

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

POLUIÇÃO DA ÁGUA POR INSETICIDAS NEONICOTINOIDES: UMA ABORDAGEM GERAL ENVOLVENDO GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

*Roberta Crhistiane Maltas da Silva¹; Maria Regilandia Oliveira Costa²; Jeferson Luiz Dallabona
Dombroski³ & Solange Aparecida Goularte Dombroski⁴*

Abstract: The presence of neonicotinoid insecticides in surface waters can be concerning, given reports of their occurrence in various water bodies. Some of these products are toxic to aquatic organisms, and there is a risk of chronic exposure to humans. This work aims to discuss the possibility of including parameters for water quality monitoring to support the classification of water bodies, using potential pollution by neonicotinoid insecticides as an example. To that end, a literature review was conducted, including scientific journal articles, legislation, technical documents, and government websites, in order to highlight guidelines regarding the classification of water bodies into classes based on their predominant uses—one of the tools of the National Water Resources Policy—as well as the pollution potential of surface water bodies by neonicotinoid insecticides. Given the increasing use of these insecticides and their proven presence in aquatic environments, it is necessary to deepen the technical and scientific discussion on including these substances as important pollutants in the classification of water bodies, helping guide possible adaptations of management tools. This could be an essential step toward anticipating risks and promoting preventive measures.

Resumo: A presença dos inseticidas neonicotinoides em águas superficiais pode ser preocupante, dados os relatos de presença em vários corpos hídricos, sendo alguns desses produtos, tóxicos para organismos aquáticos, e havendo risco de exposição crônica a seres humanos. Este trabalho tem como objetivo discutir a possibilidade de inclusão de parâmetros para monitoramento da qualidade da água para fins de enquadramento dos corpos de água, usando como exemplo uma possível poluição da água por inseticidas neonicotinoides. Para tanto, fez-se uma revisão da literatura incluindo artigos de periódicos científicos, legislação, documentos técnicos e sites governamentais de modo a destacar algumas diretrizes quanto ao enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, assim como, o potencial de poluição de corpos hídricos superficiais por inseticidas neonicotinoides. Considerando o aumento do uso de inseticidas neonicotinoides e sua comprovada presença no ambiente aquático, é necessário aprofundar o debate técnico-científico sobre a inclusão dessas substâncias como sendo poluentes importantes para a classificação dos corpos hídricos, ajudando a orientar possíveis adaptações de instrumentos de gestão, podendo ser um passo essencial para antecipar riscos e promover medidas preventivas.

¹ Mestranda, Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão de Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Pau dos Ferros, e-mail: rcmaltas@gmail.com.

² Graduanda, Engenharia Civil, UFERSA campus Mossoró, e-mail: regilandiacosta2015@gmail.com.

³ Professor, Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, UFERSA campus Mossoró, e-mail: jeferson@ufersa.edu.br.

⁴ Professora, ProfÁgua UFERSA, UFERSA campus Mossoró, e-mail: solangedombroski@ufersa.edu.br.

Palavras-Chave – Poluentes emergentes; Instrumentos de gestão; Prevenção da poluição.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a degradação da qualidade da água impulsiona o aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão hídrica, especialmente em um cenário de intensificação de atividades agrícolas e de uso extensivo de substâncias químicas. Entre os desafios, destaca-se a identificação e o controle de poluentes emergentes.

Contaminantes de Interesse Emergente (CIE), também referidos como Contaminantes Emergentes, de acordo com USEPA (2024) são aqueles que representam uma preocupação tanto por questões de perigo quanto de exposição à saúde pública ou ecológica, ocorrem no ambiente (meios, substâncias, produtos, por exemplo), não estão atualmente regulamentados ou precisam de reavaliação regulatória, incluem substâncias e microrganismos, podendo ser contaminantes novos ou já conhecidos, considerados CIE devido a mudanças nas informações, como novas capacidades analíticas (métodos ou limites de relato), novos dados sobre toxicidade/efeitos na saúde, novos dados de ocorrência e/ou novas informações de exposição.

Os CIE têm sido detectados em diferentes compartimentos ambientais (solo, água e ar), podendo ter origem de atividades humanas ou ocorrência natural como determinadas espécies de plantas (Montagner *et al.*, 2017). “Estes compostos podem apresentar algum risco ao ecossistema e eles não estão incluídos nos programas de monitoramento de rotina, ou seja, não são legislados” (*Ibid.*, p. 1094). Assim, tais compostos são passíveis de uma futura regulamentação a depender de resultados obtidos em estudos de ecotoxicidade, efeitos à saúde humana, potencial de bioacumulação, transporte e destino no meio ambiente, assim como, da quantidade em que são lançados e, deste modo, da concentração no ambiente (*Ibid.*).

Entre os diversos contaminantes emergentes identificados em ambientes aquáticos, os inseticidas neonicotinoides têm ganhado destaque. Inseticidas neonicotinoides estão entre os mais amplamente empregados globalmente (Matos, 2019), sendo o grupo de inseticidas mais vendido no Brasil (Queiroz; Silva, 2021).

O uso intenso de inseticidas neonicotinoides tem causado contaminação de ecossistemas próximos às áreas agrícolas, com danos em organismos não-alvo quanto a alterações comportamentais, reprodutivas, fisiológicas e citogenéticas, podendo inclusive levar certas espécies aquáticas à morte (Queiroz; Silva, 2021). Ainda de acordo com estes autores, compostos como imidacloprido e acetamiprido já foram detectados em corpos hídricos brasileiros, mas apesar das evidências de seus efeitos, a legislação nacional ainda não estabelece limites para esses contaminantes, o que dificulta seu controle e monitoramento. No contexto de contaminantes emergentes, Montagner *et al.* (2017) mencionaram que o conhecimento sobre as concentrações de exposição é o primeiro passo para realizar avaliações de risco.

Assim, este trabalho teve como objetivo discutir a possibilidade de inclusão de parâmetros para monitoramento da qualidade da água no âmbito de enquadramento dos corpos de água, considerando a realidade de uma bacia hidrográfica, usando como exemplo, uma possível poluição da água por inseticidas neonicotinoides.

INSETICIDAS NEONICOTINOIDES

Os inseticidas neonicotinoides agem interferindo no sistema nervoso dos insetos (Anderson *et al.*, 2015), atuando seletivamente no sistema nervoso central do inseto como agonistas de receptores

nicotínicos de acetilcolina (nAChRs) pós-sinápticos (Jeschke *et al.*, 2013). Desenvolvidos para substituir os inseticidas organofosforados e os carbamatos, os neonicotinoides (Anderson *et al.*, 2015), podem atuar com maior seletividade e menor toxicidade para mamíferos (Ferreira *et al.*, 2022).

Os neonicotinoides são comumente usados intensamente tanto em culturas cultivadas quanto em ambientes urbanos (Hladik *et al.*, 2018). A utilização agrícola inclui a eliminação de diversos insetos que atacam distintas plantações (Ferreira *et al.*, 2022), assim como, tratamento de sementes com atuação sistêmica, protegendo toda a planta e, como neurotoxinas com alta toxicidade para artrópodes (Goulson, 2013). Em ambientes urbanos ou residenciais, há uso para controle de insetos (Bonmatin *et al.*, 2015).

O imidacloprido, pertencente ao grupo dos neonicotinoides cloronicotinílicos, foi o primeiro composto desse grupo a ser introduzido como pesticida de uso comercial, compondo os neonicotinoides de primeira geração junto a tiacloprido, acetamiprida, e nitenpiram, os de segunda geração foram tiametoxam e clotianidina e a terceira geração composta por sulfoxaflor, cicloxaprida e dinotefurano (Selvam; Srinivasan, 2019). Além desses, tem-se ainda o imidaclotiz e flonicamida (Chen *et al.*, 2019).

Utilização

Segundo Jeschke *et al.* (2011), em 2008 os neonicotinoides representaram 24% do mercado total de inseticidas e, no tratamento de sementes, a participação foi de 80%. Tem sido observada a expansão dos inseticidas neonicotinoides pelo aumento de produtos já estabelecidos, como o imidacloprido (em 2009 representava em torno de 41,5% de todo o mercado de neonicotinoides), assim como por novos concorrentes, como o tiametoxam e a clotianidina (Jeschke *et al.*, 2011).

Na Tabela 1 são apresentados dados comparativos da utilização de pesticidas em escala global e no Brasil, evidenciando a participação do país nesse cenário.

Tabela 1 – Quantidade de pesticidas, inseticidas totais e inseticidas neonicotinoides em dois diferentes anos, no mundo e no Brasil

Local	Utilizada na agricultura				Vendas totais de inseticidas neonicotinoides (ton)	
	Pesticidas totais (ton)		Inseticidas totais (ton)			
	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Mundo	3.033.142,4 ⁽¹⁾	3.690.934,7 ⁽¹⁾	741.582,8 ⁽¹⁾	772.457,4 ⁽¹⁾		
Brasil	360.735,3 ⁽¹⁾	800.652,2 ⁽¹⁾	77.453,3 ⁽¹⁾	127.282,4 ⁽¹⁾	3.502,7 ⁽²⁾	17.825,9 ⁽²⁾

Fonte: ⁽¹⁾Adaptado de FAO (2024); ⁽²⁾Adaptado de IBAMA (2022a) incluindo os ingredientes ativos: acetamiprido, clotianidina, dinotefurano, flonicamida, imidacloprido, sulfoxaflor, tiacloprido e tiametoxam. Obs.: flonicamida é indicado como neonicotinoide por Chen *et al.* (2019) e por Mahai *et al.* (2019) e, no Brasil é registrado como nicotinóide (Brasil, 2025). Sulfoxaflor é indicado como neonicotinoide por Mahai *et al.* (2019) e, no Brasil é registrado como sulfoxaminas (Brasil, 2025).

No Brasil, acompanhando a tendência global, os dados (IBAMA, 2022a) revelam a liderança de imidacloprido nas vendas totais de neonicotinoides, com 7.692 toneladas em 2022; em segundo lugar aparece tiametoxam, com 4.824 toneladas, enquanto acetamiprido, com 3.211 toneladas, superou clotianidina (1.216 toneladas), dinotefurano (390 toneladas) e tiacloprido (7 toneladas).

Na Tabela 2 apresenta-se informação de o quantitativo, em toneladas, de vendas de neonicotinoides nas diferentes regiões brasileiras, destacando os estados com os maiores volumes de vendas em cada uma delas, permitindo observar padrões regionais de uso e identificar áreas de maior concentração desses produtos no território nacional.

Tabela 2 – Vendas de neonicotinoides no Brasil em 2022, por região e o estado por região com maior participação

Região	Total por Região (ton)	Estado com maior participação	Total por Estado (ton)
Centro-Oeste	7.556,6	MT	4.330,1
Sudeste	4.124,8	SP	2.194,3
Sul	2.590,0	PR	1.354,9
Nordeste	1.200,2	BA	628,7
Norte	814,4	TO	378,2

Fonte: Adaptado de IBAMA (2022b) incluindo os ingredientes ativos: acetamiprido, clotianidina, dinotefurano, flonicamida, imidacloprido, sulfoxaflor, tiacloprido e tiame toxam. Obs.: flonicamida é indicado como neonicotinoide por Chen *et al.* (2019) e por Mahai *et al.* (2019) e, no Brasil é registrado como nicotinóide (Brasil, 2025). Sulfoxaflor é indicado como neonicotinoide por Mahai *et al.* (2019) e, no Brasil é registrado como sulfoxaminas (Brasil, 2025).

Presença de neonicotinoides em águas naturais

No ambiente, os neonicotinoides são altamente solúveis em água e relativamente persistentes, o que favorece o transporte da área de aplicação inicial para águas superficiais e subterrâneas (Hladik *et al.* 2014). Além da solubilidade e persistência, Bonmatin *et al.* (2015) destacaram o potencial de lixiviação. Segundo estes autores, a solubilidade alta a moderada, o potencial de lixiviação e a persistência da maioria dos neonicotinoides e do fipronil representam um risco contínuo e crescente para ambientes aquosos. Ainda de acordo com Bonmatin *et al.* (2015) a contaminação de águas superficiais com neonicotinoides ou fipronil foi relatada em vários países já na década de 1990.

A lixiviação de neonicotinoides para águas superficiais é uma das principais preocupações ambientais relacionadas ao seu uso intensivo, especialmente em áreas próximas a corpos d'água, sendo que a Agência de Regulação de Pragas do Canadá classificou o imidacloprido como um composto persistente com alto potencial de lixiviação (Anderson *et al.* 2015).

No Brasil, foi detectada presença de agrotóxicos neonicotinoides em amostras de água e solo (IBAMA, 2024). A identificação desses compostos em matrizes ambientais reforça a necessidade de aprimoramento no monitoramento e na regulação do uso de pesticidas no país, com vistas à proteção dos recursos naturais e da saúde ambiental.

Em ambiente agrícolas, resíduos podem ocorrer em superfícies de plantas após aplicações foliares ou acúmulo de poeira contaminada por pesticidas, e esses resíduos podem ser lavados durante eventos de chuva, levando à contaminação de águas superficiais (Bonmatin *et al.*, 2015). Em áreas urbanas, há utilização, por exemplo, para controle de pragas de insetos em áreas urbanas ou residenciais, sendo possível que parte do escoamento de pesticidas seja coletada e passe por tratamento em uma estação de tratamento de águas residuárias antes de retornar às águas superficiais (Bonmatin *et al.*, 2015).

Assim, em termos de uso e ocupação do solo, de modo geral, tanto corpos hídricos de bacias hidrográficas urbanas quanto de áreas agrícolas podem estar sujeitos a receber ingredientes ativos de

neonicotinoides. Na Tabela 3 são apresentadas concentrações de neonicotinoides presentes em águas superficiais em quatro países.

Tabela 3 – Concentrações de inseticidas neonicotinoides em corpos de água superficiais observadas em diferentes países

Inseticidas neonicotinoides (Número Chemical Abstract Service - CAS)	Concentrações (ng/L)						Chen <i>et al.</i> , (2019) ^{(4)(F)}
	Liu <i>et al.</i> (2021) ^{(1)(A)}	Mahai <i>et al.</i> (2019) ^{(1)(B)}	Iancu <i>et al.</i> , (2019) ^{(1)(C)}	Hladik <i>et al.</i> (2014) ^{(2)(D)}	Yamamoto <i>et al</i> (2012) ^{(1)(E)}	Estação seca	
Acetamiprida (135410-20-7)	0,20–10,8	0,26 – 2,0	0,84-12,7	11,1 ⁽³⁾	ND – 1,4	ND a 118,49 ± ND a 74,65	ND a 73,42 ± ND a 55,07
Clotianidina (210880-92-5)	1,66 – 13,1	ND – 10,5	0,84-9,6	257 - 8,2	ND – 12	ND a 93,86 ± ND a 59,13	ND a 16,08 ± ND a 12,06
Dinotefuran (165252-70-0)	ND-5,91	ND	(-)	2,7 ⁽³⁾	3,7 – 100	ND a 1022,20 ± ND a 643,99	ND a 274,24 ± ND a 205,68
Imidaclorprida (138261-41-3)	10,9–83,5	0,02 – 44,4	0,5-8,2	42,7 - < 2	ND – 25	1,25 a 354,86 -+ 0,79 a 223,56	0,86 a 84,52 ± 0,65 a 63,39
Nitempiram (Não reportado, NR)	ND	ND – 3,50	0,39-11,1	(-)	ND	ND a 672,90 ± ND a 423,93	ND a 291,51 ± ND a 218,63
Tiacloprida (111988-49-9)	ND-1,21	ND – 0,26	(-)	ND	ND – 11	ND a 3,87 ± ND a 2,42	ND a 3,24 ± ND a 2,43
Tiametoxam (153719-23-4)	16,3–83,5	ND – 236	0,9-3,8	185 - < 2	(-)	1,34 a 95,85 ± 0,84 a 60,39	1,17 a 28,89 ± 0,88 a 21,67
Flonicamida* (158062-67-0)	(-)	ND	(-)	(-)	(-)	ND a 1,06 ± ND a 0,67	ND
Imidaclotiza (NR)	ND-0,04	ND	(-)	(-)	(-)	15,35 a 81,92 ± 9,67 a 51,61	15,23 a 38,61 ± 11,42 a 28,96
Sulfoxaflor** (946578-00-3)	(-)	ND	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Cicloxadiprida (NR)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Notas: ⁽¹⁾Faixa de concentrações. ⁽²⁾Concentrações máximas e medianas. ⁽³⁾Concentração detectada apenas uma vez. ⁽⁴⁾Concentração média (ng/L) ± desvio padrão (ng/L) (calculados para triplicatas de amostras) para estação seca e estação chuvosa. (-) Composto não era alvo de estudo. ND: não detectado. MDL: abaixo do limite de detecção do método. ^(A)Concentrações de neonicotinoides no Rio Songhua, China. ^(B)Concentrações de neonicotinoides no rio Yangtze central, China. ^(C)Concentrações de neonicotinoides no rio Danube, Romênia. ^(D)Concentrações de neonicotinoides em riachos de Iowa, EUA. ^(E)Concentração de neonicotinoides em rios da cidade de Osaka, Japão. ^(F)Concentrações de neonicotinoides na Bacia do Rio Yangtze, China. *Flonicamida é indicado como neonicotinoide por Chen *et al.* (2019) e por Mahai *et al.* (2019) e, no Brasil é registrado como nicotinóide (Brasil, 2025). **Sulfoxaflor é indicado como neonicotinoide Mahai *et al.* (2019) e, no Brasil é registrado como sulfoxaminas (Brasil, 2025).

INSETICIDAS NEONICOTINOIDES NO CONTEXTO DE DIAGNÓSTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO ETAPA DO PROCESSO DE ENQUADRAMENTO

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (Brasil, 1997) estabelece cinco instrumentos: planos de recursos hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; cobrança pelo uso de recursos hídricos; sistema de informações sobre recursos hídricos.

O enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo os usos preponderantes da água visa garantir que a qualidade da água seja adequada para os usos mais exigentes a que se destina, assim como, reduzir custos de combate à poluição por meio de medidas preventivas contínuas (Brasil, 1997). Vale destacar que a proposta de um enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes mais restritivos está vinculada ao planejamento, atual e futuro, da utilização dos recursos hídricos na bacia (ANA, 2024). Ressalte-se ainda que a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) estabelece diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos d'água e dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, conforme os usos preponderantes e suas respectivas classes de qualidade. Para Machado *et al.* (2019), o enquadramento visa indicar a meta de qualidade hídrica em função da classificação por tipo de uso, de acordo com a referida Resolução.

Em termos de implementação do enquadramento, é necessário selecionar parâmetros de qualidade da água compatíveis com as metas propostas, considerando os usos pretendidos dos recursos hídricos e as fontes potenciais de poluição nos trechos dos corpos de água das bacias hidrográficas em análise (ANA, 2020). O conhecimento de fontes de poluição possibilita a definição de ações de controle e mitigação da poluição (*Ibid.*), evidenciando que a efetivação do enquadramento pode proporcionar a redução da poluição em corpos de água.

Tanto para corpos de água superficiais quanto subterrâneos, o enquadramento deve considerar a bacia hidrográfica como unidade de gestão e os usos preponderantes mais restritivos, sendo que a proposta de enquadramento deve contemplar quatro etapas (ANA, 2020): diagnóstico; prognóstico; propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento; e programa para efetivação.

O diagnóstico, uma das etapas do enquadramento, auxilia na identificação de pontos críticos de qualidade, possibilitando elencar conformidades e desconformidades com o enquadramento proposto (Machado *et al.* (2019)). Dentre os vários aspectos a serem abordados pelo diagnóstico está a “localização e quantificação das cargas das fontes de poluição pontuais e difusas atuais” (ANA, 2020, p. 15).

Com relação à poluição difusa, as principais fontes variam de região para região, mas geralmente são resultantes de atividades agrícolas (incluindo práticas de colheita e manejo de resíduos animais), drenagem urbana e áreas de mineração (Dalcanale; Porto, 1999). Dentre os possíveis poluentes de fontes difusas estão os fertilizantes e agrotóxicos, cujo monitoramento em corpos hídricos ainda é limitado no Brasil (IBAMA, 2022c), sendo possível considerar os inseticidas neonicotinoides como constituintes de poluição difusa em certas bacias hidrográficas.

Quanto a efeitos de neonicotinoides em seres vivos, Thompson *et al.* (2020) mencionaram a existência de dados toxicológicos obtidos a partir de estudos em animais (indicando possível genotoxicidade, citotoxicidade, comprometimento da função imunológica e redução do crescimento e do sucesso reprodutivo em baixas concentrações) e dados limitados de estudos epidemiológicos ecológicos ou transversais que relacionaram efeitos agudos e crônicos à saúde (variando de sintomas respiratórios, cardiovasculares e neurológicos agudos a danos genéticos oxidativos e defeitos congênitos). Para estes autores, em decorrência da intensa utilização de neonicotinoides e ao potencial de exposição crônica cumulativa, esses inseticidas representam novos riscos e mais estudos se fazem necessários para melhor compreensão de seus riscos para os seres humanos.

Em termos de conhecimento e estimativa de cargas poluidoras em uma bacia hidrográfica, ANA (2020, p. 36) mencionou a importância da seleção dos parâmetros de modo a possibilitar a “definição de ações de controle e mitigação da poluição em um programa de efetivação do enquadramento”. Este autor aponta dificuldades relacionadas à avaliação por cargas difusas que vão desde a obtenção de estimativa confiável dessas cargas até o estabelecimento de ações com possibilidade efetiva na sua mitigação. As fontes difusas são de controle mais difícil, devendo-se relativizar sua relevância para o alcance das metas do enquadramento considerando as características da bacia e os usos da água pretendidos (Costa; Conejo, 2009). Para estabelecer metas de qualidade da água com possibilidade de serem alcançadas no horizonte de planejamento estabelecido, o processo de enquadramento deve considerar aspectos técnicos, econômicos, sociais e políticos (*Ibid.*). Ainda de acordo com estes autores, se as metas estabelecidas forem muito ambiciosas, os custos podem ser muito altos dificultando seu alcance. No entanto, se as metas forem muito modestas, certas situações de degradação da qualidade das águas podem se tornar irreversíveis, impedindo seus múltiplos usos (*Ibid.*).

Assim, considerando a ampla aplicação de neonicotinoides no mundo e no Brasil (Tabelas 1 e 2), além da presença desses ingredientes ativos em águas superficiais de diversos países (Tabela 3), é necessário discutir a inclusão ou não de poluentes emergentes como os inseticidas neonicotinoides no diagnóstico de bacias hidrográficas com evidências desse tipo de poluição, já que a prevenção de poluição deve fazer parte de um processo de enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo os usos preponderantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto de gestão dos recursos hídricos, ações preventivas de poluição por poluentes emergentes de interesse são importantes para uma determinada bacia hidrográfica, incluindo, por exemplo, inseticidas neonicotinoides. Nesse sentido, observa-se uma possível implementação de ação de monitoramento da qualidade da água, prevista em subprograma de gestão de qualidade de recursos hídricos nos termos do plano nacional de recursos hídricos vigente (Brasil, 2022) que, por sua vez, pode contribuir para o diagnóstico, uma das etapas do enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo os usos preponderantes.

Considerando o aumento do uso de inseticidas neonicotinoides e sua comprovada presença no ambiente aquático, refletir sobre sua inserção em determinadas ações relacionadas aos instrumentos de gestão pode ser um passo essencial para antecipar riscos e promover medidas preventivas. De modo geral, entende-se que é importante aprofundar o debate técnico-científico sobre a possível inclusão de inseticidas neonicotinoides no âmbito dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, em especial, o enquadramento dos corpos de água.

Assim, espera-se que o presente trabalho contribua para embasar a reflexão e/ou possível adequação de critérios e metodologias aplicados ao processo de enquadramento dos corpos hídricos, de forma a contemplar contaminantes emergentes e alinhar a política pública às mudanças de padrões de poluição, contribuindo para uma gestão mais integrada, realista e voltada à sustentabilidade dos recursos hídricos no país.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). (2014). “*Cobrança pelo uso de recursos hídricos.*” Brasília: ANA, 80 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). (2019). “*Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.*” Brasília: ANA. 76 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). (2020). “*Enquadramento dos corpos d’água em classes*”. Brasília, ANA.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). (2024). “*Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2024: informe anual*”. Brasília, ANA.

ANDERSON, J. C. et al. (2015). “*Neonicotinoids in the Canadian aquatic environment: A literature review on current use products with a focus on fate, exposure, and biological effects*”. Sci Total Environ. 505: pp. 409–422. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.090>.

BONMATTIN, J. M. et al. (2015). “*Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil*”. Environmental science and pollution research, v. 22, pp. 35-67. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3332-7>. Acesso em 18 nov. 2024.

BRASIL (2022). Ministério do Desenvolvimento Regional. “*Plano Nacional de Recursos Hídricos Plano de ação: estratégia para a implementação do PNRH 2022-2040*”. Volume II do PNRH 2022-2040.

BRASIL. (1997). “*Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*”. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, Seção 1, p. 470, 9 jan. 1997.

BRASIL. (2005). Ministério do Meio Ambiente. “*Resolução CONAMA 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.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2025). “*Agrofit consulta aberta*”. 2025. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 15 maio 2025.

CHEN, Y. et al. (2019). “*Ecological risk assessment of the increasing use of the neonicotinoid insecticides along the east coast of China*”. Environment International, 127, pp. 201–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.010>.

COSTA, M. P.; CONEJO, J. G. L. (2009). “*A implementação do enquadramento dos corpos d’água em bacias hidrográficas: conceitos e procedimentos*”. In Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, 2009. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/93c66dcf0a338a9675c7b7b00b7dc1b0_deff93153c1ae6523493dd7e57d6a078.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

DALCANALE, F.; PORTO, R. (1999). “*Carga Difusa e Modelos de Qualidade da Água*” in Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 1999. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/149/ABRH331.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

FERREIRA, P. G. et al. (2022). “*Nicotina e a Origem dos Neonicotinoides: Problemas ou Soluções?*”. Revista Virtual de Química, v. 14, n. 3. Disponível em: <https://rvq-sub.sbj.org.br/index.php/rvq/article/view/4421/950>. Acesso em: 30 de abr. de 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2024). FAOSTAT. “*Pesticide use*”. Last update: September 26, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>. Acesso em: 18 abr. 2025.

GOULSON, D. (2013). “An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides”. Journal of Applied Ecology, v. 50, n. 4, pp. 977-987. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111>.

HLADIK, M. L. et al. (2018). “Year-round presence of neonicotinoid insecticides in tributaries to the Great Lakes, USA”. Environmental Pollution, 235, pp. 1022–1029. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.013>.

HLADIK, M. et al. (2014). “Widespread occurrence of neonicotinoid insecticides in streams in a high corn and soybean producing region, USA”. Environmental Pollution, 193, pp. 189–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.033>.

IANCU, V.-I. et al. (2019). “Occurrence of Neonicotinoid Residues in Danube River and Tributaries”. Revista de Chimie, 70, pp. 313-318. DOI: <https://doi.org/10.37358/RC.19.1.6907>.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). (2024). “Projeto piloto de monitoramento de agrotóxicos em água e solo.”. Painel do projeto de monitoramento. Publicado em: 10/10/2024 18h02. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/projeto-piloto-de-monitoramento-ambiental-de-agrotoxicos-em-agua-e-solo#painel-do-projeto-de-monitoramento>. Acesso em: 20 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). (2022a). Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil. Boletim 2022. Série com a Produção, Importação, Exportação e Vendas por ingredientes ativos. “Dados do business intelligence (BI) – série 2009 a 2022 com todos os IAs”. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>. Acesso em: 25 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). (2022b). Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil. Boletim 2022. Químicos e Bioquímicos. “Vendas ingredientes ativos UF 2022 todos os IAS químicos”. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>. Acesso em: 25 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). (2022c). “Relatório de qualidade do meio ambiente: RQMA Brasil 2020” [recurso eletrônico]. Brasília: IBAMA. 558 p. Il. color. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/arquivos/qualidadeambiental/relatorios/2022/2022-06-03_RQMA_Brasil_2020.pdf/view.

JESCHKE, P. et al. (2011). “Overview of the status and global strategy for neonicotinoids”. Journal of agricultural and food chemistry, p. 2897-2908. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/jf101303g?ref=article_openPDF. Acesso em: 20 nov. 2024.

JESCHKE, P. et al. (2013). “Nicotinic acetylcholine receptor agonists: A milestone for modern crop protection”. Angewandte Chemie - International Edition, 52(36), pp. 9464–9485. DOI: <https://doi.org/10.1002/anie.201302550>.

- LIU, et al. (2021). “Occurrence, variations, and risk assessment of neonicotinoid insecticides in Harbin section of the Songhua River, northeast China”. Environmental Science and Ecotechnology, 8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2021.100128>.
- MACHADO, E. S. et al. (2019). “Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água”. Eng. Sanit. Ambient. 24 (02). DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181252>.
- MAHAI, G. et al. (2019). “Neonicotinoid insecticides in surface water from the central Yangtze River, China”. Chemosphere, 229, pp. 452-460. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519309336>.
- MATOS, W. B. (2019). “Respostas comportamentais de *Nannotrígona* sp. a inseticidas de origem sintética e natural”. São Cristóvão. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/17936/2/WALLACE_BORGES_MATOS.pdf. Acesso em: 04 junho 2025.
- MONTAGNER, C. C. et al. (2017). “Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios.” Química nova, v. 40, n. 9, pp. 1094-1110. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>.
- QUEIROZ, L. G.; SILVA, D. C. V. R. (2021). “Inseticidas neonicotinóides: uma ameaça aos corpos hídricos brasileiros.” In: Recurso Água – Tecnologias e pesquisas para o uso e a conservação de ecossistemas aquáticos. Org. por Silva, D. C. V. R. et al. São Carlos: Editora Cubo, p. 11–34. DOI: <https://doi.org/10.4322/978-65-86819-07-6>.
- SELVAM, V.; SRINIVASAN, S. (2019). “Intoxicação e Manejo por Neonicotinoides”. Indian Journal of Critical Care Medicine, 23(Suppl 4), pp. S260–S262. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6996656/>. Acesso em: 15 maio 2025.
- THOMPSON, D. A. et al. (2020). “A critical review on the potential impacts of neonicotinoid insecticide use: current knowledge of environmental fate, toxicity, and implications for human health”. Environmental Science: Processes & Impacts, 22, pp. 1315-1346. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9EM00586B>.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). (2024). “Contaminants of emerging concern”, in Field sampling procedures manual. USEPA, chap. 3, pp. 1 - 7. Disponível em: https://dep.nj.gov/wp-content/uploads/srp/chapter_3_contaminants_of_emerging_concern.pdf. Acesso em: 23 mar. 2025.
- YAMAMOTO, A. et al. (2012). “Evaluation of river pollution of neonicotinoids in Osaka City (Japan) by LC/MS with dopant-assisted photoionisation”. Journal of Environmental Monitoring, 14,2189. DOI: <https://doi.org/10.1039/C2EM30296A>.