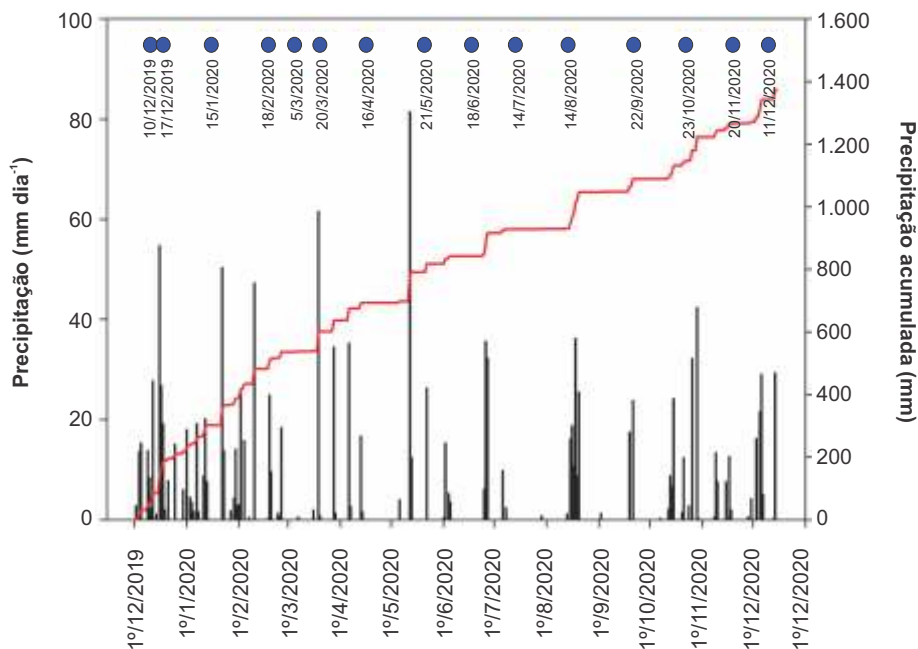
## **Amostragem, condições climáticas e armazenamento das amostras**

Amostras de água no Rio Dourados foram coletadas mensalmente ou quinzenalmente, em três pontos de amostragem (Figura 2), durante o período de 10 de dezembro de 2019 a 11 de dezembro de 2020. As coordenadas geográficas dos pontos de amostragem foram: 22°23'53"S e 54°47'28"O no ponto 1 (ponte do Rio Dourados na rodovia BR 163, no trecho Dourados–Caarapó); 22°21'33"S e 54°58'52"O no ponto 2 (ponte do Rio Dourados na rodovia MS 379, no trecho Dourados–Laguna Carapã) e 22°18'09"S e 55°03'12"O no ponto 3 (ponte do Rio Dourados na rodovia BR 267, no trecho Dourados–Ponta Porã). No total, foram realizadas 15 amostragens nesse período, com um somatório de 135 amostras coletadas (3 locais x 15 datas de amostragem x 3 repetições). Em 2019, as amostragens foram realizadas em 10 e 17 de dezembro. Em 2020, as amostragens ocorreram em 15 de janeiro, 18 de fevereiro, 5 e 20 de março, 16 de abril, 21 de maio, 18 de junho, 14 de julho, 14 de agosto, 22 de setembro, 23 de outubro, 20 de novembro e 11 de dezembro. Os três locais de amostragem foram definidos com base na facilidade de acesso ao Rio Dourados à equipe de trabalho, e considerando também a presença de grandes áreas de cultivo de soja e cana-de-açúcar em torno dos pontos de amostragem, bem como à montante (Figura 1).



Autor: Gustavo Bayma Siqueira da Silva

**Figura 1.** Uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul, com os respectivos pontos de amostragem.



**Figura 2.** Precipitações diária e acumulada no período de 1º de dezembro de 2019 a 15 de dezembro de 2020 em Dourados, MS. As datas de amostragem correspondem aos pontos azuis no gráfico.

Os dados de condições climáticas durante o período de amostragem foram coletados na estação meteorológica automática da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, localizada a uma distância entre 14 km e 25 km dos três pontos de amostragem. A precipitação acumulada durante o período de amostragem (10 de dezembro de 2019 a 11 de dezembro de 2020) foi de 1.297,8 mm (Figura 2), com estimativa da evapotranspiração acumulada de referência, pelo método Penman-Monteith (Allen et al., 1998), igual a 1.430,7 mm. As precipitações diárias variaram entre 0 e 81,5 mm dia<sup>-1</sup>, com a ocorrência da precipitação mais intensa (81,5 mm dia<sup>-1</sup>) no dia 12 de maio de 2020 (Figura 2). As precipitações acumuladas entre as datas de amostragem foram de: 45,6 mm considerando os 10 dias anteriores à primeira coleta, em 10 de dezembro de 2019; 94,3 mm entre 10 e 17 de dezembro de 2019; 162,1 mm entre 17 de dezembro de 2019 e 15 de janeiro de 2020; 179,4 mm entre 15 de janeiro e 18 de fevereiro de 2020; 55 mm entre 18 de fevereiro e

5 de março de 2020; 64,2 mm entre 5 e 20 de março de 2020; 92,9 mm entre 20 de março e 16 de abril de 2020; 97,9 mm entre 16 de abril e 21 de maio de 2020; 51,1 mm entre 21 de maio e 18 de junho de 2020; 86,1 mm entre 18 de junho e 14 de julho de 2020; 2 mm entre 14 de julho e 14 de agosto de 2020; 158,6 mm entre 14 de agosto e 22 de setembro de 2020; 56 mm entre 22 de setembro e 23 de outubro de 2020; 121,5 mm entre 23 de outubro e 20 de novembro de 2020; 76,7 mm entre 20 de novembro e 11 de dezembro de 2020 (Figura 2). A temperatura média diária do ar, no período de amostragem, variou de 26,6 °C a 33,5 °C.

As amostras foram coletadas utilizando-se um extensor com um adaptador para inserção de um frasco de vidro âmbar (1 L) em sua extremidade (Figura 3), permitindo assim que a coleta de amostras fosse realizada à, no mínimo, 2 m da margem do rio. Importante salientar que todos os frascos, antes de cada amostragem, foram devidamente lavados com água ultrapura e acetona, com posterior secagem em estufa. Durante a amostragem, o frasco foi submerso a 30 cm de profundidade no rio por três vezes, com objetivo de seu acondicionamento antes da coleta definitiva da amostra. Para coleta definitiva, o frasco foi submerso com a boca para baixo até 30 cm de profundidade no rio e no sentido contrário do fluxo. Em seguida, o frasco foi movimentado deixando-se a boca em direção à superfície do rio, com objetivo de entrada de água para coleta da amostra. Após a coleta de cada amostra, os frascos foram identificados, tampados e acondicionados em caixas térmicas com gelo para o transporte ao Laboratório de Análises Ambientais da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS. Já no laboratório, as amostras foram conferidas, registradas e acondicionadas em geladeira a 4 °C, até o momento da análise.





Fotos: Rômulo Penna Scorza Júnior

**Figura 3.** Detalhes do procedimento de amostragem e acondicionamento das amostras em caixa térmica com gelo durante transporte ao laboratório.

## **Análise dos resíduos de agrotóxicos e produtos de degradação nas amostras de água**

Para análise da água utilizou-se um método multirresíduo para 46 diferentes agrotóxicos e seus produtos de degradação, que foi desenvolvido e validado no Laboratório de Análises Ambientais da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. Os 46 diferentes compostos selecionados nesse método foram estabelecidos com base no volume de comercialização de cada princípio ativo em Mato Grosso do Sul, uso nas culturas de soja, cana-de-açúcar e milho e sua inclusão nas legislações estadual e federal. Os compostos analisados foram: 2-hidroxiatrazina, alacloro, ametrina, atrazina, bentazona, carbendazim, carbofurano, cianazina, cletodim, clomazona, clorantraniliprole, clorimurrom-etílico, clotianidina, DEA (deetilatrazina), DIA (deisopropilatrazina), diurom, epoxiconazole, fipronil, fipronil dessulfenil, fipronil sulfeto, fipronil sulfona, flusisfope-P, flusisfope-P-butílico, flutriafol, halossulfurom-metílico, haloxifope-P, haloxifope-P-metílico, hexazinona, imazaquim, imazetapir, imidacloprido, mesotriona, metomil, metribuzim, metsulfurom-metílico, nicosulfurom, quincloraque, quizalofope, simazina, sulfentrazone, tebuconazole, tebutiurom, tiametoxam, tiodicarbe, tiram e trifloxissulfurom sódico. Esse método é descrito com detalhes por Scorza Júnior e Paz (2020) e utiliza extração em fase sólida (SPE) com cromatografia líquida de ultraperformance acoplada à espectrometria de massas (UPLC–MS–MS) para identificação e quantificação dos compostos. Importante destacar que esse método permite a concentração da amostra em até 250 vezes, com Limites de Quantificação (LQ) do método entre  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$  (considerando os diferentes compostos analisados).

As análises foram realizadas em até sete dias após a coleta das amostras, sempre reservando uma amostra por ponto e data de amostragem, com o objetivo de assegurar uma contraprova. Portanto, foram analisadas duas amostras em cada um dos três pontos de amostragem, para cada uma das 15 datas de amostragem, totalizando 90 amostras ( $2 \times 3 \times 15$ ) durante todo o período de monitoramento. As contraprovas eram descartadas assim que os resultados finais eram analisados e considerados satisfatórios pelo controle de qualidade do laboratório.

## Resultados e Discussão

---

De um total de 46 diferentes agrotóxicos e seus produtos de degradação considerados neste estudo, observou-se a ocorrência de 32 desses compostos em pelo menos uma amostra, resultando na frequência de ocorrência igual a 69,6% dos compostos analisados (Tabela 1). Esses 32 compostos ocorreram individualmente ou em associação com outros e são classificados com base no seu tipo em: 15 são herbicidas, oito são inseticidas, três são fungicidas e seis são produtos de degradação. Considerando as frequências de ocorrência individuais de cada um dos 32 compostos, observou-se que essas variaram de 4% a 100%. Os produtos de degradação DEA (deetilatrazina) e 2-hidroxiatrazina ocorreram em todas as amostras (frequência igual a 100%), sendo ambos os compostos resultantes da degradação do herbicida atrazina, que ocorreu em 87% das amostras analisadas. Os agrotóxicos e os produtos de degradação mais frequentes ( $\geq 50\%$ ) nas amostras de água analisadas foram: atrazina, DEA, 2-hidroxiatrazina, carbendazim, clorantraniliprole, clotianidina, epoxiconazole, hexazinona, imazetapir, imidacloprido, tebuconazole, tebutiurum e tiametoxam. Já aqueles menos frequentes ( $< 50\%$ ) foram: ametrina, DIA (deisopropilatrazina), bentazona, carbofurano, cletodim, clomazona, clorimurum-etílico, diurom, fipronil, fipronil sulfona, fipronil sulfeto, fluasifope-P-butílico, haloxifope-P-metílico, haloxifope-P, mesotriona, metomil, nicossulfurom, sulfentrazone e tiodicarbe. Não foram encontrados os seguintes agrotóxicos e produtos de degradação em nenhuma das amostras analisadas: alacloro, cianazina, fipronil dessulfenil, fluasifope-P, flutriafol, halossulfurom-metílico, imazaquim, metribuzim, metsulfurom-metílico, quincloraque, quizalofope, simazina, tiram e trifloxissulfurom-sódico. Em um estudo recente de monitoramento de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais de 19 rios no estado de São Paulo, localizados em áreas com cultivo de cana-de-açúcar, Acayaba et al. (2021) observaram que os compostos mais frequentes foram: 2-hidroxiatrazina (100% das amostras), diurom (94%), carbendazim (93%), tebutiurum (92%) e hexazinona (91%). Além desses, também foram encontrados resíduos de imidacloprido (86%), clomazone (58%), atrazina (56%), tebuconazole (41%), carbofurano (39%), azoxistrobina (24%), simazina (8%) e malationa (1%).

**Tabela 1.** Frequência de ocorrência e concentrações dos diferentes agrotóxicos e produtos de degradação em amostras de água superficial (n = 45) coletadas no Rio Dourados, Mato Grosso do Sul, no período de dezembro de 2019 a dezembro de 2020.

Agrotóxico ou produto de degradação	LD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	LQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Amostras positivas (>LD)		Concentração ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )			Tipo	VMP ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
			Total de amostras	Frequência (%)	Média <sup>(1)</sup>	Mediana <sup>(1)</sup>	Maior		
Alacolor	0,003	0,010	0	0	-	-	-	H <sup>(2)</sup>	20
Ametrina	0,001	0,003	2	4	0,008	0,008	0,008	H	-
Atrazina	0,001	0,003	39	87	0,031	0,006	0,130	H	2
DEA (deetilatrazina)	0,0006	0,002	45	100	0,010	0,003	0,047	PD <sup>(3)</sup>	-
DIA (deisopropilatrazina)	0,001	0,003	15	33	0,013	0,013	0,029	PD	-
2-hidroxiatrazina	0,002	0,006	45	100	0,018	0,014	0,074	PD	-
Benfotazone	0,0005	0,002	16	36	0,011	0,006	0,028	H	-
Carbendazim	0,003	0,010	32	71	0,012	0,012	0,012	F <sup>(4)</sup>	-
Carbofurano	0,0001	0,002	2	4	<LQ	<LQ	<LQ	I <sup>(5)</sup>	-
Cianazina	0,00005	0,002	0	0	-	-	-	H	-
Cletodim	0,00005	0,002	9	20	0,004	0,004	0,005	H	-
Clomazona	0,001	0,004	18	40	0,010	0,010	0,013	H	-
Clorantroliprole	0,0004	0,002	42	93	0,006	0,005	0,019	I	-
Clorimurrom-etilico	0,0001	0,002	5	11	0,016	0,017	0,029	H	-
Clotiamidina	0,001	0,003	42	93	0,006	0,005	0,011	I	-
Diuron	0,005	0,016	18	40	0,023	0,022	0,028	H	-
Epoxiconazole	0,0001	0,002	39	87	0,006	0,007	0,008	F	-
Fipronil	0,001	0,008	11	24	0,013	0,011	0,023	I	-
Fipronil sulfona	0,001	0,003	13	29	<LQ	<LQ	<LQ	PD	-
Fipronil sulfeto	0,0001	0,004	6	13	<LQ	<LQ	<LQ	PD	-
Fipronil dessulfenil	0,0007	0,002	0	0	-	-	-	PD	-
Flusisofe-P-butílico	0,002	0,003	5	11	0,004	0,004	0,004	H	-
Flusisofe-P	0,002	0,006	0	0	-	-	-	PD	-
Flutriafol	0,0003	0,002	0	0	-	-	-	F	-
Halosulfurom-metilico	0,00003	0,002	0	0	-	-	-	H	-
Haloxifope-P-metilico	0,00006	0,002	3	7	<LQ	<LQ	<LQ	H	-

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Agrotóxico ou produto de degradação	LD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	LQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Amostras positivas (>LD)		Concentração ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )			Tipo	VMP ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
			Total de amostras	Frequência (%)	Média <sup>(1)</sup>	Mediana <sup>(1)</sup>	Maior		
Haloxífope-P	0,002	0,007	18	40	0,013	0,014	0,022	PD <sup>(3)</sup>	-
Hexazinona	0,0003	0,002	26	58	0,004	0,004	0,005	H <sup>(2)</sup>	-
Imazaquim	0,001	0,002	0	0	-	-	-	H	-
Imazetapir	0,0002	0,002	23	51	0,003	0,002	0,006	H	-
Imidacloprido	0,007	0,020	23	51	0,042	0,037	0,072	I <sup>(5)</sup>	-
Mesotriona	0,002	0,005	4	9	<LQ	<LQ	<LQ	H	-
Metomil	0,003	0,009	4	9	<LQ	<LQ	<LQ	I	-
Metribuzim	0,004	0,012	0	0	-	-	-	H	-
Metsulfurom-metilico	0,00004	0,002	0	0	-	-	-	H	-
Nicosulfurom	0,00005	0,002	9	20	0,007	0,006	0,010	H	-
Quincloraque	0,006	0,018	0	0	-	-	-	H	-
Quizalofope	0,001	0,004	0	0	-	-	-	PD	-
Simazina	0,0001	0,002	0	0	-	-	-	H	2
Sulfentrazone	0,002	0,020	3	7	<LQ	<LQ	<LQ	H	-
Tebuconazole	0,0002	0,002	35	78	<LQ	<LQ	<LQ	F <sup>(4)</sup>	-
Tebuutiuron	0,001	0,002	41	91	0,002	0,002	0,002	H	-
Tiametoxam	0,001	0,003	36	80	0,021	0,008	0,077	I	-
Tiodicarbe	0,001	0,003	5	11	0,009	0,005	0,023	I	-
Tiram	0,001	0,008	0	0	-	-	-	F	-
Trifloxissulfurom-sódico	0,0005	0,002	0	0	-	-	-	H	-

<sup>(1)</sup>Para o cálculo da média e mediana foram excluídos valores < LQ. <sup>(2)</sup>Herbicida. <sup>(3)</sup>Produto de degradação. <sup>(4)</sup>Fungicida. <sup>(5)</sup>Inseticida.

Nota: LD = limite de detecção; LQ = limite de quantificação; VMP = valor máximo permitido em água superficial (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005).

No Rio Grande do Sul, Lima et al. (2020) conduziram um trabalho de monitoramento de resíduos de agrotóxicos no Rio Guaporé e seus afluentes, localizado em uma bacia hidrográfica com predomínio de uso pela agricultura (soja, milho, tabaco e outras) e observaram os seguintes compostos com as respectivas frequências: atrazina (94% das amostras), simazina (89%), propoxur (78%), imidacloprido (67%), carbendazim (56%), tiametoxam (33%), azoxistrobina (33%), fipronil (28%), propiconazole (17%), tebuconazole (11%) e carbofurano (6%). Quando usaram amostradores passivos (equipamentos instalados no leito do rio por vários dias e que permitem acúmulo dos resíduos ao longo do tempo), Lima et al. (2020) observaram frequências mais altas de resíduos nas amostras, chegando a 100% para atrazina, DEA, 2,4-D e carbendazim. Gerónimo et al. (2014) realizaram um amplo monitoramento de resíduos de agrotóxicos em quatro sub-bacias da Argentina, com predomínio do cultivo de soja, milho, cana-de-açúcar, trigo, tabaco, girassol, cevada, entre outras, e observaram a presença dos seguintes agrotóxicos e frequências: atrazina (80% a 100% das amostras), tebuconazole (14% a 91%), imidacloprido (20% a 43%), metsulfurom metílico (57% a 72%) e imazapique (60%), além de outros com frequências inferiores. Comparando-se os resultados dos trabalhos de Acayaba et al. (2021), Lima et al. (2020) e Gerónimo et al. (2014) com o presente estudo, observa-se que a atrazina tem sido relatada como um composto com alta frequência de detecção nos estudos, bem como seus metabólitos 2-hidroxiatrazina e DEA.

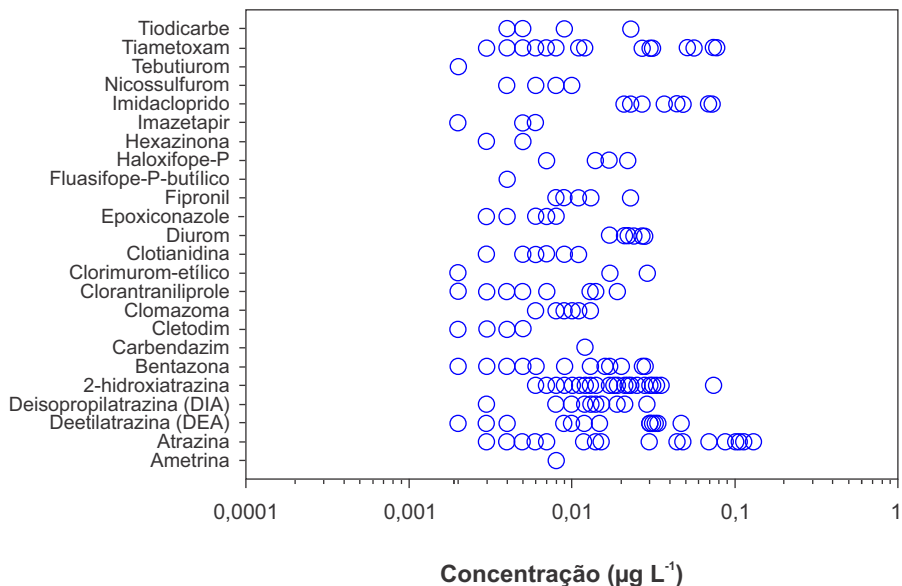
As concentrações médias dos compostos detectados variaram de  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,042 \mu\text{g L}^{-1}$  (Tabela 1). As menores concentrações médias iguais a  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  foram observadas para os agrotóxicos imazetapir e tebutiurum, enquanto a maior, igual a  $0,042 \mu\text{g L}^{-1}$ , foi observada para o imidacloprido. Essas concentrações médias foram calculadas considerando o somatório das concentrações de um composto durante todo o período de monitoramento e dividindo-se pelo número total de amostras. O objetivo de utilizar valores médios é representar e sumarizar todo o conjunto de dados das concentrações de um agrotóxico durante o período de estudo, por meio de um único valor. No entanto, a estimativa dessa média é influenciada por valores extremos (picos de concentrações). Assim, quando ocorre a presença de valores extremos, a melhor forma de representação do conjunto de dados de concentração é por meio da mediana (Helsel et al., 2020). Na Tabela 1, além dos valores médios, são apresentados também os valores de mediana para as

concentrações de cada agrotóxico ou produto de degradação. Observa-se que, para alguns compostos (ametrina, 2-hidroxiatrazina, etc), os valores das médias e medianas são próximos, o que caracteriza ausência de valores extremos e, portanto, a média poderia ser usada como uma representação satisfatória do conjunto de dados. Já para outros compostos, os valores de média e mediana não são próximos, como, por exemplo, para a atrazina, que apresentou valor médio de concentração igual a  $0,031 \mu\text{g L}^{-1}$  e de mediana igual a  $0,006 \mu\text{g L}^{-1}$ . Nesse caso, a estimativa da média é influenciada por valores extremos e, portanto, o valor da mediana é mais adequado para representar de forma satisfatória o conjunto de dados de concentração no estudo de monitoramento.

As maiores concentrações individuais de cada agrotóxico ou produto de degradação, considerando todo o período de amostragem e os diferentes pontos de amostragem, variaram de  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,130 \mu\text{g L}^{-1}$  (Tabela 1), sendo os maiores valores observados para atrazina ( $0,130 \mu\text{g L}^{-1}$ ), tiametoxam ( $0,077 \mu\text{g L}^{-1}$ ), 2-hidroxiatrazina ( $0,074 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e imidacloprido ( $0,072 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Para esses mesmos compostos, Acayaba et al. (2021) observaram valores de concentrações máximas individuais de agrotóxicos em águas superficiais de 19 rios no estado de São Paulo iguais a:  $0,516 \mu\text{g L}^{-1}$  para atrazina;  $0,289 \mu\text{g L}^{-1}$  para 2-hidroxiatrazina e  $2,579 \mu\text{g L}^{-1}$  para o imidacloprido. Já Lima et al. (2020), observaram valores máximos iguais a  $1,950 \mu\text{g L}^{-1}$  para atrazina e  $0,070 \mu\text{g L}^{-1}$  para imidacloprido no Rio Guaporé e seus afluentes no Rio Grande do Sul. Possivelmente, as maiores concentrações encontradas por Acayaba et al. (2021) e Lima et al. (2020), quando comparadas com esse estudo, estejam relacionadas à dimensão dos rios amostrados, onde se espera um menor efeito de diluição dos agrotóxicos em rios com menores dimensões e volumes de água.

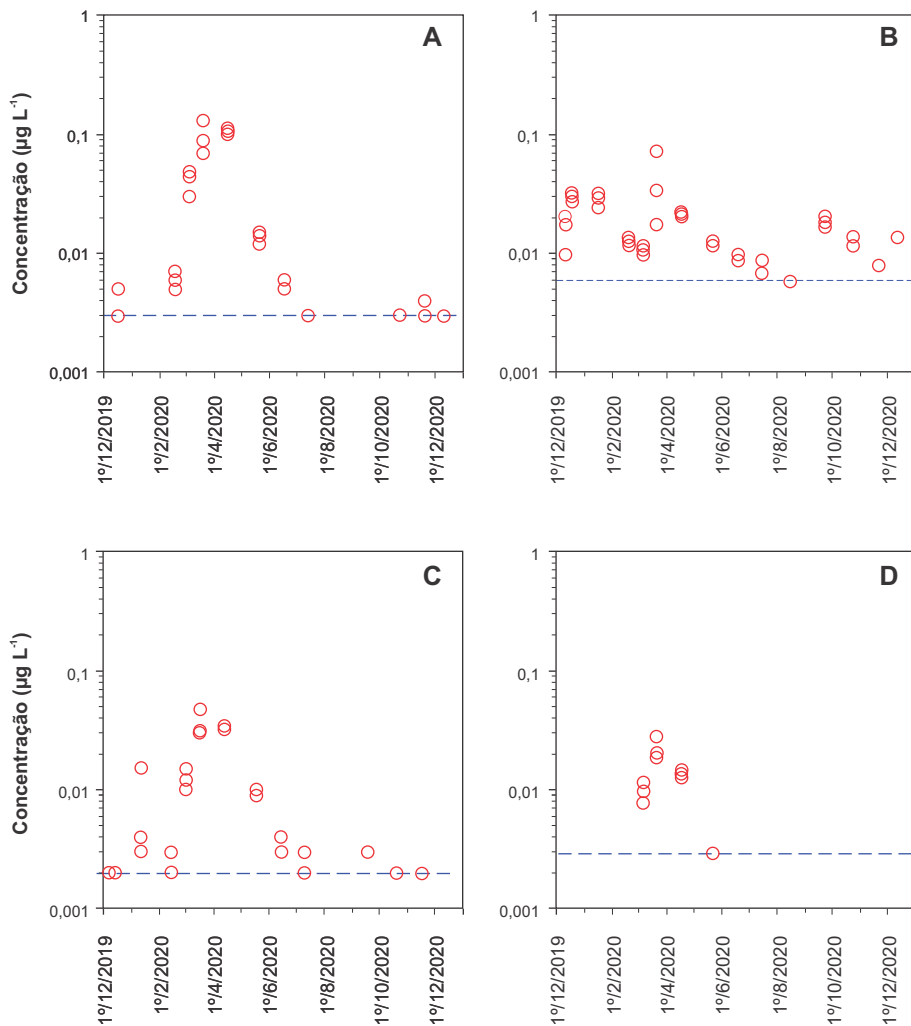
Embora os agrotóxicos carbofurano, haloxifope-P-metilico, mesotriona, metomil, sulfentrazone e tebuconazole e os produtos de degradação fipronil sulfona e fipronil sulfeto tenham sido detectados, suas concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método analítico (Tabela 1). No caso do tebuconazole, sua frequência de ocorrência foi de 78% nas amostras analisadas, embora sempre com valores abaixo do LQ do método analítico.

A variação das concentrações individuais dos agrotóxicos e dos produtos de degradação durante todo período de monitoramento é mostrada na Figura 4. Observa-se que as concentrações variaram de  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,130 \mu\text{g L}^{-1}$ , sendo que, para alguns compostos, a variação na concentração ao longo do ano foi de quase 60 vezes entre o menor e maior valor. Essa variação na concentração pode indicar efeito sazonal, devido à influência do tipo de cultura no campo e a frequência no uso de determinado agrotóxico, maior ocorrência de chuvas e escoamento superficial coincidindo com período de maior aplicação dos agrotóxicos, entre outros. Assim, na Figura 5, são apresentadas as concentrações de atrazina e seus produtos de degradação nas diferentes datas de amostragem, considerando todos os pontos de amostragem. Observa-se que os picos de concentração da atrazina ocorreram no período de 5 de março a 16 de abril de 2020 (Figura 5A), coincidindo, portanto, com o período de plantio e estágio inicial de desenvolvimento da cultura de milho na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (BHRD).



**Figura 4.** Variação das concentrações dos agrotóxicos e dos produtos de degradação nas amostras de água superficial do Rio Dourados, Mato Grosso do Sul, durante o período de 10 de dezembro de 2019 a 11 de dezembro de 2020.

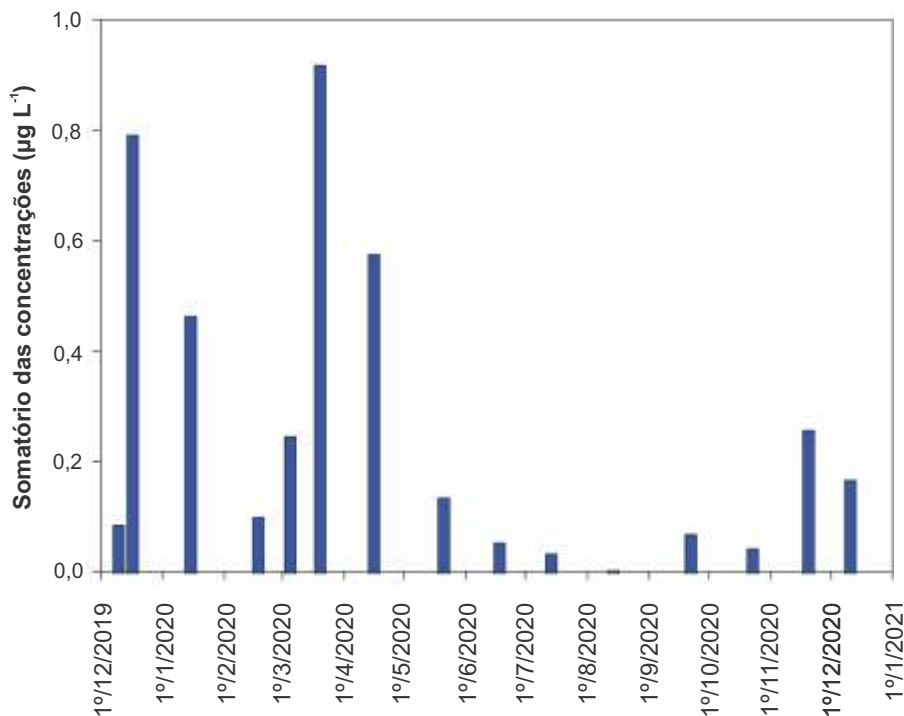




**Figura 5.** Concentração média de atrazina (A) e seus produtos de degradação 2-hidroxiatrazina (B), deetilatrazina – DEA (C) e deisopropilatrazina – DIA (D) nas amostras de água superficial no Rio Dourados, Mato Grosso do Sul, no período de 10 de dezembro de 2019 a 11 de dezembro de 2020. A linha tracejada azul representa o limite de quantificação (LQ) do método analítico.

A atrazina é um importante herbicida utilizado no sistema de produção do milho em todas as regiões brasileiras, além de ter sido o terceiro agrotóxico mais comercializado em Mato Grosso do Sul no ano de 2019, com um total de 2.203 toneladas de ingrediente ativo (Ibama, 2020). De maneira semelhante, observa-se picos nas concentrações dos compostos 2-hidroxiatrazina, DEA e DIA (Figuras 5B, 5C e 5D), no mesmo período (5 de março a 16 de abril de 2020), o que é esperado por se tratar de produtos de degradação da própria atrazina. A 2-hidroxiatrazina, a DEA e a DIA são consideradas relevantes produtos de degradação da atrazina, tanto do ponto de vista ambiental quanto toxicológico e, portanto, devem sempre ser monitoradas. A 2-hidroxiatrazina é formada pela hidrólise da atrazina, enquanto a DEA e a DIA pela desalquilação química da atrazina. A DIA pode, ainda, ser um produto de degradação da simazina (Vonberg et al., 2014).

Na Figura 6 é apresentado o somatório das concentrações dos agrotóxicos e produtos de degradação observados em cada data de amostragem, incluindo todos os pontos de amostragem. Observa-se que os maiores valores ocorreram entre os meses de novembro a abril, indicando a maior presença de agrotóxicos e produtos de degradação no Rio Dourados nesse período e um provável efeito sazonal. Esse período coincide com a época chuvosa na região e a aplicação mais frequente de agrotóxicos por causa da presença de várias culturas (soja, milho, cana-de-açúcar e arroz) na BHRD. Com o objetivo de avaliar alguma correlação entre as variáveis “somatório das concentrações dos agrotóxicos e produtos de degradação” x “precipitação acumulada nos três dias anteriores à amostragem”, procedeu-se com o cálculo do coeficiente de correlação ( $r$ ), obtendo um valor de 0,79 ( $p < 0,05$ ). Assim, observa-se que houve uma alta associação entre o aumento da quantidade desses compostos no Rio Dourados com a ocorrência de precipitação nos dias anteriores à amostragem. De maneira prática, isso evidencia a influência da precipitação no transporte de agrotóxicos para as águas superficiais, devido à formação de escoamento superficial. Essa situação pode ser agravada quando se tem a aplicação dos agrotóxicos e, logo em seguida (próximos dias), a ocorrência de precipitações intensas. Assim, é sempre importante consultar a previsão do tempo e avaliar a probabilidade de ocorrência de precipitações nos dias seguintes às aplicações, evitando a possibilidade de entrada de altas concentrações dos agrotóxicos nos corpos hídricos superficiais.



**Figura 6.** Somatório das concentrações dos agrotóxicos e produtos de degradação em cada data de amostragem

A legislação brasileira que estabelece os valores máximos permitidos (VMP) de agrotóxicos em águas superficiais é a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n° 357 de 17 de março de 2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005). Dentre os agrotóxicos e produtos de degradação avaliados neste estudo, são estabelecidos VMP apenas para alacloro, atrazina e simazina (Tabela 1). Desses três, apenas a atrazina foi detectada ao longo do estudo, com frequência de 87% nas amostras e com concentração máxima de  $0,130 \mu\text{g L}^{-1}$ , que ocorreu na amostragem de 20 de março de 2020 (Figura 5A). Assim, as concentrações detectadas de atrazina no Rio Dourados durante o período monitorado não ultrapassaram o VMP pela legislação brasileira e, portanto, estão em conformidade com a legislação vigente. Infelizmente, devido à falta de VMP na legislação brasileira para os

outros agrotóxicos e produtos de degradação avaliados neste estudo, essa análise de conformidade não pode ser feita. No entanto, observou-se a presença de 32 compostos dos 46 avaliados, inclusive alguns com frequência de ocorrência de 100%. Assim, esse estudo de monitoramento mostra a urgente necessidade de previsão e inclusão de mais agrotóxicos e produtos de degradação nas legislações futuras, para uma adequada análise de conformidade da qualidade das águas superficiais com relação aos resíduos de agrotóxicos. Além disso, ações mitigatórias para atenuar o problema também são importantes, como, por exemplo, medidas para racionalização do uso de agrotóxicos nos sistemas de produção predominantes na BHRD, recomposição das matas ciliares nas margens do Rio Dourados, incentivo ao uso de insumos biológicos, entre outros.

## Conclusões

---

- a) Foram detectados um total de 32 diferentes agrotóxicos ou produtos de degradação no Rio Dourados, durante o período de 10 de dezembro de 2019 a 11 de dezembro de 2020.
- b) Os compostos mais frequentes nas amostras analisadas foram deetilatrazina (DEA), 2-hidroxiatrazina, atrazina, carbendazim, clorantraniliprole, clotianidina, epoxiconazole, hexazinona, imazetapir, imidacloprido, tebuconazole, tebutiuram e tiametoxam.
- c) As maiores concentrações encontradas dos resíduos de agrotóxicos nas amostras de água do Rio Dourados variaram de  $0,002 \mu\text{g L}^{-1}$  a  $0,130 \mu\text{g L}^{-1}$ , sendo os maiores valores observados para a atrazina ( $0,130 \mu\text{g L}^{-1}$ ), tiametoxam ( $0,077 \mu\text{g L}^{-1}$ ), 2-hidroxiatrazina ( $0,074 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e imidacloprido ( $0,072 \mu\text{g L}^{-1}$ ).
- d) As concentrações dos agrotóxicos e dos produtos de degradação detectados nas amostras de água do Rio Dourados e que são previstos na legislação (atrazina, alacloro e simazina) não ultrapassaram os valores máximos Permitidos (VMP) pela legislação brasileira e, portanto, estão em conformidade com a legislação vigente. No entanto, para grande parte dos agrotóxicos detectados nesse estudo, os VMP não são estabelecidos e contemplados pela legislação brasileira no que concerne à qualidade das águas superficiais. Assim, é urgente a necessidade de inclusão dos VMP desses agrotóxicos na legislação brasileira.

## Agradecimentos

---

Ao técnico laboratorista Paulo Henrique Vitro, pela execução das análises laboratoriais, e ao técnico de campo Anderson Rogelio Bonin, pela coleta de amostras de água superficial. Aos parceiros e financiadores (Projeto 12.17.00.007.00.00): Ministério Público Federal (MPF – PRM/Dourados), Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (MPMS), Ministério Público do Trabalho em Mato Grosso do Sul (MPT-PTM/Dourados) e Instituto de Meio Ambiente de Dourados (Imam)/Prefeitura Municipal de Dourados.

O monitoramento descrito nesta publicação relata resultados da qualidade da água nos recursos hídricos, atendendo ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 06: “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”, por meio do alcance da Meta 3: “até 2030, melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e reuso seguro localmente (NAÇÕES UNIDAS, 2018).

## Referências

---

- ACAYABA, R. D.; ALBUQUERQUE, A. F.; RIBESSI, R. L.; UMBUZEIRO, G. A.; MONTAGNER, C. C. Occurrence of pesticides in waters from the largest sugar cane plantation region in the world. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 8, p. 9824–9835, 2021. DOI: 10.1007/s11356-020-11428-1
- AGUILAR, J. A. P.; ANDREU, V.; CAMPO, J.; PICÓ, Y.; MASIÁ, A. Pesticide occurrence in the waters of Jucá River, Spain from different farming landscapes. **Science of the Total Environment**, v. 607–608, p. 752–760, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.176
- ALBUQUERQUE, A. F.; RIBEIRO, J. S.; KUMMROW, F.; NOGUEIRA, A. J. A.; MONTAGNER, C. C.; UMBUZEIRO, G. A. Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 18, p. 779–787, 2016. DOI: 10.1039/c6em00268d
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 mar. 2005, Seção 01, n. 053, p. 58–63.
- DAMALAS, C. A. Pesticide drift: seeking reliable environmental indicators of exposure assessment. In: ARMON, R. H.; HÄNNINEN, O. (Ed.). **Environmental Indicators**. Dordrecht: Springer Science, 2015. p. 251–261. DOI: 10.1007/978-94-017-9499-2\_15
- GERÓNIMO, E.; APARICIO, V. C.; BÁRBARO, S.; PORTOCARRERO, R.; JAIME, S.; COSTA, J. L. Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. **Chemosphere**, v. 107, p. 423–431, 2014. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.039
- GLINSKI, D. A.; PURUCKER, S. T.; VAN METER, R. J.; BLACK, M. C.; HENDERSON, W. M. Analysis of pesticides in surface water, stemflow, and throughfall in an agricultural area in South Georgia, USA. **Chemosphere**, v. 209, p. 496–507, 2018. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.116
- HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M.; RYBERG, K. R.; ARCHFIELD, S. A.; GILROY, E. J. **Statistical methods in water resources**. Reston, Virginia: U. S. Geological Survey Techniques and Methods, 2020. 458p. book 4, chapter A3. DOI: 10.3133/tm4a3.
- IBAMA. **Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: < <https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 23 fev. 2021.
- LEFRANCQ, M.; JADAS-HÉCART, A.; LA JEUNESSE, I.; LANDRY, D.; PAYRAUDEAU. High frequency monitoring of pesticides in runoff water to improve understanding of their transport and environmental impacts. **Science of the Total Environment**, v. 587–588, p. 75–86, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.022
- LIMA, J. A. M. C.; LABANOWSKI, J.; BASTOS, M. C.; ZANELLA, R.; PRESTES, O. D.; VARGAS, J. P. R.; MONDAMERT, L.; GRANADO, E.; TIECHER, T.; ZAFAR, M.; TROIAN, A.; LE GUET, T.; SANTOS, D. R. “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, n. 10, p. 10581–10598, 2020. DOI: 10.1007/s11356-019-06550-8

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 33). Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/23443/1/doc-33.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MILHOME, M. A. L.; SOUSA, P. L. R.; LIMA, F. A. F.; NASCIMENTO, R. F. Influence the use of pesticides in the quality of surface and groundwater located in irrigated areas of Jaguaribe, Ceara, Brazil. **International Journal of Environmental Research**, v. 9, n. 1, p. 255–262, 2015. DOI: 10.22059/IJER.2015.895

NAÇÕES UNIDAS. **Articulando os Programas de Governo com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: orientações para organizações políticas e a cidadania. Brasília, DF: Nações Unidas no Brasil, 2018. 86 p. Disponível em: [https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-10/Publica%C3%A7%C3%A3o%20Articulando%20os%20ODS\\_REQ\\_ID\\_6998.pdf](https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-10/Publica%C3%A7%C3%A3o%20Articulando%20os%20ODS_REQ_ID_6998.pdf). Acesso em: 25 fev. 2021.

OLIVEIRA, H.; URCHÉI, M. A.; FIETZ, C. R. **Aspectos físicos e socioeconômicos da Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 52 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 25). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/243710>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

ROCHA, M. P.; DOURADO, P. L. R.; RODRIGUES, M. S.; RAPOSO JÚNIOR, J. L.; GRISOLIA, A. B.; OLIVEIRA, K. M. P. The influence of industrial and agricultural waste on water quality in the Água Boa stream (Dourados, Mato Grosso do Sul). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, p. 442, 2015. DOI: 10.1007/s10661-015-4475-9

ROUSIS, N. I.; BADE, R.; BIJLSMA, L.; ZUCCATO, E.; SANCHO, J. V.; HERNANDEZ, F.; CASTIGLIONI, S. Monitoring a large number of pesticides and transformation products in water samples from Spain and Italy. **Environmental Research**, v. 156, p. 31–38, 2017. DOI: 10.1016/j.envres.2017.03.013

SCORZA JÚNIOR, R. P.; PAZ, R. B. S. **Método analítico multirresíduo para determinação de agrotóxicos e seus produtos de degradação em águas superficiais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2020. 36 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 86). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126682>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

SOUSA, A. S.; DUAVÍ, W. C.; CAVALCANTE, R. M.; MILHOME, M. A. L.; NASCIMENTO, R. F. Estimated levels of environmental contamination and health risk assessment for herbicides and insecticides in surface water of Ceará, Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 96, n. 1, p. 90–95, 2016. DOI: 10.1007/s00128-015-1686-2

SOUZA JÚNIOR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; FERREIRA NETO, L. C.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, p. 2735, 2020. DOI: 10.3390/rs12172735

VONBERG, D.; VANDERBORGHT, J.; CREMER, N.; PÜTZ, T.; HERBST, M.; VERECKEN, H. 20 years of long-term atrazina monitoring in a shallow aquifer in western Germany. **Water Research**, v. 50, p. 294–306, 2014. DOI: 10.1016/j.watres.2013.10.032



**Embrapa**

---

**Agropecuária Oeste**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL