

Artigos

Monitoramento de agrotóxicos em sistemas de abastecimento de água: Uma análise comparada entre a Portaria n.º 888/2021 e as Diretivas Internacionais

Monitoring of pesticides in water supply systems: A comparative analysis between Ordinance no. 888/2021 and International Directives

Sara Bursztein¹; Antônio Domingues Benetti¹¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.✉ saraburszt@hotmail.com, benetti@ufrgs.br**Palavras-chave:**

Monitoramento de agrotóxicos na água;
Água para consumo humano;
Diretivas internacionais para agrotóxicos na água;
Portaria da qualidade da água;
Abastecimento de água para consumo humano;

Keywords

Pesticides monitoring in water;
Drinking water;
International directives for pesticides in water;
Brazilian ordinance on water quality;
Water supply for human consumption.

Revisão por pares.
Recebido em: 06/04/2023.
Aprovado em: 20/10/2023.

Resumo

A presença de agrotóxicos na água para consumo humano é uma preocupação crescente no Brasil e no mundo. Procedimentos de vigilância e controle são necessários para garantir a água potável livre de traços de agrotóxicos. Os países desenvolvidos, em sua maioria, controlam regularmente os principais agrotóxicos. As diretivas internacionais planejam o monitoramento avaliando se já houve detecção na água, qual o comportamento ambiental dos ingredientes ativos e quais os riscos associados à saúde humana e ao meio ambiente. A frequência adotada em função destes critérios não é uniforme para os diferentes compostos. No Brasil, a Portaria n.º 888/2021 define uma periodicidade semestral para 40 agrotóxicos aplicada a todos os sistemas de abastecimento de água. O atendimento desta demanda é complexo considerando a logística precária e a falta de recursos em algumas regiões brasileiras. Cabe à vigilância sanitária dos municípios avaliar os planos de monitoramento dos operadores, que podem ser prejudicados pela falta de infraestrutura e carência de pessoal capacitado. Tendo em vista as questões abordadas, este artigo compara as exigências das práticas internacionais com as da Portaria n.º 888/21 para o monitoramento de agrotóxicos, e destaca a necessidade de estabelecer procedimentos que otimizem as ações necessárias na elaboração de planos de monitoramento.

Abstract

The presence of pesticides in water for human consumption is a growing concern in Brazil and worldwide. Surveillance and control procedures are necessary to guarantee drinking water free of traces of pesticides. Most developed countries regularly control the main pesticides. International guidelines design monitoring plans by assessing whether the pesticides were already detected in water, what is the environmental behavior of the active ingredients, and what are the risks associated with human health and the environment. The frequency adopted according to these criteria is not uniform for the different compounds. In Brazil, Ordinance No. 888/2021 defines a six-monthly frequency for 40 pesticides applied to all water supply systems. Meeting this demand is complex considering the precarious logistics and lack of resources in some Brazilian regions. It is up to the health surveillance of the municipalities to evaluate the operators' monitoring plans, which can be hampered by the lack of infrastructure and of trained personnel. In view of the issues addressed, this article compares the requirements of international practices with those of Ordinance No. 888/21 for the monitoring of pesticides, highlighting the need to establish procedures that optimize the necessary actions in the preparation of monitoring plans.

DOI: <http://doi.org/10.14295/ras.v37i3.30220>

1. INTRODUÇÃO

A presença de agrotóxicos na água para consumo humano é uma preocupação crescente no Brasil e no mundo devido aos efeitos adversos já identificados em relação à saúde humana e ao meio ambiente (Lopes; Albuquerque, 2018).

O Brasil é o segundo maior consumidor mundial de agrotóxicos em valores absolutos, com uma taxa de aplicação de 10,90 kg/ha por área de cultivo. Em termos de taxa de aplicação, com dados referentes ao ano 2021 (FAO, 2023), o Brasil está abaixo dos 10 primeiros usuários, com taxas que variam entre 28,74 kg/ha (1º lugar, Antilhas Holandesas, no mar do Caribe) e 13,54 kg/ha (10º lugar, Granada no mar do Caribe). Já em

relação às taxas de aplicação médias mundiais e das Américas, respectivamente, 2,26 kg/ha e 4,70 kg/ha, o país está bem acima. O elevado consumo está associado, em parte, a extensão de suas terras aráveis, ao clima que permite mais de uma colheita anual e, algumas vezes, ao próprio desconhecimento sobre as reais necessidades de aplicação por parte dos agricultores (Araújo; Oliveira, 2017).

Os agrotóxicos aplicados às culturas podem ser carreados aos corpos hídricos superficiais e subterrâneos através do escoamento, da percolação ou agregados aos sedimentos. O deslocamento da água sobre a superfície os transporta aos rios e lagos, enquanto o movimento vertical através das zonas não saturadas os conduz ao lençol freático e aquíferos confinados

pelas zonas de recarga. Agregando-se a partículas de solo erodidas, os agrotóxicos podem alcançar os mananciais (Lewis *et al.*, 2016). Muitos são estáveis temporalmente e podem contaminar, inclusive, áreas distantes dos locais de aplicação através do fenômeno conhecido como deriva (Lofrano *et al.*, 2020).

Os agrotóxicos podem ser degradados por processos químicos (fotólise, hidrólise, oxidação e redução) e biológicos, através da decomposição por microrganismos presentes no solo que os mineralizam, ou os convertem em compostos intermediários (EMBRAPA, 2020).

A partir das características físico-químicas dos agrotóxicos é possível determinar o seu meio de transporte e transformação prevalentes no compartimento ambiental. Os que apresentam pressões de vapor elevadas volatilizam para a atmosfera enquanto outros, com elevada sorção às partículas do solo serão removidos através da erosão. A persistência no ambiente é avaliada através do tempo de meia-vida, definido como o tempo requerido para a redução em 50% da concentração inicial. As características que reduzem a potencial presença dos agrotóxicos na água são: i) baixa solubilidade; ii) alta capacidade de sorção aos sedimentos; iii) alta pressão de vapor; iv) baixa persistência e v) elevado potencial de degradação química e biológica (Hanson *et al.*, 2015).

As propriedades do solo influenciam na transformação dos agrotóxicos. Solos com altas taxas de infiltração e permeabilidade permitem que os químicos alcancem o lençol freático em menores tempos em comparação àqueles com textura mais fina. Sua passagem rápida através da zona não saturada diminui a probabilidade de degradação. Por outro lado, camadas impermeáveis interrompem o seu movimento vertical (Correia, 2018).

De acordo com o Atlas Águas (ANA, 2021), 43% das sedes municipais no Brasil são abastecidas por mananciais superficiais, 40% por subterrâneos e 17% possuem abastecimento misto. Considerando a grande aplicação de agrotóxicos no Brasil e a mobilidade ambiental de seus ingredientes ativos, é possível avaliar que existem riscos de que estes compostos estejam presentes nos locais de captação de água para consumo humano. Um aspecto muito importante é que o processo convencional de tratamento de água (clarificação química, filtração em areia e desinfecção com cloro), que é empregado na quase totalidade dos sistemas brasileiros (IBGE, 2017), é insuficiente para remover agrotóxicos, mesmo quando encontrados em pequenas concentrações na água (Teodosiu *et al.*, 2018). A presença de agrotóxicos requereria que as estações de tratamento de água fossem dotadas com tecnologias mais avançadas, ou que fossem implantadas unidades complementares ao sistema convencional (Crittenden *et al.*, 2022).

Face ao efeito que alguns agrotóxicos podem causar à saúde humana (Bombardi, 2017) e ao meio ambiente, este artigo visa avaliar os procedimentos requeridos pela Portaria n.º 888/2021 para o monitoramento de agrotóxicos nos sistemas

de abastecimento de água brasileiros, comparando-os com as práticas internacionais.

2. MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

2.1. Monitoramento nos mananciais superficiais

O controle de agrotóxicos em mananciais superficiais ainda é limitado no Brasil. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) possui um Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA. Este programa abrange 23 parâmetros básicos, porém, não incluem agrotóxicos (ANA, 2022).

2.2. Monitoramento nos mananciais subterrâneos

Conforme o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2023), o monitoramento de águas subterrâneas se intensificou a partir de 2009. A CPRM implantou a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) para acompanhar as variações espaciais e temporais quali-quantitativas das águas nos principais aquíferos brasileiros. Além da rede nacional, alguns Estados também operam redes de monitoramento quantitativo e/ou quali-quantitativo.

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas do Serviço Geológico é uma rede quantitativa com alertas qualitativos. Há uma análise físico-química completa, incluindo os agrotóxicos, após a implantação do poço. Ela é repetida quinzenalmente, conforme o uso e ocupação do solo nas imediações. No caso de haver variações significativas de qualidade nas análises microbiológicas, a frequência da análise físico-química completa passa ser semestral. Alguns Estados também efetuam o monitoramento qualitativo das águas subterrâneas, na forma de uma rede integrada com a quantidade (nível) ou em diferentes redes (SIAGAS, 2023).

2.3. Monitoramento nos sistemas de abastecimento de água

A vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano é regrada pelo Ministério da Saúde através da Portaria GM/MS n.º 888/2021 (Brasil, 2021). Ela inclui 40 parâmetros de agrotóxicos que devem ser monitorados semestralmente junto aos sistemas de abastecimento de água, cujas captações advêm tanto de águas superficiais como subterrâneas. Este monitoramento deve ser exercido indistintamente em todos os 5.570 municípios. Os 40 parâmetros foram definidos na Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação n.º 5/2017 do Ministério da Saúde após debate e consulta pública (Brasil, 2020).

Para o monitoramento da vigilância existe uma Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Brasil, 2016). A vigilância, que possui caráter preventivo e investigativo quanto ao risco à saúde humana, é atribuída às secretarias municipais de saúde. O monitoramento do controle da qualidade da água distribuída à população é de responsabilidade dos operadores dos sistemas de abastecimento de água. Os operadores, que

podem ser autarquias municipais ou estaduais, ou empresas privadas, devem elaborar seus planos de monitoramento de agrotóxicos e submetê-los à aprovação junto às secretarias municipais de saúde.

Os resultados do monitoramento dos agrotóxicos são informados pela vigilância e pelos operadores diretamente no banco de dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISÁGUA (Brasil, 2022).

O Brasil possui 5.570 municípios, mas apenas 70% (3.877) estão cadastrados no SISÁGUA. Assim, 30% dos municípios não exercem ou não divulgam os dados de monitoramento de seus sistemas de abastecimento de água. Dos 3.877 municípios no SISÁGUA, 2.559 monitoram agrotóxicos, muitos deles parcialmente. Isto significa que apenas 46% dos municípios brasileiros estão informando, mesmo que de forma incompleta, sobre a presença de agrotóxicos em suas águas tratadas e distribuídas para consumo.

A Tabela 1 apresenta os números de análises anuais realizados em sistemas de abastecimento de água de 5 agrotóxicos regulados pela Portaria nº 888/2021, entre os anos de 2014 e 2022. A tabela mostra os números e percentuais de dados inconsistentes e/ou inconclusivos referentes apenas aos 2.559 municípios que estão monitorando agrotóxicos. Observa-se que há uma parcela significativa de análises inconsistentes, ou seja, que não provêm informações que possam ser usadas para avaliar os sistemas. Estes resultados não favorecem a obtenção de uma série histórica representativa para avaliar assertivamente a presença de agrotóxicos nos sistemas de abastecimento de água.

Para ilustrar, a Tabela 2 mostra os números de análises de 5 agrotóxicos que excederam as concentrações máximas permitidas pela Portaria nº 888/2021 de Potabilidade da Água para Consumo Humano.

Tabela 1 - N.º de análises de agrotóxicos, n.º de dados inconsistentes¹ e inconclusivos², entre 2014 a 2022

Classificação ³	Análises/ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	nº	6211	8655	9783	15067	18341	21392	22005	27816	16299
1º Glifosato	1	839	935	826	1103	657	312	216	329	179
	(%)	14	11	14	11	8	7	4	1	1
	2	0	7	0	0	2	0	1	0	0
	nº	5627	7768	8716	14917	17910	20878	22300	25875	12385
2º 2,4-D	1	602	687	469	1171	523	303	411	554	344
	(%)	11	9	5	8	3	1	2	2	3
	2	1	8	0	0	3	0	1	0	1
	nº	3548	5063	7479	13066	15932	18877	20602	24404	12956
3º Mancozebe	1	601	871	413	522	478	279	201	1763	166
	(%)	17	17	6	4	3	1	1	7	1
	2	0	0	2	2	0	1	1	82	0
	nº	6214	8994	10280	16383	19382	22389	23799	27617	13478
4º Atrazina	1	1297	906	788	1634	720	358	325	468	306
	(%)	21	10	8	10	4	2	1	2	2
	2	2	9	4	5	4	0	1	1	0
	nº	3695	5994	8330	14209	17320	20476	21922	26239	17072
10º Clorpirifós	1	606	629	535	1061	524	376	300	402	157
	(%)	16	10	6	7	3	2	1	2	1
	2	0	6	1	3	0	0	1	1	0

Fonte: da autora (2023). Dados Brasil (2022).

Notas:

- Inconsistentes:** situações com erro no preenchimento do resultado da análise, ou com informações incompletas para avaliar o atendimento ao valor de referência;
(%) Percentual de amostras inconsistentes;
- Inconclusivos:** quando não permitem avaliar se o resultado está acima ou abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP);
- Classificação:** posição que o agrotóxico ocupa na lista do IBAMA dos 10 mais comercializados no ano 2022.

Tabela 2 – Nº de análises de agrotóxicos que excederam as concentrações máximas permitidas pela Portaria nº 888/2021, por Região, entre os anos de 2014 e 2022

Classificação	Agrotóxico	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1º	Glifosato	1 S	2 CO,NO	3 1CO,2S	0	0	3 CO	2 CO	5 SE	0
2º	2,4-D	0	0	1 S	0	0	0	0	0	2 SE
3º	Mancozebe	1 SE	0	1 S	1 S	0	0	0	0	0
4º	Atrazina	2 NE,SE	1 SE	4 2S,2SE	7 6SE,1S	1 SE	1 S	1 SE	6 SE	1 CO
10º	Clorpirifós	0	0	0	0	0	0	2 SE	2 SE	0

Fonte: da autora (2023). Dados: Brasil (2022).

Notas:

S =SUL / SE = SUDESTE / CO = CENTRO-OESTE / NE = NORDESTE / N =NORTE

Classificação: posição que o agrotóxico ocupa na lista do IBAMA dos 10 mais comercializados no ano 2022.

Outro aspecto observado na consulta ao SISÁGUA é que as coletas das amostras são realizadas nos mesmos meses, normalmente em janeiro e julho. Isto denota, aparentemente, uma falta de critérios para escolhas de épocas mais representativas para detecções de agrotóxicos nos mananciais. Realizar as coletas sempre nas mesmas épocas, sem considerar estas especificidades, pode ser um dos motivos das baixas detecções mostradas na Tabela 2. Para reforçar a necessidade de aprimorar o monitoramento dos agrotóxicos existe uma série de trabalhos acadêmicos (Grützmacher *et al.*, 2008; Lucas *et al.*, 2020) cuja detecção é maior do que as apresentadas no SISÁGUA.

Além das questões operacionais da amostragem é necessário avaliar as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, os quais diferem para os diversos ingredientes ativos. Estas, associadas a fatores ambientais, como localização geográfica, clima e cobertura vegetal determinarão as reações dos agrotóxicos no compartimento ambiental (Gebler; Spadotto, 2008). Portanto, definir o período adequado da coleta das amostras é fundamental para a detecção de agrotóxicos, e este pode não ser uniforme para todos os parâmetros.

3. PRÁTICAS INTERNACIONAIS NO MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS

A maioria dos países desenvolvidos controla regularmente os principais agrotóxicos, no entanto, em muitos deles, os altos custos e infraestrutura requeridas para as coletas e medições limitam a obtenção de séries mais extensas de dados. A literatura internacional mostra que, em áreas agrícolas, é comum a presença de agrotóxicos tanto em águas superficiais como subterrâneas em zonas de recarga de aquíferos (Gilliom, 2007).

Segundo uma meta-análise realizada entre os anos de 2001 e 2015 por Stehle e Schulz (2015) inexistem dados de monitoramento de agrotóxicos para cerca de 90% das terras agrícolas globais. Destaca-se que, das 11.300 concentrações de inseticidas medidas relatadas, 52,4% delas (5.915 casos; 68,5% dos locais) excederam o limite regulatório aceito para as águas superficiais ou sedimentos. Estas concentrações são ele-

vadas mesmo em países com regulamentações ambientais rigorosas.

3.1. Organização Mundial da Saúde

As Guias para Qualidade da Água da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022) visam orientar procedimentos para o monitoramento de agrotóxicos baseados na identificação de perigos e gerenciamento de riscos, estabelecendo metas baseadas na saúde. Dois instrumentos são usados para alcançar objetivos de qualidade da água para consumo: os Planos de Segurança da Água (PSA) e a vigilância independente dos operadores dos sistemas de abastecimento. O PSA faz uma avaliação de risco englobando todas as etapas do abastecimento de água, desde a captação até o consumidor (WHO; IWA, 2023). Os PSA devem considerar os padrões ou objetivos nacionais, regionais e locais relevantes de qualidade da água.

Para um determinado agrotóxico, a localização e a frequência da amostragem serão determinadas por suas principais fontes de aplicação e variabilidade em sua concentração nos mananciais de captação. Para aquelas substâncias cujas concentrações não se alteram significativamente ao longo do tempo, pode-se utilizar uma frequência de amostragem menor em relação àquelas que apresentam maior variação.

Em muitos casos, a frequência de monitoramento é anual ou mais espaçada, particularmente em águas subterrâneas estáveis, cuja ocorrência de contaminantes varia mais lentamente no tempo. As concentrações são mais variáveis em águas superficiais, podendo exigir um maior número de amostras, conforme o contaminante e sua importância. Entretanto, uma maior frequência pode ser necessária em águas subterrâneas em meios fraturados e com fontes de poluição próximas as fontes de abastecimento de água (Chilton, 1996).

Pelo menos um dos seguintes critérios deve ser satisfeito para que a OMS estabeleça uma recomendação para concentração máxima de um agrotóxico na água para consumo humano: 1º) Há evidência da ocorrência do agrotóxico na água, juntamente

com indicações de seus efeitos adversos à saúde; 2º) O agrotóxico é de significativa preocupação internacional; 3º) O agrotóxico está incluído ou sendo considerado para inclusão no Esquema de Avaliação de Pesticidas da Organização Mundial da Saúde (WHOPES). Com base nestes critérios, a OMS sugere concentrações máximas para 31 agrotóxicos, cujas presenças em água potável apresentam riscos à saúde.

A OMS considera que o monitoramento rotineiro de parâmetros microbiológicos na água para consumo humano é mais prioritário que o de agrotóxicos, porque apresentam maior risco imediato à saúde. Com relação a estes, os países devem considerar o uso local e situações potenciais de contaminação ao decidir se e onde monitorar. Caso os resultados mostrem níveis acima do valor baseado em saúde, é recomendada a implantação de um plano para controle do uso do agrotóxico na área de captação da água para abastecimento.

3.2. Diretiva da União Europeia (UE)

A norma vigente relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano para a União Europeia é a Diretiva

2020/2184 (UE, 2020) do Parlamento Europeu. Os Estados-Membros devem transpor a Diretiva para a legislação nacional e criar um conjunto de dados que incluem os parâmetros de agrotóxicos para monitorar. Devem considerar a avaliação e gestão de risco das bacias hidrográficas, dos pontos de captação e dos sistemas de distribuição de água, atentando para a variabilidade resultante de condições naturais e antropogênicas. Os parâmetros selecionados devem ser atualizados anualmente, e as demais informações a cada seis anos.

A frequência mínima de amostragem para os agrotóxicos (Grupo B) varia em função do volume diário de água distribuída ou produzida numa zona de abastecimento. Os Estados-Membros, observada a frequência mínima mostrada na Tabela 3, devem determinar, para qualquer parâmetro selecionado, a frequência do monitoramento.

As análises devem validar e documentar todos os métodos, incluindo os de laboratório, de campo e em linha, utilizados para programas de monitoramento de substâncias químicas, conforme a norma EN ISO/IEC-17025 ou outras normas equivalentes aceitas no plano internacional.

Tabela 3 - Frequência mínima de amostragem e da análise para verificação da conformidade de agrotóxicos na água distribuída para consumo humano

Volume (m ³ /dia)		Agrotóxicos - Grupos B (Número de amostras anuais)
< 10		> 0
≥ 10	≤ 100	1 (se todos os parâmetros estiverem conformes, monitorar de 6 em 6 anos)
> 100	≤ 1.000	1
> 1.000	≤ 10.000	1 até 1 000 m ³ /dia e +1 a cada 4.500 m ³ /dia adicionais
> 10.000	≤ 100.000	3 para os 1 ^{os} 10.000 m ³ /dia e +1 a cada 10.000 m ³ /dia adicionais
> 100.000		12 a cada 100.000 m ³ /dia e +1 a cada 25.000 m ³ /dia, adicionais.

Fonte: Quadro 1 da Diretiva (UE) 2020/2184, adaptado pela autora.

Para os agrotóxicos regulamentados que constam no Anexo I da Diretiva da Água Potável 2020/2184, é definida uma concentração máxima admissível (MAC) de 0,1 µg/L para um agrotóxico individual, e de 0,5 µg/L para a concentração total em qualquer amostra. No caso das substâncias Aldrin, Dieldrin, Heptacloro e Heptacloro-Epóxido, o valor paramétrico deve ser inferior a 0,030 µg/L. Esta Diretiva considera que a presença de qualquer concentração de agrotóxicos na água equivale a um risco a saúde humana.

O Estado-Membro, ao verificar a ausência de um parâmetro nas bacias de drenagem para pontos de captação, e não havendo registros em mananciais superficiais ou subterrâneos, autoriza os operadores dos sistemas a diminuírem a frequência ou retirar este parâmetro da lista a monitorar.

3.3. Diretiva Americana

Todo o processo de tratamento da água é regulamentado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA). A Lei da Água Potável Segura (SDWA) exige que a EPA assuma a responsabilidade de identificar e limitar possíveis contaminantes na água potável. Nos critérios estabelecidos para monitorar agrotóxicos são considerados os potenciais efeitos adversos à saúde humana, a frequência e o nível de ocorrência já detectado na água e as tecnologias de tratamento de água disponíveis para remoção dos contaminantes. Também, verificam se o custo da regulação da substância é representativo para reduzir os riscos (EPA, 2022).

A EPA permite aos Estados definir e aplicar seus próprios padrões, desde que sejam, no mínimo, tão rigorosos quanto os padrões nacionais. As regras se aplicam a todos os

sistemas públicos de água (PWS). O tamanho e tipo de fonte de água do PWS determinam quais contaminantes e a frequência para monitorar aquele sistema.

A EPA elaborou um Guia de referência rápida incorporando um *Quadro de Monitoramento Padronizado* (SMF). Esse documento objetiva padronizar, simplificar e consolidar os requisitos de monitoramento de grupos de contaminantes, incluindo os agrotóxicos. O SMF resume os requisitos federais e as frequências de monitoramento contínuo para os sistemas de abastecimento existentes.

O controle dos agrotóxicos é regrado pelas diretrizes para contaminantes químicos inserido no grupo dos Orgânicos Sintéticos (SOCs). Além destes, a EPA usa a *Regra de Monitoramento de Contaminantes não Regulamentados* (UCMR) para coletar dados de substâncias suspeitas da presença em água potável e que não possuem padrões baseados em saúde definidos pela *Lei de Água Potável Segura* (SDWA).

Para priorizar a inclusão de novos agrotóxicos no monitoramento, são escolhidos contaminantes que ainda não foram monitorados e podem ocorrer na água potável. Também considera a relação custo-benefício das possíveis abordagens

de monitoramento, os fatores de implementação (por exemplo, capacidade laboratorial), avalia os efeitos sobre a saúde, a ocorrência e os dados de persistência/mobilidade.

3.4. Diretiva Israelense

O regulamento Israelense para a qualidade da água potável e seus sistemas de abastecimento foi editado em 2013. A primeira série de amostragens para monitoramento de agrotóxicos deve ser realizada conforme um plano que o fornecedor de água deve submeter à aprovação da autoridade sanitária até 1.º de novembro de cada ano (Israel, 2013).

O plano da amostragem e testes devem incluir, no mínimo, pontos de amostragem, parâmetros que serão testados e cronograma. As amostragens devem ser realizadas por cinco anos a partir da data de início e ser distribuída anualmente.

A frequência de amostragem para estações de tratamento de água é classificada em 5 grupos, conforme a Tabela 4.

A Tabela 5 apresenta os critérios adotados para distribuir a periodicidade do monitoramento dos grupos, para cada parâmetro avaliado.

Tabela 4 - Grupos de frequência de monitoramento de agrotóxicos na água em Israel

Grupos	Parâmetros
A	Agrotóxicos e substâncias orgânicas de origem industrial.
B	Parâmetros com uso encerrado ou que nunca foram usados no país.
C	Parâmetros cujas probabilidades de perigo sanitário são baixas para justificar monitoramento regular, mas a coleta de informações é importante para avaliar a necessidade de monitoramento sob as condições prevalentes no país.
D	Parâmetros com probabilidade de constituir perigo à saúde e de ocorrência restrita em algumas áreas.
E	Parâmetros não orgânicos que afetam a saúde.

Fonte: elaborado pela autora, 2023. Dados do regulamento israelense (Israel, 2013).

Tabela 5 - Avaliação da frequência de monitoramento de agrotóxicos para cada parâmetro

Grupos	Alternativas	Resultado após 3 anos com análise trimestral para cada parâmetro	Próxima amostragem
A	(1ª)	Se todos os testes <10% do VMP ¹ (1) Entre 10% e 30% do VMP	A cada 3 anos Trimestral
	(2ª)	(2) Após 3 anos: < 30% e não tende a aumentar sua concentração	Anos 3 a 5 (trimestral). Ano 6 (a cada 3 anos).
	(3ª)	(1) Superior a 30% do VMP	Trimestral (anos 4 a 6)
		(2) Após 3 anos: < 30% do VMP (3) Após 3 anos: < 30% do VMP, em todos os testes realizados	Anual nos anos 7 a 9 Ano 12 (após 3 anos)
B	Uma análise por parâmetro nas ETAs que não o testaram desde 01/01/2006. Monitoramento: Detectado: manter. Não detectado: encerrar.		
C	Testes em 25% das instalações de produção de todo o país, por 2 anos, de acordo com os resultados: Grupo (A, B, D ou E) ou término do monitoramento.		
D	O monitoramento será realizado conforme instruções da autoridade sanitária de acordo com o grau de risco de saúde ambiental presente em cada região.		
E	Monitoramento: anual por parâmetro, em cada ETA. Se determinado parâmetro no último teste realizado for inferior a 60% do VMP, e não foram detectados achados que justifiquem aumento na frequência de teste, a frequência será reduzida para uma vez a cada 5 anos. Se, em um dos testes, a concentração do parâmetro ultrapassar 60% do VMP a frequência deve se tornar anual.		

Fonte: elaborado pela autora (2023) a partir do regulamento israelense (Israel, 2013).

Nota: ¹VMP – Valor Máximo Permitido

No Anexo 1, Tabela B da Diretiva Israelense, são listados 31 parâmetros de agrotóxicos que, segundo o regulamento, afetam a saúde. A frequência do monitoramento para cada agrotóxico (coluna E) está distribuída da seguinte forma: 18 parâmetros no Grupo A, 6 no B e 7 no C.

3.5. Diretiva Australiana

A Diretiva Australiana para Água Potável (NRMCC, 2022) estrutura a gestão da qualidade da água potável baseada na prevenção, gerenciando todo sistema desde a captação até o consumidor para garantir água segura para consumo. O

monitoramento é o instrumento para confirmar a eficácia das medidas e barreiras da prevenção à contaminação. A coleta de dados informa sobre o sistema de abastecimento de água, incluindo perigos e riscos presentes, o desempenho das estações de tratamento e integridade do sistema de distribuição. O programa de monitoramento é dinâmico e sua abordagem é ilustrada na Figura 1.

Figura 1 - Monitoramento como parte de um processo contínuo de gerenciamento do sistema



Fonte: NRMCC (2022). Adaptado pela autora (2023).

A Diretiva Australiana preconiza que o monitoramento dos agrotóxicos não requer o mesmo nível e atenção que o de patógenos microbianos ou os produtos químicos de principal preocupação (arsênico, flúor em concentrações acima das aplicadas para proteção dental, selênio, nitrato, chumbo e urânio). Deve haver evidência ou inferência razoável da potencial presença de agrotóxico na água, determinada por meio de investigação específica do local e análise do sistema de abastecimento.

A frequência da amostragem na Austrália é mensal quando detectado ou houver probabilidade da presença de agrotóxicos na água, caso contrário é anual. Será mensal ou trimestral para agrotóxico-tóxicos orgânicos previamente (ou potencialmente) detectados; sazonalmente e/ou anualmente, se relacionados a eventos (p. ex., tempestades). A frequência deve ser aumentada nos casos em que haja mudanças extremas no clima, nas vazões ou na qualidade da água, bem como interrupções de energia, descarte de substâncias químicas por desastres, alterações em processos de tratamento de água e quando houver manutenção e reparos importantes nos sistemas de abastecimento. A frequência deve ser mantida até que se estabeleça a confiança de que a qualidade da água está dentro das especificações.

De acordo com ANZECC e ARMCANZ (2000), o monitoramento da qualidade da água requer a coleta sistemática de dados físicos, químicos e biológicos, informações observacionais, análise, interpretação e o preparo de relatórios para comunicação dos resultados às autoridades de saúde pública.

Este plano de monitoramento deve integrar um projeto pré-aprovado pela autoridade sanitária. O programa de monitoramento deve ser elaborado por pessoal com conhecimento em sistemas de abastecimento de água, de qualidade da água e da abordagem de gestão preventiva conforme detalhado nas Diretivas. Deve haver consultas aos operadores dos sistemas, profissionais de saúde, reguladores e autoridades responsáveis pela auditoria do desempenho do sistema de abastecimento de água potável.

4. DISCUSSÕES

A Tabela 6 apresenta as principais considerações das diretivas internacionais para o monitoramento dos agrotóxicos nos sistemas de abastecimento de água.

Tabela 6 - Critérios adotados no Brasil e pelas diretivas internacionais para o monitoramento de agrotóxicos

Diretiva	Critérios de monitoramento	Frequência de monitoramento de agrotóxicos
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento deve ser realizado pela autoridade em saúde pública (Vigilância) e pelos operadores dos sistemas de abastecimento de água (Controle) de forma independente. - Planos de monitoramento devem ser aprovados pelas secretarias municipais de saúde. - Obrigatório em todos os 5.570 municípios do Brasil. - Resultados publicados no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). 	- Semestral, para 40 agrotóxicos.
OMS	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Planos de segurança da água (PSA) são instrumentos adequados para alcançar os objetivos de água segura para consumo.</i> - <i>Prioriza o monitoramento microbiológico sobre o químico porque é considerado de maior risco imediato à saúde.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Anual (mananciais superficiais); - Mais espaçados (subterrâneos); - Subterrâneos: frequência maior, dependendo da localização das fontes de poluição e fluxos no aquífero.
União Europeia	<ul style="list-style-type: none"> - Parâmetros devem ser atualizados anualmente; - Definida uma concentração máxima admissível (MAC) de 0,1 µg/L para um pesticida individual, e de 0,5 µg/L para a concentração total, em qualquer amostra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mínima em função do volume diário de água distribuída ou produzida numa zona de abastecimento. - Verificada a ausência do agrotóxico na água, pode haver diminuição na frequência ou mesmo o encerramento do monitoramento.
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimentos comunitários elaboram seus planos de monitoramento a partir de um modelo (SMF) disponibilizado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA). 	- Não define frequência padrão.
Israel	<ul style="list-style-type: none"> - Planos de monitoramento elaborados com horizontes de 5 anos; - Ao final de cada ano, são avaliados os resultados e redefinidas as frequências. 	- Frequência variável segundo a categoria que o agrotóxico está enquadrado e dos resultados obtidos no monitoramento.
Austrália	<ul style="list-style-type: none"> - Planos de monitoramento consideram os riscos de contaminação; - Considera os desempenhos dos sistemas a curto e longo prazo; - O monitoramento microbiológico tem prioridade sobre o de agrotóxicos; - O programa de monitoramento deve ser elaborado por pessoal com conhecimento em sistemas de abastecimento de água, avaliação da qualidade da água e abordagem de gestão preventiva; - Consulta aos operadores de sistemas, profissionais de saúde, reguladores e autoridades responsáveis pela auditoria do desempenho do sistema de abastecimento de água potável. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mensal quando detectado ou houver probabilidade da presença de agrotóxicos na água, - Anual, quando não for detectada a presença do agrotóxico na água.

Fonte: da autora (2023).

Observa-se, na Tabela 6, que há uma variedade de critérios sugeridos ou regulamentados pela Organização Mundial da Saúde, União Europeia e países individuais. Em geral, há uma maior flexibilidade no monitoramento de agrotóxicos em outros países em relação ao Brasil. Os países admitem variações nas frequências de amostragens e nos tipos de agrotóxicos monitorados, dependendo de suas detecções nos sistemas de abastecimento de água.

As diretivas da OMS, UE, Americana e Australiana possuem uma lista de referência que deve ser adaptada às condições locais, baseando seus planos de monitoramento na análise de risco à saúde humana. Israel possui uma diretiva mais detalhada provavelmente devido ao seu território reduzido, ao alto emprego de agrotóxicos por taxa de aplicação (14,56 kg/ha no ano 2021 (FAO, 2023) e a escassez hídrica.

Os dados disponíveis no SISÁGUA demonstram que a exigência de monitorar 40 agrotóxicos, em todos os sistemas de abastecimento de água dos municípios brasileiros, não está sendo cumprida. Também é observado um elevado número de análises inconsistentes e/ou inconclusas, além de falta de critérios para estabelecer as épocas adequadas de coletas de amostras. Estes fatos denotam carências de logística e infraestrutura satisfatórios, para avaliar com segurança sobre a presença de agrotóxicos na água para consumo humano. Isto se torna mais grave porque sabe-se que os processos de tratamento de água usados nas cidades brasileiras são insuficientes para remoção de agrotóxicos.

A diretriz para a vigilância de agrotóxicos na água para consumo humano é relativamente genérica, não apresenta uma metodologia suficiente para elaborar planos de amostragem representativos. É notório, também, que há deficiências de infraestrutura e capacitação nas secretarias municipais de saúde e dos operadores dos sistemas de abastecimento de água, para planejar um monitoramento consistente de agrotóxicos.

Um plano de monitoramento adequado deve incluir o planejamento das operações de campo, a disponibilidade de infraestrutura laboratorial adequada, o controle de qualidade, o armazenamento, tratamento e interpretação de dados, a elaboração de relatórios às autoridades de saúde pública e comunicação ao público. Os custos para o monitoramento devem ser calculados e recursos devidamente alocados.

Outro aspecto a considerar é a importância de auditar os resultados registrados pelos operadores dos sistemas de abastecimento. Deve haver um mecanismo que agilize a notificação ao operador, quando detectadas inconsistências nos seus procedimentos de controle e registro junto ao SISÁGUA.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os critérios descritos nas práticas internacionais para o mo-

nitramento de agrotóxicos não são uniformes entre os países, bem como para os diversos ingredientes ativos. Por exemplo, para determinada classe de agrotóxico o monitoramento é mensal, para outra trimestral e assim por diante. No Brasil, ao contrário, a periodicidade semestral é exigida para todos os ingredientes ativos que constam na Portaria.

Seria adequado o Brasil aproveitar a experiência de outros países e otimizar o monitoramento dos agrotóxicos. Poderiam ser considerados, por exemplo, os volumes e tipos de agrotóxicos usados nas regiões, se já houve detecções na água, seus riscos à saúde, as características das bacias hidrográficas e dos aquíferos, o número de habitantes servidos pelos sistemas, as características químicas e o comportamento ambiental dos agrotóxicos na água. Estes planos de monitoramento, mais específicos, poderiam aumentar ou diminuir a frequência de monitoramento, assim como reduzir ou mesmo sugerir a incorporação de novos compostos. Poder-se-ia aventar a possibilidade de cobrar dos fabricantes de agrotóxicos os custos alocados para o monitoramento, valendo-se do princípio poluidor - pagador. Também há necessidade de uma contínua qualificação de pessoal envolvido no monitoramento, nas atividades de campo, de laboratório, administrativas e de fiscalização.

Portanto, sugere-se estabelecer critérios metodológicos para definir a periodicidade amostral adequada para cada agrotóxico. A exemplo das diretivas internacionais poderia ser fixado um período inicial de avaliação de cinco anos. No primeiro ano seria realizada uma série mensal completa dos 40 agrotóxicos. Conforme a avaliação dos resultados neste ano, quanto à detecção ou não e a relação entre os valores encontrados e os valores máximos permitidos (VMP), estabelecer-se-iam novas periodicidades para cada agrotóxico. Estas periodicidades poderiam aumentar, ser mantidas ou reduzidas, de acordo com critérios pré-estabelecidos.

Outro aspecto a considerar é que 40% dos sistemas de abastecimento de água são supridos por mananciais subterrâneos e 17% misto (superficial e subterrâneo). A detecção de agrotóxicos em aquíferos poderá ter origem em suas zonas de recarga. Nestes casos, programas de recuperação e proteção poderão ser implementados nestas áreas vulneráveis.

No estágio atual do monitoramento de agrotóxicos, considera-se que não há segurança para estabelecer políticas públicas para o controle de agrotóxicos na água para consumo humano. Para tanto, os planos de monitoramento devem ser aprimorados a exemplo da diretiva americana, que fornece diretrizes a partir de um formulário e, da diretiva Israelense que apresenta um grau de detalhamento acessível à realidade brasileira. Estas informações são necessárias para definir os sistemas de tratamento de água que devem ser dotados de processos avançados, capazes de garantir que as concentrações máximas de agrotóxicos estabelecidas pela Portaria nº 888/2021 sejam respeitadas.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. Brasília: ANA, 2007. 124 p. il. (Caderno de Recursos Hídricos, 5) ISBN: 978-85-89629-29-4.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Qualiágua*. 2022. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>. Acesso em: 16 jun.2022.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano*. – Brasília: ANA, 2021. 332 p.: il. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>. Acesso em: 24 Jan. 2023.
- ANZECC (Australia and New Zealand Environment and Conservation Council) and ARMCANZ (Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand) (2000). *Australian Guidelines for Monitoring and Reporting. National Water Quality Management Strategy Paper No. 7*, ANZECC and ARMCANZ, Canberra.
- ARAÚJO, I. M. M., OLIVEIRA, A. G. R. C. Agronegócio e agrotóxicos: Impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas do nordeste brasileiro. *Revista Trabalho, Educação e Saúde*. Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 117-129. jan./abr. 2017.
- BOMBARDI, L. M. Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia. São Paulo: FFLCH - USP, 2017. 296 p. ISBN:978-85-7506-310-1. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05-larissa-bombardi-atlas-agrotoxico-2017.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. Laboratórios. 2022. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/>. Acesso em: 02 jul. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde*. Critérios de seleção de agrotóxicos. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2020/arquivos/DOCSNTESEAGROTXICOS1METODOLOGIA DESELEO.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 888/2021 da Vigilância e Qualidade da Água*. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 20 set. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_pla_no_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.
- CHILTON, J. Groundwater. In: CHAPMAN, D. (Ed.) *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 2nd. ed. London: WHO/Spon, 1996.
- CORREIA, N. M. *Comportamento dos herbicidas no ambiente*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018. 30 p.: il. color. ; 21 cm x 27 cm. (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1415-2312; 160).
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas*. 2023. Disponível em: https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/?_gl=1*md0qev*_ga*ODcxOTQwMDMyLjE2OTAwNTU5MjM.*_ga_HYCRRWGXHJ*MTY5MTk4MjU5Ny43LjEuMTY5MTk4MjYxMCA4wLjAuMA. Acesso em: 10 ago. 2023.
- CRITTEDEN, J. C.; TRUSSELL, R. R.; HAND, D. W.; HOWE, J.; TCHOBANOUGLOUS, G. *Stantec's Water Treatment: principles and Design*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley, 2022.
- DEPARTMENT of Environmental Health Public Health Services. Ministry of Health State of Israel. *Public Health Regulations 2013 The Sanitary Quality of Drinking Water and Drinking Water Facilities*. Records collection of regulations. Nº 7262. June 26, 2013. Disponível em: https://www.health.gov.il/Subjects/Environmental_Health/drinking_water/Documents/Briut47-Eng.pdf. Acesso em: 25 abr. 2022.
- DIRETIVA (UE) 2020/2184 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2020, sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano (reformulação). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32020L2184>. Acesso em: 13 ago. 2022.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_39_210200792814.html. Acesso em 15/Ago./2021
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *EPA Human Health Issues Related to Pesticides*. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/human-health-issues-related-pesticides>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pesticides Use*. 2023. Emprego mundial de agrotóxicos. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- GEBLER, L., SPADOTTO, C. A. *Comportamento ambiental dos herbicidas*. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. EMBRAPA. 2008. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4456155/mod_resource/content/1/Gebler%20e%20Spadotto%20%282008%29.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.
- GILLIOM, R. J. Pesticides in U.S. streams and ground water. *Environ Sci Technol* 41, 3408–3414 (2007). Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es072531u> Acesso em: 07 ago. 2023.
- GRÜTZMACHER, D. D. et al. *Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil*, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/T3mRPxxGYmmXv6LgQVJbxkf/?lang=pt#>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- HANSON, B.; BOND, C.; BUHL, K.; STONE, D. (2015). *Pesticide Half-life Fact Sheet; National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services*. Disponível em: <http://npic.orst.edu/factsheets/half-life.html>. Acesso em: 27 Out. 2022.

- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. *Relatórios de comercialização de agrotóxicos*. 2020. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=5. Acesso em: 18 Fev. 2021.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. *Relatórios de comercialização de agrotóxicos*, 2023. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=5. Acesso em: 28 jul.2023.
- IBGE. Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=28244&t=destaques>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- LEWIS, S. E.; SILBURN, D. M.; KOOKANA, R. S.; SHAW, M. 2016. Pesticide Behavior, Fate, and Effects in the Tropics: An Overview of the Current State of Knowledge. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 64, n. 20, p. 3917-3924.
- LOFRANO, G., LIBRALATO, G., MERIC, S., VAIANO, V., SACCO, O., VENDITTO, V., GUIDA, M., CAROTENUTO, M., 2020. 1 – Occurrence and potential risks of emerging contaminants in water. In: SACCO, O., VAIANO, V. (Eds.), *Visible Light Active Structured Photo catalysis for the Removal of Emerging Contaminants*. Elsevier, p. 1–25.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, S. C. A. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Revisão. Saúde debate*, v. 42, n. 117, . Apr./Jun. 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>
- LUCAS, E. de O. et al. Contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul, Brasil, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/7128/6435/106611>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- NRMMC. Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra, 2022.
- SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/?_gl=1*19zekek*_ga*ODcxOTQwMDMyLjE2OTAwNTU5MjM.*_ga_HYCRRWGXHJ*MTY5MTAwOTcxOC41LjEuMTY5MTAxMDI4Ni4wLjAuMA. Acesso em: 10 ago. 2023.
- SISÁGUA. Percentual de atendimento da diretriz nacional da vigilância. 2023. Disponível em: <https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/login.jsf>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- SISÁGUA. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. 2022. Disponível em: <https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/login.jsf>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- STEHLE, S., SCHULZ, R. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 18, p. 5750-5755, 2015. <http://www.pnas.org/content/112/18/5750.full.pdf>.
- TEODOSIU, C., GICA, A. F., BARJOVEANU, G., FIORE, S. Emerging pollutants removal through advanced drinking water treatment: A review on processes and environmental performances assessment, *Journal of Cleaner Production*, v. 197, Part. 1, p. 1210-1221, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.247>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618319061>. Acesso em: 16 jun. 2022.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Geneva: WHO, 2022. Disponível em: www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/. Acesso em: 10 fev. 2023.