

I-374 – NORMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DOS PAÍSES DE MAIOR USO DE AGROTÓXICOS NO MUNDO

Taciane de Oliveira Gomes de Assunção⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestra e Doutoranda em Engenharia Civil pela UFJF.

Renata de Oliveira Pereira⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestra em Engenharia Civil pela UFV. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF. Professora efetiva do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFJF.

Endereço⁽¹⁾: Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Martelos – Juiz de Fora - MG - CEP: 36036-330 - Brasil - e-mail: taciane.o.g.assuncao@gmail.com

RESUMO

Os agrotóxicos são contaminantes ambientais preocupantes por seus riscos à saúde humana e ao meio ambiente, especialmente aos mananciais de abastecimento. Para proteger a população, diversos países e organizações internacionais elaboraram normas de qualidade da água para consumo humano, definindo valores máximos permitidos (VMPs) para substâncias químicas específicas. Nesse contexto, este trabalho avaliou os agrotóxicos incluídos nas normas de qualidade da água para consumo humano dos países que mais utilizaram essas substâncias no mundo em 2022, segundo dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Com base nesses dados, identificaram-se os 20 maiores consumidores mundiais de agrotóxicos. Em seguida, realizou-se uma revisão das normas de qualidade da água para consumo humano vigentes nesses países com o intuito de identificar: o número de agrotóxicos regulamentados, os VMPs estabelecidos e as abordagens regulatórias adotadas por cada país. Também foram analisadas as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Nova Zelândia, referências internacionais no tema. Os 20 países selecionados apresentaram comercialização de agrotóxicos entre 26.702 e 800.652 toneladas em 2022. A Austrália apresentou o maior número de agrotóxicos regulamentados (149), enquanto a África do Sul registrou o menor (quatro). A União Europeia adotou os critérios mais restritivos e o Japão, os mais permissivos. Considerando as normas analisadas, oito agrotóxicos foram regulamentados mediante a soma de suas concentrações com as de seus respectivos metabólitos. Atrazina, 2,4-D e DDT foram os agrotóxicos mais regulamentados. Do total de 28 agrotóxicos com VMPs em pelo menos cinco normas analisadas, 23 possuem valores de referência nas diretrizes da OMS. De modo geral para esses agrotóxicos, quando os países não adotam os valores da OMS, frequentemente utilizam os mesmos estudos toxicológicos, porém aplicam diferentes parâmetros no cálculo dos VMPs. As disparidades entre os valores de VMP e abordagens regulatórias refletem as distintas prioridades regulatórias, capacidades técnicas variadas e contextos socioeconômicos específicos. Importante ressaltar que tais diferenças não necessariamente indicam maior permissividade, mas sim a adaptação às particularidades de cada nação.

PALAVRAS-CHAVE: Comercialização; pesticida; potabilidade; regulamentação; saúde pública.

INTRODUÇÃO

O objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) número seis da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas, destaca a importância do acesso à água potável e ao saneamento, com o propósito de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável desses recursos. Esse ODS objetiva melhorar a qualidade da água, reduzir a poluição, eliminar o despejo e minimizar a liberação de produtos químicos e materiais perigosos na água (ONUBR, 2024).

Desse modo, os microcontaminantes ambientais, que são compostos químicos encontrados no ambiente em concentrações da ordem de $\mu\text{g/L}$ e ng/L , como os agrotóxicos, exigem especial atenção devido à sua ocorrência em mananciais de abastecimento e, conseqüentemente, na água de consumo humano. A presença dessas substâncias na água se torna preocupante devido à sua capacidade de provocar efeitos adversos à saúde humana após períodos prolongados de exposição (WHO, 2022).

Os agrotóxicos são substâncias ou uma mistura de substâncias utilizadas com a finalidade de prevenir, destruir, mitigar ou repelir pragas em áreas agrícolas, bem como podem ser utilizadas com o intuito de controlar o crescimento vegetal (RANI *et al.*, 2021). Contudo, quando no ambiente, esses compostos podem contaminar os recursos hídricos, a atmosfera e o solo (TUDI *et al.*, 2021; ZHOU; LI; ACHAL, 2025). Além de causar danos substanciais à saúde humana, como o desenvolvimento de câncer (ex.: câncer de mama, melanoma cutâneo, câncer de tireoide, linfomas em sistemas genitais e urinários, e linfoma não-Hodgkin), anomalias hormonais, e alterações do funcionamento do fígado e dos rins (INCA, 2024; MELANDA *et al.*, 2022; NOROUZI; ALIZADEH; FARAJI, 2023; RASTKARI *et al.*, 2024).

Nesse sentido, normas de qualidade da água para consumo humano em diferentes países ao redor do mundo estipulam valores máximos permitidos (VMPs) para diversos compostos químicos (ex.: agrotóxicos, substâncias inorgânicas, subprodutos da desinfecção, etc.) (BRASIL, 2021; HEALTH CANADA, 2024; NEW ZEALAND, 2022; NHMRC/NRMMC, 2024; USEPA, 2018). As substâncias regulamentadas na água de consumo humano podem variar entre os países, dependendo de fatores como a autorização e os padrões de uso de cada composto, a abordagem regulatória adotada, as políticas de saúde pública, as diretrizes governamentais locais e a capacidade dos órgãos reguladores, entre outros aspectos (WHO, 2022).

Ressalta-se que o valor numérico de um VMP representa a concentração máxima de um constituinte que, em tese, pode ser ingerida diariamente ao longo da vida sem riscos significativos à saúde humana. Adicionalmente, o VMP de uma mesma substância pode divergir entre as normas de diversos países e organizações, variando conforme a metodologia de cálculo, os estudos toxicológicos, entre outros fatores, como: peso corpóreo, consumo diário de água, fator de alocação e de incerteza adotados (BRASIL, 2024a; HEALTH CANADA, 2024; NHMRC/NRMMC, 2024; WHO, 2022).

OBJETIVOS

Avaliar os agrotóxicos que constam nas normas de qualidade da água para consumo humano dos países que mais utilizaram essas substâncias no mundo em 2022.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização deste trabalho, foram consultados os dados sobre o uso total de agrotóxicos disponíveis por país, fornecidos pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) para o ano de 2022 (FAO, 2024). A partir dessas informações foram selecionados os 20 países que mais consumiram agrotóxicos no mundo. Após identificar esses países, buscou-se na literatura pelas normas de qualidade da água para consumo humano desses 20 países, objetivando extrair informações como: número de agrotóxicos regulamentados; quais agrotóxicos possuem VMP e seu respectivo valor, quando disponível; e como os países abordam a questão de agrotóxicos na água de consumo humano em suas respectivas regulamentações.

Destaca-se que a norma da Nova Zelândia também foi selecionada tanto por ocupar a 56ª posição no ranking mundial de agrotóxicos de 2022 da FAO (2024) quanto por sua norma ter sido utilizada como subsídio no processo de revisão da norma brasileira (BASTOS *et al.*, 2023; BRASIL, 2024b), além da OMS (WHO, 2022) por ser uma referência mundial.

Os mapas sobre o quantitativo de agrotóxicos consumido em toneladas pelos países no ano de 2022 e do número de agrotóxicos regulamentados na água de consumo humano dos países estudados foram confeccionados com auxílio do *software* ArcGIS 10.3. Os limites territoriais administrativos dos países foram obtidos da Eurostat (2024). Adicionalmente, foram identificados quais agrotóxicos foram mais frequentes nas normas, destacando os VMPs dos agrotóxicos que apareceram em pelo menos cinco normas de qualidade da água para consumo humano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o quantitativo de agrotóxicos consumido no mundo no ano de 2022. Os 20 países que mais utilizaram agrotóxicos para fins agrícolas no ano de 2022 foram, respectivamente: Brasil, Estados Unidos, Indonésia, Argentina, China, Vietnã, Canadá, Rússia, Colômbia, França, Austrália, Nigéria, Japão, Alemanha, Itália, Espanha, África do Sul, Índia, Filipinas e Paquistão. Destaca-se que o quantitativo consumido por esses países variou entre 26.702 e 800.652 toneladas (FAO, 2024).

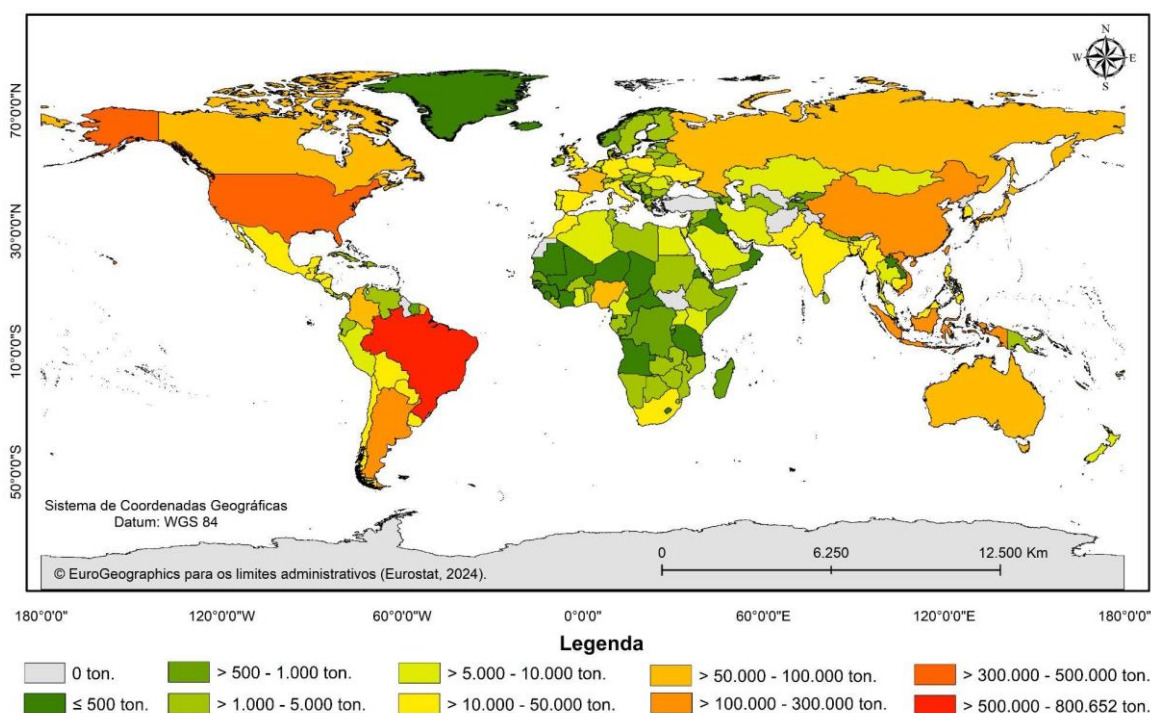


Figura 1: Consumo de agrotóxicos no mundo no ano de 2022 segundo a FAO (2024).

Fonte: Autoria própria (2025).

O Quadro 1 apresenta as regulamentações de qualidade da água para consumo humano dos países selecionados, além da OMS e União Europeia (UE), na qual é constituída por 27 países (EUROPEAN UNION, 2024). Ressalta-se que a norma de qualidade da água para consumo humano da Rússia não foi encontrada.

Quadro 1: Regulamentações na água de consumo humano dos países que mais comercializam agrotóxicos no mundo e organizações de referência.

País ou organização	Nome da regulamentação na água de consumo humano	Referência
Brasil	Portaria nº 888/2021	(BRASIL, 2021)
Estados Unidos	Edição de 2018 do padrão de potabilidade da água e tabelas consultivas de saúde	(USEPA, 2018)
Indonésia	Regulamento do Ministério da Saúde da República da Indonésia nº 492/IV/2010	(REPUBLIK INDONESIA, 2010)
Argentina	Resolução Conjunta nº 34/2019 da Secretaria de Regulação e Gestão Sanitária e da Secretaria de Alimentos e Bioeconomia	(ARGENTINA, 2019)
China	Padrões de Qualidade para Água de Consumo Humano – GB 5749-2022	(CHINA, 2022)
Vietnã	Regulamento Nacional de Padrões Técnicos e Requisitos de Monitoramento de Qualidade da Água para Uso Doméstico nº 41/2018/TT-BYT	(VIET NAM, 2018)
Canadá	Diretrizes para a Qualidade da Água de Consumo Humano no Canadá	(HEALTH CANADA, 2024)
Colômbia	Resolução nº 2115, de 22 de junho de 2007, do Ministério da Proteção Social e Ministério do Meio Ambiente, Habitação e Desenvolvimento Territorial	(REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2007)
União Europeia (UE)	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	(EUROPEAN UNION, 2020)
Austrália	Diretrizes Australianas para Água de Consumo Humano 6 2011 Versão 3.9 atualizada em dezembro de 2024	(NHMRC/NRMMC, 2024)
Nigéria	Padrão Nigeriano de Qualidade para Água de Consumo Humano NIS (<i>Nigerian Industrial Standards</i>)-554-2015	(NIS, 2015)
Japão	Padrões de Qualidade da Água de Consumo Humano no Japão	(MHLW, 2015)
África do Sul	Padrão Nacional Sul-Africano de Qualidade da Água para Consumo Humano (SANS – <i>South Africa National Standards</i> 241)	(SABS, 2024)
Índia	Norma Indiana (IS – <i>Indian Standards</i>) Água de Consumo Humano – Especificação, (Segunda revisão) IS 10500: 2012	(BIS, 2012)
Filipinas	Normas Nacionais das Filipinas para Água de Consumo Humano de 2017	(REPUBLIC OF THE PHILIPPINES, 2017)
Paquistão	Normas Nacionais de Qualidade da Água para Consumo Humano	(PEPA, 2008)
Nova Zelândia	Regulamentos de Serviços de Água (Padrões de Água de Consumo Humano para a Nova Zelândia) de 2022	(NEW ZEALAND, 2022)
Organização Mundial da Saúde (OMS)	Diretrizes para a Qualidade da Água para Consumo Humano Quarta edição, incorporando o primeiro e o segundo adendo	(WHO, 2022)

Fonte: Autoria própria (2025).

A Figura 2 apresenta o número de parâmetros de agrotóxicos regulamentados na água de consumo humano para 43 países, incluindo os 27 países da UE, Nova Zelândia e outros que figuraram entre os maiores consumidores de agrotóxicos no mundo em 2022. Colômbia, Nigéria, Japão e Paquistão não regulamentam agrotóxicos individuais na água para consumo humano, possuindo outras abordagens (MHLW, 2015; NIS, 2015; PEPA, 2008; REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2007). A UE também possui uma abordagem distinta dos demais países estudados (EUROPEAN UNION, 2020).

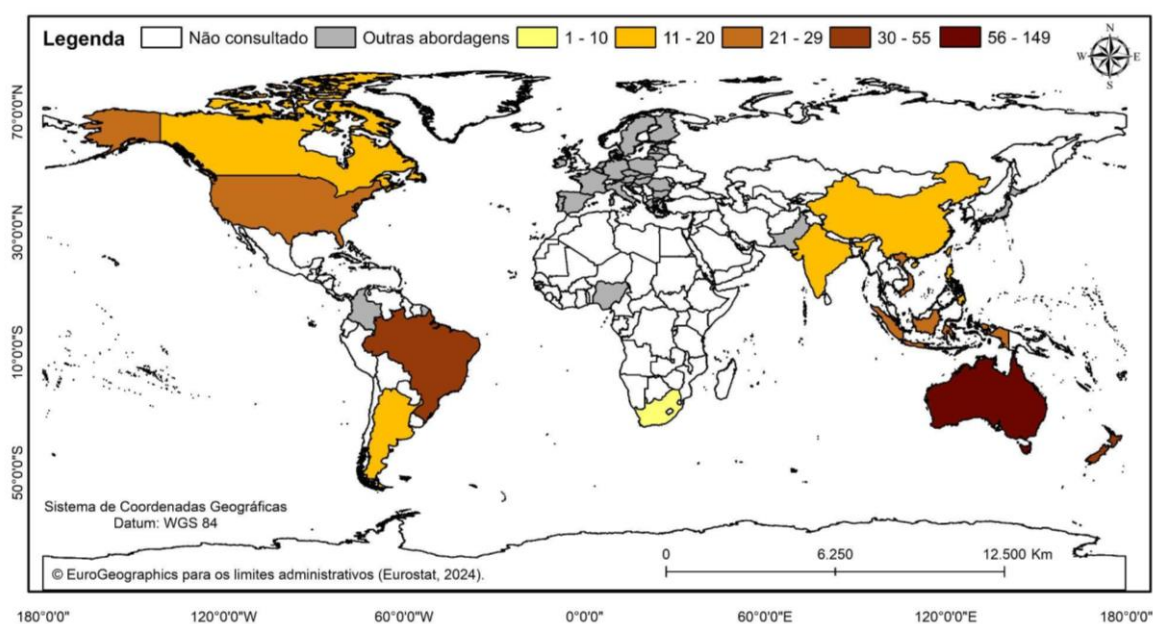


Figura 2: Número de agrotóxicos presentes nas regulamentações de qualidade da água para consumo humano de 43 países.

Fonte: Autoria própria (2025).

A regulamentação da qualidade da água para consumo humano da Colômbia, Resolução n° 2115, de 22 de junho de 2007, não especifica o monitoramento de nenhum agrotóxico. Essa norma enumera níveis de VMP com base nas características individuais dos compostos e para cada nível é estabelecido também um VMP para a soma dos agrotóxicos na água distribuída para consumo humano (REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2007).

A norma n° 554/2015 da Nigéria instituiu um único VMP de 10 µg/L para agrotóxicos na água de consumo humano (NIS, 2015). A regulamentação japonesa estabeleceu um único parâmetro, denominado “agrotóxicos”, com um VMP de 1000 µg/L, sendo opcional o monitoramento desses compostos na água de consumo humano (LEITE *et al.*, 2023; MHLW, 2015). Por sua vez, no Paquistão, não há um valor estabelecido para agrotóxicos individuais, pois a norma destaca que todos os dias são aprovados novos agrotóxicos para uso no país, sendo inviável estabelecer limites específicos para cada um deles. Todavia, a regulamentação do Paquistão recomenda que a água seja analisada sempre que se suspeitar da presença de um agrotóxico específico, e essa água só poderá ser declarada própria para consumo se a concentração encontrada for abaixo do limite de detecção da técnica analítica, conforme método padrão de cada substância (PEPA, 2008).

A Diretiva 2020/2184 da UE estabelece valores máximos permitidos de 0,1 µg/L para pesticidas orgânicos e 0,5 µg/L para valores totais de pesticidas, sem indicar os respectivos princípios ativos; exceções são os ingredientes ativos aldrin, dieldrin, heptacloro e heptacloro epóxido, para os quais se impõe valor máximo permitido de 0,03 µg/L (EUROPEAN UNION, 2020). Ressalta-se que tais valores estabelecidos pela UE baseiam-se numa decisão política para manter os agrotóxicos fora da água potável. Portanto, não levam em consideração a ciência relacionada com cada agrotóxico, como os efeitos na saúde (HEALTH CANADA, 2022). Brasil (2024b) complementa que os valores definidos pela norma europeia estão fundamentados no princípio da precaução e destaca que o limite de 0,1 µg/L era equivalente ao “zero analítico” da época em que a norma 80/778, predecessora da Diretiva 2020/2184, foi publicada. Assim, a norma visava garantir a ausência de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano (BRASIL, 2024b).

Conforme Figura 2, a Austrália foi o país com o maior número de agrotóxicos regulamentados na água de consumo humano entre os países consultados, possuindo VMP para 149 parâmetros (NHMRC/NRMMC, 2024). Em contrapartida, África do Sul apresentou o menor quantitativo, com quatro parâmetros. A norma de qualidade da água para consumo humano Sul-Africana, n° 241, passou por revisão e consulta pública entre 11/07/2024 e 11/09/2024, e até a última data de conferência (31/10/2024), a versão final ainda não havia sido publicada. Contudo, o rascunho da regulamentação traz os agrotóxicos atrazina e seus metabólitos (S-Clorotriazinas), bem como DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) e seus metabólitos (sem especificar quais) como parâmetros obrigatórios de monitoramento na água potável, com VMPs de, respectivamente, $\leq 100 \mu\text{g/L}$ e $\leq 1 \mu\text{g/L}$. Adicionalmente, aponta no Anexo A parâmetros de preocupação não mandatórios para monitoramento na água. Nesse anexo, simazina e terbutilazina aparecem com os VMPs da OMS (WHO, 2022) de $2 \mu\text{g/L}$ e $7 \mu\text{g/L}$, respectivamente (SABS, 2024).

As diretrizes para a qualidade da água para consumo humano da OMS, de 2022, apresentam valores orientativos para 33 parâmetros de agrotóxicos. Os VMPs sugeridos pela OMS são valores orientativos, pois as diretrizes da mesma não intentam estipular limites obrigatórios à nível internacional, mas sim, fornecer esses valores como ponto de partida científico para o estabelecimento de normas e regulamentações na água de consumo humano em âmbito nacional ou regional, bem como fornecer um valor de referência a nível mundial (WHO, 2022).

A Tabela 1 apresenta a frequência de regulamentação (em número de normas) dos 187 agrotóxicos e seus metabólitos (quando aplicável), considerando os VMPs estabelecidos nas normas de qualidade da água para consumo humano dos seguintes países e organizações: Brasil, OMS, Estados Unidos, União Europeia, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Argentina, Índia, China, Indonésia, Vietnã, Filipinas e África do Sul. O agrotóxico 1080 aparece duas vezes na Tabela 1, sendo diferenciado em curto e longo prazo de exposição conforme a norma da Nova Zelândia que faz essa distinção (NEW ZEALAND, 2022).

Os agrotóxicos atrazina, 2,4-D e DDT destacaram-se com a maior ocorrência nas normas, com 12, 11 e 10 vezes, respectivamente, seguidos de aldrin + dieldrin, carbofurano, clordano e lindano, com VMPs em nove normas de qualidade da água para consumo humano cada. Por sua vez, aproximadamente 60,4% dos 187 agrotóxicos avaliados são regulamentados em apenas uma norma de qualidade da água para consumo humano e 15,5% são regulamentados em duas. Essa variabilidade na regulamentação dos agrotóxicos decorre, conforme destacado pela OMS (WHO, 2022), das particularidades de cada país, que devem estabelecer VMPs para a água de consumo humano considerando suas especificidades locais.

Tabela 1: Número de ocorrências dos agrotóxicos nas normas de qualidade da água para consumo humano dos países e organizações avaliados.

Agrotóxico	Nº de ocorrências	Agrotóxico	Nº de ocorrências
Atrazina + S-Clorotriazinas	12	Bromacila	2
2,4-D	11	Bromoxinil	2
DDT + DDD + DDE	10	Carbendazim	2
Aldrin + Dieldrin	9	Dicamba	2
Carbofurano	9	Diclorvós	2
Clordano	9	Endosulfan (alfa, beta e sulfato)	2
Lindano (gama HCH)	9	Endotal	2
Clorpirifós	8	Etiona	2
Simazina	8	Fipronil	2
Alacloro	7	Hexaclorobenzeno	2
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	7	Hexazinona	2
Metoxicloro	7	Mancozebe + ETU	2
Pentaclorofenol	7	Metamidofós + Acefato	2
Glifosato	6	Metomil	2
Malationa	6	Monocrotofós	2
Molinato	6	Orizalina	2
Pendimentalina	6	Oxamil	2
Trifluralina	6	Parationa	2
1,2-dibromo-3-cloropropano (DBCP)	5	Pirimifós-metílico	2
Dibrometo de etileno ou 1,2-Dibromoetano ou EDB	5	Profenofós	2
Diclorprope	5	Propanil	2
Dimetoato + Ometoato	5	Propargito	2
Fenoprope	5	Propazina	2
Heptacloro + Heptacloro epóxido	5	Terbacila	2
Isoproturon	5	Terbufós	2
MCPA	5	Tiram	2
Metolacloro	5	Triclopir	2
1,2-dicloropropano	4	1080 (curto prazo)	1
2,4,5-T	4	1080 (longo prazo)	1
2,4-DB	4	2,2-DPA	1
Clorotoluron	4	2,4,5-TP	1
Endrin	4	2,4,6-Triclorofenol	1
Hidroxí-Atrazina	4	Acetoclolo	1
Mecoprope	4	Alfa HCH	1
Metribuzim	4	Amitraz	1
Permetrina	4	Amitrole	1
Picloram	4	Asulam	1
Terbutilazina	4	Benomil	1
1,3-Dicloropropano	3	Bentazona	1
Cianazina	3	Beta HCH	1
Clorotalonil	3	Bioresmetrina	1
Diquate	3	Brometo metílico	1
Diurrom	3	Bromofós-etílico	1
Paraquate	3	Butacloro	1
Parationa Metílica	3	Captana	1
Ametrina	2	Carbaril	1
Azinfós-metílico	2	Carbofenotona	1

Tabela 1: Número de ocorrências dos agrotóxicos nas normas de qualidade da água para consumo humano dos países e organizações avaliados (continuação).

Agrotóxico	Nº de ocorrências	Agrotóxico	Nº de ocorrências
Carboxina	1	Metalaxil	1
Carfentrazona-etílica	1	Metaldehyde	1
Ciflutrina, Beta-ciflutrina	1	Metam	1
Cipermetrina	1	Metidationa	1
Ciproconazol	1	Metiocarbe	1
Ciprodinil	1	Metiram	1
Clopiralid	1	Metsulfuron-metílico	1
Clorantranilipole	1	Mevinfós	1
Clorfenvinfós	1	Napropamida	1
Clorosulfuron	1	Nicarbazin	1
Cloroxuron	1	Nitralin	1
Dalapon	1	Norflurazon	1
Delta HCH	1	Oxadiazona	1
Deltametrina	1	Pebulato	1
Diazinona	1	Piperonyl butoxide	1
Diclofope-metílico	1	Pirasulfotol	1
Diclorobenil	1	Pirazofós	1
Dicofol	1	Pirimicarbe	1
Difenamida	1	Pirimifós-etílico	1
Difenoconazol	1	Piriproxifem	1
Difenzoquate	1	Piroxsulam	1
Di flubenzuron	1	Poli hexanide	1
Dinoseb	1	Primisulfuron-metílico	1
Disulfoton	1	Procimidona	1
Epoxiconazol	1	Propacloro	1
EPTC	1	Propiconazol	1
Esfenvalerato	1	Propizamida	1
Etoprofós	1	Protioconazol + Protioconazol Destio	1
Etridiazol	1	Quintozeno	1
Fenamifós	1	Spirotetramat	1
Fenarimol	1	Sulprofós	1
Fenitrotriona	1	Tebuconazol	1
Fensulfotona	1	Temefós	1
Fentiona	1	Terbutrin	1
Fenvalerato	1	Tetraclorvinfós	1
Flamprope-metílico	1	Tiabendazol	1
Fluometuron	1	Tiametoxam	1
Fluproponato	1	Tiobencarbe	1
Flutriafol	1	Tiodicarbe	1
Forato	1	Tiofanato	1
Formotiona	1	Tiometon	1
Fosamina	1	Toltrazuril	1
Haloxifope	1	Toxafeno	1
Hexachlorocyclopentadiene	1	Triadimefon	1
Hexaflurato	1	Trichlorfon	1
Imazapir	1	Vernolato	1
Iprodiona	1	-	-

Fonte: Autoria própria (2025).

A Tabela 2 exibe os VMPs para 28 agrotóxicos e metabólitos para os quais foram encontrados VMPs em pelo menos cinco das 14 normas de países/organizações que possuem VMPs para agrotóxicos individuais ou para o somatório do agrotóxico parental com seu respectivo metabólito na água para consumo humano. Destacam-se as normas da Austrália e Nova Zelândia com VMPs para 24 desses parâmetros, seguidas das diretrizes da OMS com 23 e da norma da Indonésia, com 21 VMPs. Enquanto a norma da África do Sul aparece com o menor quantitativo, com três VMPs.

Tabela 2: Valores máximos permitidos (VMPs) dos parâmetros de agrotóxicos com pelo menos cinco ocorrências nas normas dos países/organizações avaliados.

Agrotóxico	Valor máximo permitido – VMP (µg/L)													
	BR	OMS	EUA	UE	CA	AU	NZ	AR	IN	CH	ID	VN	FI	AS
Atrazina ^(a) + S-clorotriazinas	2	100	3 ^(a)	-	5 ^(a)	20 ^(a)	100	-	2 ^(a)	2 ^(a)	2 ^(a)	100	100	100
2,4-D	30	30	70	-	100	30	40	100	30	30	30	30	-	-
DDT ^(d) + DDD + DDE	1	1	-	-	-	9 ^(d)	1	1	1	-	1 ^(d)	1	1 ^(d)	1
Aldrin ^(b) + dieldrin ^(c)	0,03	0,03	-	0,03 ^(b) 0,03 ^(c)	-	0,3	0,04	0,03	0,03	-	0,03	-	0,03	-
Carbofurano	7	7	40	-	-	10	8	-	-	7	7	5	7	-
Clordano	0,2	0,2	2	-	-	2	0,2	0,3	-	-	0,2	0,2	0,2	-
Lindano (gama HCH)	2	2	0,2	-	-	10	2	3	2	-	2	-	2	-
Clorpirifós ^(e) + clorpirifós-oxon	30	30 ^(e)	-	-	90 ^(e)	10 ^(e)	40 ^(e)	-	30 ^(e)	30 ^(e)	-	30 ^(e)	-	-
Simazina	2	2	4	-	-	20	2	-	-	-	2	2	-	2
Alacloro	20	20	2	-	-	-	20	-	20	-	20	20	-	-
Aldicarbe ^(f) + Aldicarbessulfona ^(g) + Aldicarbessulfóxido ^(h)	10	10 ^(f,g,h)	3 ^(f) 2 ^(g) 4 ^(h)	-	-	4 ^(f)	10 ^(f)	-	-	-	10 ^(f)	10 ^(f)	-	-
Metoxicloro	-	20	40	-	-	300	20	30	-	-	20	20	-	-
Pentaclorofenol	-	9	1	-	-	10	9	10	-	9	9	-	-	-
Glifosato ⁽ⁱ⁾ + AMPA	500	-	700 ⁽ⁱ⁾	-	280 ⁽ⁱ⁾	1000 ⁽ⁱ⁾	-	-	-	700 ⁽ⁱ⁾	-	-	1000 ⁽ⁱ⁾	-
Malationa	60	-	-	-	290	70	-	35	190	250	-	-	-	-
Molinato	6	6	-	-	-	4	7	-	-	-	6	6	-	-
Pendimentalina	-	20	-	-	-	400	20	-	-	-	20	20	20	-
Trifluralina	20	20	-	-	-	90	30	-	-	-	20	20	-	-
1,2-dibromo-3-cloropropano (DBCP)	-	1	0,2	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-
Dibrometo de etileno ou 1,2-Dibromoetano ou EDB	-	0,4	0,05	-	-	1	0,4	-	-	-	-	-	0,4	-
Dicloroprope ^(j) / Dicloroprope-P ^(k)	-	100 ^(j)	-	-	-	100 ^(j,k)	100 ^(j)	-	-	-	100 ^(j)	100 ^(j)	-	-
Dimetoato ^(l) + ometoato ^(m)	1,2	6 ^(l)	-	-	20	7 ^(l) 1 ^(m)	8 ^(l)	-	-	-	-	-	-	-
Fenoprope	-	9	-	-	-	10	10	-	-	-	9	9	-	-
Heptacloro ⁽ⁿ⁾ + Heptacloro epóxido ^(o)	-	-	0,4 ⁽ⁿ⁾ 0,2 ^(o)	0,03 ⁽ⁿ⁾ 0,03 ^(o)	-	0,3 ⁽ⁿ⁾	-	0,1	-	0,4 ⁽ⁿ⁾	-	-	-	-
Isoproturon	-	9	-	-	-	-	10	-	9	-	9	9	-	-
MCPA	-	-	-	-	350	40	800	-	-	-	2	2	-	-
Metolacloro ^(p) / S-metolacloro ^(q)	10 ^(p)	10 ^(p)	-	-	-	300 ^(p,q)	10 ^(p)	-	-	-	10 ^(p)	-	-	-

Legenda: BR: Brasil (BRASIL, 2021); OMS: Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022); EUA: Estados Unidos da América (USEPA, 2018); UE: União Europeia (EUROPEAN UNION, 2020); CA: Canadá (HEALTH CANADA, 2024); AU: Austrália (NHMRC/NRMMC, 2024); NZ: Nova Zelândia (NEW ZEALAND, 2022); AR: Argentina (ARGENTINA, 2019); IN: Índia (BIS, 2012); CH: China (CHINA, 2022); ID: Indonésia (REPUBLIK INDONESIA, 2010); VN: Vietnã (VIET NAM, 2018); FI: Filipinas (REPUBLIC OF THE PHILIPPINES, 2017); AS: África do Sul (SABS, 2024). Fonte: Autoria própria (2025).

Oito agrotóxicos são regulamentados como somatório com seus respectivos metabólitos, sendo eles: atrazina + s-clorotriazinas; aldrin + dieldrin; DDT + DDD + DDE; clorpirifós + clorpirifós-oxon; aldicarbe + aldicarbesulfona + aldicarbesulfóxido; glifosato + AMPA; dimetoato + ometoato; e heptacloro + heptacloro epóxido. No entanto, ressalta-se que apesar desses oito agrotóxicos serem citados com seus respectivos metabólitos essa forma de regulamentação não é unanimidade entre as normas consultadas. O parâmetro atrazina + s-clorotriazinas (deetil-atrazina - DEA, deisopropil-atrazina - DIA e diaminoclorotriazina - DACT) é regulamentado em seis das 14 normas da Tabela 2, sendo essas do Brasil, OMS, Nova Zelândia, Vietnã, Filipinas e África do Sul. Para aldrin e dieldrin, dentre as normas que consideram esses agrotóxicos, a UE é a única que apresenta VMP para ambos individualmente. Das dez normas que consideram o DDT, três não consideram seus metabólitos (DDD e DDE), sendo essas da Austrália, Indonésia e Filipinas (Tabela 2).

Para aldicarbe e metabólitos (aldicarbesulfona e aldicarbesulfóxido), o Brasil é o único país, dentre os avaliados, que considera o somatório das concentrações do aldicarbe e metabólitos no VMP. O VMP para aldicarbe e seus principais produtos da degradação foi incorporado na norma brasileira na Portaria nº 2.914/2011, com o VMP de 10 µg/L, e assim se mantém (BRASIL, 2021, 2024a). O VMP estabelecido seguiu as diretrizes da OMS, que se pautou em estudos toxicológicos sobre a inibição da colinesterase em estudo de dose única com voluntários humanos (BRASIL, 2024a; WHO, 2022). Todavia, ressalta-se que enquanto a norma brasileira impõe VMP para o somatório das concentrações de aldicarbe e metabólitos na água de consumo humano (BRASIL, 2021), a OMS indica o VMP 10 µg/L para aldicarbe, sendo aplicável também a aldicarbesulfona e aldicarbesulfóxido (WHO, 2022).

Das seis normas que estabeleceram um VMP para o glifosato, a norma brasileira foi a única que impôs um VMP considerando o somatório com o seu metabólito AMPA (Tabela 2). O glifosato faz parte do padrão brasileiro de potabilidade da água desde a Portaria nº 1.469/2000, com um VMP de 500 µg/L. A partir da Portaria nº 2.914/2011 este VMP passou a contemplar o somatório das concentrações de glifosato e seu principal produto da degradação, AMPA. Embora a OMS não estabeleça um VMP para glifosato e AMPA, devido a baixa toxicidade e ocorrência desses na água de consumo humano em concentrações muito inferiores aquelas que causam preocupação à saúde humana, a norma brasileira optou por manter o VMP, dado as informações sobre a carcinogenicidade da *International Agency for Research on Cancer* (IARC) (BRASIL, 2024a). A IARC (2025) classifica o glifosato como grupo 2A, ou seja, é classificado como provável carcinogênico para humanos. Classificação dada a compostos quando existem evidências suficientes de que o agente é carcinogênico para animais e evidências limitadas ou insuficientes de que ele seja carcinogênico para humanos (IARC, 2025).

Cinco normas, dentre as 14 que possuem VMPs para agrotóxicos individuais, regulamentam o dimetoato na água de consumo humano. No entanto, duas consideram o somatório das concentrações com seu metabólito ometoato (Brasil e Canadá), duas regulamentam somente o dimetoato (OMS e Nova Zelândia), e uma possui VMP para dimetoato e ometoato de forma individual (Austrália) (BRASIL, 2021; HEALTH CANADA, 2024; NEW ZEALAND, 2022; NHMRC/NRMMC, 2024; WHO, 2022). Além disso, os VMPs praticados por essas regulamentações divergem entre si (Tabela 2). Essa divergência se dá devido a escolha dos parâmetros de entrada para determinar um VMP. Por exemplo, para o estabelecimento de um VMP para substâncias não carcinogênicas e carcinogênicas não genotóxicas considera-se uma proporção da ingestão diária tolerável (IDT) para a via de exposição pela ingestão de água (fator de alocação), sendo a proporção restante atribuída a outras vias de exposição (ex.: ingestão de alimentos) (BRASIL, 2024a). No caso dos agrotóxicos, em que a principal via de exposição é por meio da ingestão de alimentos, o fator de alocação para água é fixado em torno de 0,1 e 0,2 (Brasil, 2024a). Além disso, o cálculo de um VMP considera o volume diário de água consumido e o peso corpóreo (WHO, 2022; BRASIL, 2024a).

No Brasil, o parâmetro dimetoato + ometoato foi incluído na Portaria nº 888/2021, com o VMP de 1,2 µg/L (BRASIL, 2021). A norma brasileira estipulou seu VMP com base no ometoato, devido sua maior toxicidade comparado ao dimetoato, adotando o mesmo estudo toxicológico utilizado pela norma australiana para o ometoato, que verificou a inibição da acetilcolinesterase em estudo de dois anos de duração com ratos (BRASIL, 2024a). Contudo, vale destacar que a Austrália estabeleceu um VMP de 1,0 µg/L para o ometoato (NHMRC/NRMMC, 2024), e, embora, ambas normas, brasileira e australiana, tenham utilizado o mesmo estudo toxicológico (NOAEL = 0,04 mg/kg p.c./d), fator de alocação (0,1), consumo diário de água (2 L/d) e fator de incerteza (100), divergiram no valor de peso corpóreo considerado. A norma do Brasil considerou 60 kg, enquanto a da Austrália considerou 70 kg (BRASIL, 2024b; NHMRC/NRMMC, 2024). Para dimetoato, a Austrália considerou um estudo toxicológico de curto prazo (57 dias) em voluntários humanos que resultou em um NOAEL de 0,2 mg/kg p.c./d, e para os demais parâmetros considerou os mesmos valores mencionados para o ometoato (NHMRC/NRMMC, 2024).

Já a norma canadense, ao estabelecer um VMP de 20 µg/L para o somatório das concentrações de dimetoato e ometoato na água destinada ao consumo humano, considerou um estudo toxicológico com base em uma BMDL₁₀ de 0,2 mg/kg p.c./d para inibição da colinesterase para o dimetoato, fator de incerteza de 100, resultando em uma ingestão diária tolerável (IDT) de 0,002 mg/kg p.c./d (BMDL₁₀/fator de incerteza), peso corpóreo de 74 kg, fator de alocação de 0,2 e um consumo diário de água de 1,53 L/d (HEALTH CANADA, 2024). O valor guia da OMS de 6 µg/L se pautou em NOAEL de 1,2 mg/kg p.c./d, obtido em estudo de toxicidade reprodutiva em ratos, fator de incerteza de 500, resultando em uma IDT de 0,002 mg/kg p.c./d. Além disso, considerou fator de alocação de 0,1, peso corpóreo de 60 kg e consumo diário de água de 2 L/d (WHO, 2022). A Nova Zelândia utilizou o mesmo estudo toxicológico da OMS, porém estabeleceu um VMP de 8,0 µg/L, pois adotou um peso corporal de 70 kg (MINISTRY OF HEALTH, 2019).

Para clorpirifós, a norma de qualidade da água para consumo do Brasil é a única que regulamenta o metabólito clorpirifós-oxon. O VMP para o somatório das concentrações de clorpirifós e clorpirifós-oxon foi incorporado no padrão de potabilidade brasileiro na Portaria nº 2.914/2011, com VMP de 30 µg/L (BRASIL, 2024a). A metodologia de cálculo adotada pela norma brasileira seguiu as diretrizes da OMS e, portanto, o VMP foi estabelecido com base em estudos toxicológicos que resultaram na inibição da acetilcolinesterase cerebral em estudos em camundongos, ratos e cães voltados para o clorpirifós. Logo, o VMP do Brasil para clorpirifós é o mesmo da OMS (BRASIL, 2024a; WHO, 2022). As normas de qualidade da água para consumo humano da Índia, China e Vietnã também apresentam um VMP de 30 µg/L para o clorpirifós (BIS, 2012; CHINA, 2022; VIET NAM, 2018).

Por sua vez, as normas do Canadá, Austrália e Nova Zelândia possuem VMP de 90 µg/L, 10 µg/L e 40 µg/L, respectivamente, para o clorpirifós (HEALTH CANADA, 2024; NEW ZEALAND, 2022; NHMRC/NRMMC, 2024). O valor mais permissivo do Canadá para esse agrotóxico resulta dos valores adotados para peso corpóreo (70 kg), fator de alocação (0,20) e consumo diário de água (1,5 L/d), já que o estudo toxicológico é o mesmo utilizado pela OMS (HEALTH CANADA, 2024; WHO, 2022). A norma da Nova Zelândia também utiliza o mesmo estudo toxicológico da OMS, contudo, por utilizar um valor de peso corpóreo de 70 kg ao invés dos 60 kg da OMS, obteve um VMP de 40 µg/L (MINISTRY OF HEALTH, 2019; WHO, 2022). Já o valor mais restrito da Austrália decorre de um estudo toxicológico distinto das demais normas, cujo valor de NOAEL (*No observed adverse effect level*) de 0,03 mg/kg p.c./d foi obtido com base em um estudo toxicológico de curto prazo (28 dias) com voluntários humanos (NHMRC/NRMMC, 2024).

Apenas a norma da Argentina (2019) considera o somatório das concentrações de heptacloro e seu metabólito, heptacloro epóxido, no estabelecimento do VMP de 0,1 µg/L. As outras quatro regulamentações que estipularam VMPs para esses compostos fizeram de forma individual, sendo que a norma da UE possui o valor mais restritivo, de 0,03 µg/L para cada composto (EUROPEAN UNION, 2020).

Brasil (2024b) destaca que alguns VMPs são estabelecidos como o somatório das concentrações de dois ou mais compostos. No caso do padrão brasileiro de potabilidade da água, isso se aplica aos agrotóxicos atrazina, aldicarbe, dimetoato, mancozebe, metamidofós, acefato e protiocanazol, bem como seus respectivos metabólitos (BRASIL, 2021, 2024b). Essa abordagem metodológica justifica-se pelo fato de o composto original ser, em muitos casos, rapidamente degradado no ambiente, transformando-se em metabólitos que podem apresentar maior toxicidade. Dessa forma, adota-se tal procedimento visando a uma maior segurança em termos de proteção à saúde humana (BRASIL, 2024b).

Dos 28 agrotóxicos e seus respectivos metabólitos da Tabela 2, 23 possuem VMPs nas diretrizes da OMS. De forma geral, para esses compostos, as normas dos demais países tendem a seguir os valores da OMS, quando de fato às vezes utilizam o mesmo estudo toxicológico e os outros parâmetros de entrada para o cálculo do VMP são distintos, como por exemplo, a OMS adota para adultos um consumo diário de água de 2 L/d e peso corpóreo de 60 kg, para crianças um consumo de água de 1 L/d e peso corpóreo de 10 kg, enquanto para bebês alimentados por mamadeira assume um consumo de água de 0,75 L/d e peso corpóreo de 5 kg (WHO, 2022). No Brasil, foram adotados os mesmos valores de peso corpóreo e consumo diário de água das diretrizes da OMS para adultos, crianças e bebês alimentados por mamadeira (BRASIL, 2024a). No Canadá, para adultos normalmente utiliza-se os valores de peso corpóreo de 70 kg e de consumo de água de 1,5 L/d (HEALTH CANADA, 2024). Ambas as normas da Austrália e da Nova Zelândia, para adultos, determinam seus VMPs considerando um valor de 2 L/d para o consumo diário de água e de 70 kg para o peso corporal (MINISTRY OF HEALTH, 2019; NHMRC/NRMMC, 2024).

Atrazina foi o composto de maior ocorrência entre as normas consultadas (Tabela 1) e teve VMPs variando de 2 µg/L (Brasil, Índia, China e Indonésia) a 100 µg/L (OMS, Nova Zelândia, Vietnã, Filipinas e África do Sul) (Tabela 2). No Brasil, atrazina é regulamentada na água de consumo humano desde a Portaria nº 1.469/2000, com VMP de 2,0 µg/L (BRASIL, 2024a). Valor este que era presente nas diretrizes da OMS até a sua terceira edição e tinha como base um NOAEL de 0,5 mg/kg p.c./d, obtido em estudos de carcinogenicidade em ratos e fator de incerteza de 1000, resultando em uma IDT de 0,0005 mg/kg p.c./d (WHO, 2008). Entretanto, a quarta edição das diretrizes da OMS passou a incluir a concentração dos metabólitos DIA, DEA e DACT, além de alterar o VMP para 100 µg/L, com base em uma IDT de 0,02 mg/kg p.c./d devido a supressão do aumento do hormônio luteinizante e na subsequente interrupção do ciclo estral (WHO, 2022).

No Brasil, optou-se por manter o VMP de 2 µg/L para atrazina e incluir os metabólitos DIA, DEA e DACT no somatório das concentrações na Portaria nº 888/2021 (BRASIL, 2021, 2024a). Ressalta-se que o estudo toxicológico utilizado pela norma brasileira é o mesmo da norma canadense que utilizou um NOAEL de 0,5 mg/kg p.c./d, obtido em estudos de reprodução com duas gerações de ratos, em que se observou redução do peso corporal da descendência na geração F2 e fator de incerteza de 1000 (BRASIL, 2024a; HEALTH CANADA, 2024). No entanto, a norma do Canadá estipulou um VMP de 5 µg/L para o somatório das concentrações de atrazina, DIA, DEA e DACT. Essa diferença para a norma brasileira se deu pois o cálculo do VMP canadense considerou um peso corpóreo de 70 kg, fator de alocação de 0,2 e consumo de água de 1,5 L/d (HEALTH CANADA, 2024). Enquanto a norma brasileira considerou um peso corpóreo de 60 kg, fator de alocação de 0,1 e consumo de água de 2 L/d (BRASIL, 2024a). Já a norma australiana considerou um NOAEL de 0,5 mg/kg p.c./d com base em um estudo de dois anos com ratos, além de considerar um peso corpóreo de 70 kg, fator de alocação de 0,1, consumo de água de 2 L/d e fator de incerteza de 100, o que resultou em um VMP de 20 µg/L (NHMRC/NRMMC, 2024).

2,4-D foi o segundo agrotóxico mais frequente entre os agrotóxicos estudados, com VMPs variando de 30 µg/L (Brasil, OMS, Austrália, Índia, China, Indonésia e Vietnã) a 100 µg/L (Canadá e Argentina) (Tabela 2). O VMP de 30 µg/L da OMS teve como base um NOAEL de 1 mg/kg p.c./d obtido de um estudo de toxicidade de um ano em cães (que identificou diversos efeitos, incluindo lesões histopatológicas nos rins e no fígado; e de um estudo de toxicidade e carcinogenicidade de dois anos em ratos, que detectou lesões renais). Além disso, considerou um fator de incerteza de 100, que resultou em uma IDT de 0,01 mg/kg p.c./d; fator de alocação de 0,1; peso corpóreo de 60 kg; e consumo diário de água de 2 L/d (WHO, 2022). Já o VMP de 100 µg/L do Canadá para o 2,4-D considerou um NOAEL de 5 mg/kg p.c./d baseado em efeitos nos rins e fator de incerteza de 300, o que resultou em uma IDT de 0,017 mg/kg p.c./d. Ademais, a norma canadense considerou valores de peso corpóreo de 74 kg, fator de alocação de 0,2 e consumo de água de 1,53 L/d (HEALTH CANADA, 2024).

Para DDT, terceiro agrotóxico mais frequente nas normas de qualidade da água para consumo humano avaliadas, das 10 normas que estipularam um VMP, nove (Brasil, OMS, Nova Zelândia, Argentina, Índia, Indonésia, Vietnã, Filipinas e África do Sul) fixaram um VMP de 1 µg/L e apenas a Austrália estipulou um VMP de 9 µg/L (Tabela 2). Para tanto, a norma australiana considerou um NOAEL de 0,25 mg/kg p.c./d, obtido em estudo de 25 anos em humanos; peso corpóreo de 70 kg; fator de alocação de 0,1; fator de incerteza de 100; e consumo de água de 2 L/d (NHMRC/NRMMC, 2024). Sobre as demais normas que estipularam um VMP de 1 µg/L cabe citar as diretrizes da OMS, que levou em consideração um NOAEL de 1 mg/kg p.c./d associado à observação de toxicidade do desenvolvimento em ratos, aplicando um fator de incerteza de 100, o que implica em uma IDT de 0,01 mg/kg p.c./d; peso corpóreo de 10 kg para crianças; consumo de água de 1 L/d (estimativa de consumo de água para crianças); e fator de alocação de 0,01 (WHO, 2022).

Leite *et al.* (2023), em estudo comparativo entre os VMPs regulamentados pelo Brasil, Estados Unidos, Canadá, UE, Japão e OMS, concluíram que não há discrepância significativa entre os valores dos parâmetros de agrotóxicos regulamentados no Brasil e demais países por eles estudados. Enfatizam, ainda, que o Brasil possui parâmetros mais restritivos em comparação com outros líderes do mercado de agrotóxicos que utilizam abordagens regulatórias semelhantes. Todavia, dois extremos emergem, a UE com os menores VMPs e Japão com o maior VMP (LEITE *et al.*, 2023). Esses mesmos extremos também foram observados neste estudo, ao considerar as normas dos países que mais consomem agrotóxicos no mundo. Destaca-se que as normas da UE e do Japão possuem formas distintas para abordar os agrotóxicos, considerando todos os agrotóxicos presentes na água distribuída à população para consumo (EUROPEAN UNION, 2020; MHLW, 2015).

Embora exista disparidade entre as normas de qualidade da água para consumo humano e as diferentes abordagens sobre agrotóxicos, a OMS destaca que os padrões de potabilidade da água podem variar entre regiões e países. E o que funciona para um país, pode não contemplar a realidade de outro. Sendo assim, no desenvolvimento e implementação de padrões, diversos fatores devem ser observados, tais como: a regulamentação vigente, a saúde e o governo local, bem como a capacidade dos órgãos reguladores. Além disso, é importante ressaltar que os VMPs não devem ser interpretados como uma permissão para que a qualidade da água seja degradada até o valor estabelecido, sendo necessário um esforço contínuo para manter a qualidade da água destinada ao consumo humano no mais alto nível possível (WHO, 2022).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando Nova Zelândia, OMS e os 20 países que mais comercializaram agrotóxicos no mundo em 2022, com exceção da Rússia, cuja norma de qualidade da água de consumo humano não foi encontrada, quatro países apresentaram abordagens diferentes em relação aos agrotóxicos, não estipulando VMPs individuais para esses compostos na água de consumo humano. Já a Austrália se destacou como o país com o maior número de agrotóxicos regulamentados, totalizando 149. Em contrapartida, a África do Sul apresentou o menor quantitativo de agrotóxicos, com quatro.

A União Europeia e o Japão apresentam valores de VMPs extremos entre as normas encontradas. Por um lado, a União Europeia adota VMPs rigorosos, com limites de 0,1 µg/L para pesticidas orgânicos e 0,5 µg/L para o total de pesticidas. Já o Japão adota uma postura mais flexível, estabelecendo um VMP único de 1000 µg/L para agrotóxicos e não tornando obrigatório o monitoramento desses compostos.

Atrazina, 2,4-D e DDT foram os agrotóxicos com maior ocorrência nas normas de qualidade da água para consumo humano estudadas, sendo regulamentados por 12, 11 e 10 normas, respectivamente. Além disso, ressalta-se que 28 agrotóxicos apresentaram VMPs em pelo menos cinco normas analisadas, nos quais 23 possuem valores de referência nas diretrizes da OMS. De modo geral para esses agrotóxicos, quando os países não adotam os valores da OMS, frequentemente utilizam os mesmos estudos toxicológicos, porém aplicam valores distintos para os demais parâmetros de entrada utilizados para o cálculo de um VMP.

O Brasil é o líder mundial no uso de agrotóxicos e, em relação aos VMPs praticados na água de consumo humano, possui um dos valores mais restritivos, considerando os países que possuem abordagens regulatórias semelhantes. A OMS, por sua vez, apresenta valores orientativos para 33 agrotóxicos na água de consumo humano. Esses valores não têm como objetivo se tornarem obrigatórios em âmbito internacional, mas sim subsidiar a elaboração de normas por parte dos países, considerando suas realidades específicas, bem como ser uma referência mundial.

Cabe salientar que as discrepâncias entre os valores de VMP e abordagens adotadas pelos diferentes países estudados refletem as distintas prioridades regulatórias, capacidades técnicas e contextos socioeconômicos de cada nação. Todavia, essas diferenças não implicam em permissividade, uma vez que cada país possui suas particularidades.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFJF. À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFJF. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTINA. Secretaria de Alimentos y Bioeconomía. Secretaria de Regulación y Gestión Sanitaria. *Resolución Conjunta 34/2019 (Resolução Conjunta nº 34/2019 da Secretaria de Regulação e Gestão Sanitária e da Secretaria de Alimentos e Bioeconomia)*. 2019. Disponível em: <<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-34-2019-332261/texto>>. Acesso em: 23 de set. de 2024.

BASTOS, R. K. X.; VIANNA, D. B.; BRANDÃO, C. C. S.; AQUINO, S. F.; CAVENDISH, T. A. Revisão da norma brasileira de qualidade da água para consumo humano. Padrão de potabilidade e planos de amostragem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 32º, 2023, Belo Horizonte, *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2023, p. 1-10.

BIS. Bureau of Indian Standards. *Indian Standard (IS). Drinking Water – Specification (Second Revision). IS 10500: 2012*. 2012. Disponível em: <<https://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>>. Acesso em: 31 de out. de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888/2021, de 4 de maio de 2021**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 mai. 2021, Seção 1, n. 85, p. 127.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Vigilância em Saúde ambiental e Saúde do Trabalhador. *Diretrizes para o monitoramento de agrotóxicos em água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2024b. 56 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Vigilância em Saúde ambiental e Saúde do Trabalhador. *Guia para implementação da norma de qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2024a. 131 p.

CHINA. *Standards for drinking water quality. GB 5749 – 2022 (Padrões de Qualidade para Água Potável – GB 5749-2022)*. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC222304/>>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

EUROPEAN UNION. *Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) OJ L 435, 23.12.2020*, pp. 1–62 (adopted proposal). 2020. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>>. Acesso em: 22 mai. 2024.

EUROSTAT. *GISCO Countries*. Disponível em:

<<https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/administrative-units/countries>>. Acesso em: 30 de out. de 2024.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAOSTAT. Pesticides Use*. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>>. Acesso em: 30 mai. 2024.

HEALTH CANADA. *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid*. 2022. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-2-4-dichlorophenoxyacetic-acid.html>>. Acesso em: 22 de maio de 2024.

HEALTH CANADA. *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality*. 2024. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table.html#t2>>. Acesso em: 03 mai. 2024.

IARC. International Agency for Research on Cancer. *List of Classifications. Agents classified by the IARC Monographs, Volumes 1-138*. 2025. Disponível em: <<https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications/>>. Acesso em: 12 de abr. de 2025.

INCA. Instituto Nacional de Câncer. *Agrotóxico*. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>>. Acesso em: 30 mai. 2024.

LEITE, L. C. O. F.; BOULOMYTIS, V. T. G.; ALBERTI, M. A.; SILVA, L. P. A Comparison of Maximum Permissible Concentrations for Pesticides in Brazilian Water Supply. *Rural Sustainability Research*, v. 50, n. 345, p. 1-15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2478/plua-2023-0011>

MELANDA, V. S.; GALICIELLO, M. E. A.; LIMA, L. S.; FIGUEIREDO, B. C.; OLIVEIRA, C. S. Impact of Pesticides on Cancer and Congenital Malformation: A Systematic Review. *Toxics*, v. 10, n. 11, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics10110676>

MHLW. Ministry of Health, Labour, and Welfare. *Waterworks Act. Drinking Water Quality Standards in Japan*. 2015. Disponível em: <https://www.mhlw.go.jp/english/policy/health/water_supply/4.html>. Acesso em: 23 de set. de 2024.

MINISTRY OF HEALTH. New Zealand. *Guidelines for drinking-water quality management for New Zealand: Volume 3 - Datasheets: chemical and physical determinands, Part 2.3: Pesticides*. 2019. Disponível em: <<https://www.health.govt.nz/publication/guidelines-drinking-water-quality-management-new-zealand>>. Acesso em: 23 fev. 2022.

NEW ZEALAND. *Water Services (Drinking Water Standards for New Zealand) Regulations 2022*. 2022. Disponível em: <<https://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2022/0168/latest/whole.html>>. Acesso em: 17 abr. 2024.

- NHMRC/NRMMC. National Health and Medical Research Council/ Natural Resource Management Ministerial Council. *Australian Drinking Water Guidelines 6: version 3.9 Updated December 2024*. 2024. Disponível em: <<https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines#block-views-block-file-attachments-content-block-1>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.
- NIS. Nigerian Industrial Standard. *Nigerian Standard for Drinking Water Quality*. NIS-554-2015. 2015.
- NOROUZI, F.; ALIZADEH, I.; FARAJI, M. Human exposure to pesticides and thyroid cancer: a worldwide systematic review of the literatures. *Thyroid Research*, v. 16, n. 13, p. 1-7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13044-023-00153-9>
- ONUBR. Organização das Nações Unidas (Brasil). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Água Potável e Saneamento*. Brasília, DF: 2024. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>>. Acesso em: 30 mai. 2024.
- PEPA. Pakistan Environmental Protection Agency. *National Standards for Drinking Water Quality (NSDWG)*. 2008. Disponível em: <<https://www.mocc.gov.pk/SiteImage/Misc/files/Drinking%20Water%20Quality%20Standares%20MAY%202007.pdf>>. Acesso em: 31 de out. de 2024.
- RANI, L.; THAPA, K.; KANOJIA, N.; SHARMA, N.; SINGH, S.; GREWAL, A. S.; SRIVASTAV, A. L.; KAUSHAL, J. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 283, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- RASTKARI, N.; AHMADKHANIHA, R.; SOLEYMANI, F.; RAVANIPOUR, M. Pesticide residues in drinking water treatment plants and human health risk assessment: a case study from Northern Iran. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 46, n. 68, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-024-01878-8>
- REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social. *Resolución Número 2115, de 22 de Junio de 2007 (Resolução nº 2115, de 22 de junho de 2007, do Ministério da Proteção Social e Ministério do Meio Ambiente, Habitação e Desenvolvimento Territorial)*. Diário Oficial N° 46.679, de 4 de julio de 2007. 2007. Disponível em: <<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>>. Acesso em: 29 de out. de 2024.
- REPUBLIC OF THE PHILIPPINES. Department of Health. Office of the Secretary. *Philippine National Standards for Drinking Water of 2017*. 2017. Disponível em: <<https://www.fda.gov.ph/wp-content/uploads/2021/08/Administrative-Order-No.-2017-0010.pdf>>. Acesso em: 31 de out. de 2024.
- REPUBLIK INDONESIA. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 (Regulamento do Ministério da Saúde da República da Indonésia nº 492/IV/2010)*. 2010.
- SABS. South Africa Bureau of Standards. *South African National Standard (SANS). SANS 241. Drinking water quality*. 2024. Disponível em: <<https://www.umngeni-uthukela.co.za/press-release-sans-241-open-for-public-comment/>>. Acesso em: 31 de out. de 2024.
- TUDI, M.; RUAN, H. D.; WANG, L.; LYU, J.; SADLER, R.; CONNELL, D.; CHU, C.; PHUNG, D. T. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. *2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables*. EPA 822-F-18-001. Washington, DC: Office of Water, 2018.
- VIET NAM. *Thông tư số 41/2018/TT-BYT của Bộ Y tế: Ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia và quy định kiểm tra, giám sát chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt (Circular nº 41/2018/TT-BYT do Ministério da Saúde: Emissão de Normas Técnicas Nacionais e Regulamentações para Inspeção e Monitoramento da Qualidade da Água Potável para Uso Doméstico)*. 2018. Disponível em: <<https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=195807>>. Acesso em: 30 de out. de 2024.
- WHO. World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda*. 4th ed + 1st add + 2nd add. Geneva: World Health Organization, 2022.
- WHO. World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality: third edition incorporating the first and second addenda*. Geneva: World Health Organization, 2008.
- ZHOU, W.; LI, M.; ACHAL, V. A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*, v. 11, n. 1, p. 100410, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100410>