

GUIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO



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**



2024 Ministério da Saúde.



Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: bvsms.saude.gov.br.

Tiragem: 1ª edição – 2024 – versão eletrônica

Elaboração, distribuição e informações:

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente
Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador
SRTVN, Quadra 701, Via W5 Norte, Lote D,
Edifício PO 700, 6º andar
CEP: 70.719-040 – Brasília/DF
Site: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-ambiental>
E-mail: cgvam@saude.gov.br

Ministra de Estado da Saúde:
Nísia Verônica Trindade Lima

Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente:
Ethel Leonor Noia Maciel

Elaboração:
Adriana Rodrigues Cabral – CGVAM/SVSA
(in memorian)
Demétrius Brito Viana – CGVAM/SVSA
Rafael Kopschitz Xavier Bastos – UFV

Colaboração:
Ágata Cristina Lima Dias – CGVAM/SVSA
Agnes Soares da Silva – DVSAT/SVSA
Bruno Moreno Ramos da Silva – CGVAM/SVSA

Eliane Ignotti – CGVAM/SVSA

Fábio David Reis – CGVAM/SVSA

Fernanda Barbosa de Queiroz – CGVAM/SVSA

Gabriel Campos Vieira – CGVAM/SVSA

Gabriela Vieira Capobiango – CGVAM/SVSA

Iara Campos Ervilha – CGVAM/SVSA

Jaqueleine Francischetti – CGVAM/SVSA

Lucas Achaval Silva – CGVAM/SVSA

Lucas Carvalho Sanglard – CGVAM/SVSA

Luiz Felipe Lomanto Santa Cruz – CGVAM/SVSA

Marta Litwinczik – CGVAM/SVSA

Thais Araújo Cavendish – DVSAT/SVSA

Tiago de Brito Magalhães – CGVAM/SVSA

Thaís Uchôa de Assunção Schilling – CGVAM/SVSA

Valmir de Moraes – CGVAM/SVSA

Editoria técnico-científica:

Paola Marcheini – CGEVSA/Daevs/SVSA

Natália Peixoto Lima – CGEVSA/Daevs/SVSA

Diagramação:

Fred Lobo – CGEVSA/Daevs/SVSA/MS

Revisão:

Yana Palankof – CGEVSA/Daevs/SVSA/MS

Normalização:

Daniel Pereira Rosa – Editora MS/CGDI

Ficha Catalográfica

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 [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília : Ministério da Saúde, 2024.

131 p. : il.

Modo de acesso: World Wide Web:

http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_implementacao_norma_qualidade_agua.pdf

ISBN 978-65-5993-669-4

1. Padrão de Potabilidade da Água. 2. Normas de Qualidade da Água. 3. Controle da Qualidade da Água.
I. Título.

CDU 614.5:616.9

Catalogação na fonte – Coordenação-Geral de Documentação e Informação – Editora MS – OS 2024/0202

Título para indexação:

Guide for implementing the brazilian drinking-water quality standards

DEDICATÓRIA

É com imensa gratidão e admiração que dedicamos esta publicação à querida colega Adriana Rodrigues Cabral, que trabalhou incansavelmente e com muito amor pelo ser humano, pela vida e pela profissão.

Adriana era nordestina, nascida em Alagoas, formada em Engenharia Civil e mestre em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental. Atuou na Fundação Nacional da Saúde (Funasa), mas foi ao Ministério da Saúde que dedicou a maior parte da sua vida profissional. Ingressou na Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental em 2005 e contribuiu com essa agenda até sua tão sentida partida, no dia 12 de março de 2024.

Adriana teve papel fundamental nos avanços da vigilância da qualidade da água para consumo humano. Sua história se confunde com a história do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, o Vigiagua. Esse programa é sua marca registrada e tem muito de sua dedicação, sabedoria e competência. Sempre muito conectada com os colegas do ministério, dos estados e dos municípios, seu conhecimento e paixão pelo trabalho foram fundamentais para moldar essa política pública tão valiosa.

Pessoalmente, era uma luz no caminho das pessoas que a cercavam. Religiosa, amorosa, tia, irmã, amiga. Deixou um legado de fé, amor, alegria e vontade de viver. Sempre alegre e gentil, Adriana é uma daquelas pessoas inesquecíveis, que deixa muita saudade para aqueles que ficam e que será sempre lembrada com todo amor e carinho. Que seu espírito continue a nos guiar.

Com todo o nosso amor e gratidão.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
1 FUNDAMENTOS DA NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	7
1.1 Capítulo I – Das disposições gerais.....	8
1.2 Capítulo II – Das definições	9
1.3 Capítulo III – Das competências e responsabilidades.....	14
1.3.1 Seção I – Das competências gerais dos entes federados.....	14
1.3.2 Seção II – Das competências da União.....	16
1.3.3 Seção III — Das competências dos estados.....	19
1.3.4 Seção IV – Das competências dos municípios.....	20
1.3.5 Seção V – Do responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano	24
1.3.6 Seção VI – Do responsável pelo fornecimento e transporte de água potável por meio de carro-pipa.....	31
1.3.7 Seção VII – Dos laboratórios de controle e vigilância	32
1.4 Capítulo IV – Das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano.....	35
1.5 Capítulo V – Do padrão de potabilidade	37
1.6 Capítulo VI – Dos planos de amostragem de controle da qualidade da água para consumo humano.....	66
1.7 Capítulo VII – Das penalidades.....	79
1.8 Capítulo VIII – Das disposições finais e transitórias.....	80
2 BASE DE CÁLCULO PARA OS VMPs DAS SUBSTÂNCIAS SELECIONADAS PARA COMPOR O PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE	82
2.1 Substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde.....	85
2.2 Substâncias orgânicas que representam risco à saúde	91
2.3 Agrotóxicos e metabólitos que representam risco à saúde	97
2.4 Desinfetantes e subprodutos da desinfecção que representam risco à saúde	115
2.5 Padrão de cianotoxinas da água para consumo humano.....	119
2.6 Padrão organoléptico de potabilidade	121
REFERÊNCIAS	123

APRESENTAÇÃO

A competência de regulamentar questões relativas à qualidade da água para consumo humano foi atribuída ao Ministério da Saúde por meio do Decreto Federal nº 79.367, de 9 de março de 1977, o que, de acordo com esse decreto, deveria ser efetivado em portaria do ministro da Saúde. Logo a seguir, em 14 de março de 1977, foi publicada a Portaria no 56/BSB, que aprovou a primeira regulamentação sobre qualidade da água para consumo humano a ser aplicada em todo o território nacional.

Desde então, a norma brasileira de qualidade da água para consumo humano vem sendo atualizada em sucessivas versões. As duas primeiras versões – a Portaria BSB no 56, de 14 de março de 1977, e a Portaria GM/MS nº 36, de 19 de janeiro de 1990 – eram, fundamentalmente, centradas no padrão de potabilidade e em planos de amostragem para fins de verificação de atendimento ao padrão. A Portaria GM/MS nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, é considerada um ponto de inflexão e um importante marco em termos conceituais e de abrangência, na medida em que, entre outros aspectos: (i) passa efetivamente a constituir um instrumento simultâneo e complementar de controle (atribuído aos prestadores de serviço em abastecimento de água) e de vigilância (atribuída ao setor saúde) da qualidade da água para consumo humano; (ii) incorpora, nas ações de controle e de vigilância da qualidade da água, a abordagem de gestão preventiva de risco, do manancial aos pontos de consumo, em lugar tão somente da abordagem corretiva, baseada no controle laboratorial do produto final – água distribuída para consumo (Bastos et al., 2001).

A atualização da norma brasileira de qualidade da água para consumo humano constitui processo já consolidado no cenário nacional, contando com ampla participação e representação diversa, de órgãos públicos e de entidades da sociedade civil, em que se procura: (i) atualizar o padrão de potabilidade e os planos de amostragem, consoante o estado da arte do conhecimento técnico e científico sobre tratamento e qualidade da água para consumo humano e de avaliação de risco à saúde humana; (ii) aprimorar instrumentos de controle e de vigilância da qualidade da água, incorporando elementos da análise de risco: avaliação de risco, gestão de risco e comunicação de risco.

As sucessivas versões da norma brasileira encontram ainda respaldo nas principais normas e diretrizes de referência internacional, tendo o mais recente processo de revisão resultado na publicação da Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, e da Portaria GM/MS nº 2.472, de 28 de setembro de 2021, que alteram o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5/2017 (PRC nº 5/2017), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Dante da publicação da nova portaria, este documento tem como objetivo facilitar a interpretação de seus dispositivos e, por conseguinte, auxiliar em sua implementação pelos responsáveis pelo abastecimento de água e pelo setor saúde.

1

FUNDAMENTOS DA NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

1.1 Capítulo I – Das disposições gerais

Art. 1º Este anexo estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Art. 2º Este Anexo se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema de abastecimento de água, solução alternativa de abastecimento de água, coletiva e individual, e carro-pipa.

O Anexo XX da PRC nº 5/2017 tem por objetivos regulamentar as competências e responsabilidades atribuídas aos responsáveis pelas atividades de controle (prestadores de serviços de abastecimento de água) e de vigilância da qualidade da água (setor saúde), bem como os parâmetros de qualidade da água para consumo humano e respectivos valores de referência que compõem o padrão de potabilidade.

O Anexo XX da PRC nº 5/2017 restringe-se à água destinada ao consumo humano proveniente de sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água e carros-pipa. Ou seja, não constituem objeto deste Anexo os aspectos físicos, químicos e microbiológicos de água mineral natural, água natural, águas adicionadas de sais destinadas ao consumo humano após envasamento, bem como águas utilizadas como matéria-prima ou insumos produtivos.

Com relação à qualidade da água utilizada em atividades produtivas, devem ser observadas regulamentações próprias. Ressalta-se, porém, que algumas normas específicas, como, por exemplo, resoluções da Anvisa, remetem à norma de qualidade da água para consumo humano, e, nesses casos, é necessário verificar junto ao órgão competente quais dispositivos do Anexo XX da PRC nº 5/2017 devem ser observados.

Art. 3º Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema, solução alternativa coletiva de abastecimento de água ou carro-pipa, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

Art. 4º Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Com o objetivo de explicitar a abrangência da norma, no art. 3º são identificadas as formas de abastecimento, fornecimento e consumo de água sujeitas às ações de controle e/ou de vigilância da qualidade da água para consumo humano. Como premissa fundamental, destaca-se (conforme os arts. 3º e 4º) que toda a água destinada ao consumo humano deve ser objeto das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, desenvolvidas pelo setor saúde.

Na perspectiva de avaliação de risco à saúde, mesmo as soluções individuais de abastecimento, que normalmente são operadas e mantidas pelos residentes no imóvel em que se dá o uso da água, são objeto de atuação das autoridades de saúde pública.

Sobre as formas coletivas (sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água) incidem ainda, além da vigilância, as exigências de controle da qualidade da água para consumo humano expressas no Anexo XX da PRC nº 5/2017.

Cabe esclarecer que nos casos em que uma unidade empresarial possua forma de abastecimento água própria, utilizada tanto para o processo produtivo quanto para o consumo de seus funcionários, a norma de qualidade da água para consumo humano se aplica na íntegra. Por sua vez, no caso de empresas ou de estabelecimentos comerciais que recebam a água tratada fornecida por SAA ou SAC, salienta-se que a norma não define exigências de monitoramento da água pelos usuários (o que incide sobre os responsáveis pelo SAA e pela SAC). Nesses casos, sugere-se novamente que seja verificado junto ao órgão competente ou em normativas específicas as exigências aplicáveis.

1.2 Capítulo II – Das definições

Art. 5º Para os fins deste Anexo, são adotadas as seguintes definições:

- I. água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- II. água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde;
- III. padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano, conforme definido neste Anexo;
- IV. padrão organoléptico: conjunto de valores permitidos para os parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde.

Os conceitos de água para consumo humano e de água potável, embora próximos, guardam especificidades. Água para consumo humano é aquela com qualidade adequada não apenas para a ingestão da água em si, mas também para outros usos que propiciam a exposição humana por contato direto com a água, por exemplo, o preparo de alimentos e a higiene pessoal. Em todo caso, a água deve ser potável.

O conceito mais amplo de água potável (para além do atendimento ao padrão de potabilidade) se explica pelo reconhecimento que o padrão de potabilidade, por mais abrangente que seja, sempre será restrito a determinado número de contaminantes e características da água priorizados com base em critérios de avaliação de risco, tendo em conta aspectos de intensidade da exposição e de severidade das consequências (agravos à saúde, por exemplo, toxicidade da substância química). Além disso, os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos para os contaminantes ou características da água que compõem o padrão de potabilidade, embora entendidos como protetivos à saúde, não deixam de apresentar incertezas em sua determinação, ou seja, não são números precisos (exatos). Sendo assim, para além do que se pretende detectar na água por meio de análises laboratoriais (aquilo que se “vê”), é necessário que boas práticas na produção e no fornecimento de água contribuam para a minimização da presença de contaminantes na água, quaisquer que sejam estes, regulamentados ou não.

Nesse sentido, o conceito de água potável expresso no Anexo XX da PRC nº 5/2017 assemelha-se ao conceito de água segura para consumo humano postulado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2022).

Nesta norma, o padrão de potabilidade é apresentado nas seguintes partes:

- padrão organoléptico;
- padrão microbiológico;
- padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde; e
- padrão de radioatividade.

O padrão organoléptico é estabelecido com base na capacidade de substâncias, ou características da água, de provocar percepções sensoriais (aparência, odor ou gosto) que afetam a aceitação da água para consumo, o que, embora não necessariamente implique risco à saúde, pode levar à procura por fontes alternativas, às vezes impróprias. Algumas das substâncias que compõem o padrão organoléptico podem, de fato, representar risco à saúde, porém em concentrações acima daquelas suficientes para provocar rejeição ao consumo (WHO, 2022).

- V. sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA): instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;
- VI. solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição;
- VII. solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;

Ao longo dos processos de revisão da norma de qualidade da água para consumo humano, as definições das formas de abastecimento de água vêm sendo atualizadas no intuito de abranger a maioria dos arranjos e concepções existentes nos territórios brasileiros. Para fins desta norma, as definições constantes nos incisos V, VI e VII do art. 5º buscam orientar a ação de cadastramento das formas de abastecimento de água, uma das atividades básicas da vigilância e do controle da qualidade da água.

A diferença fundamental entre sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água reside na forma como a população tem acesso à água. Se a água é distribuída por rede, a forma de abastecimento é denominada sistema de abastecimento de água, enquanto as demais modalidades coletivas, sem rede de distribuição até os domicílios, são enquadradas como soluções alternativas coletivas.

Cabe, porém, notar diferenças entre essas definições e as que se encontram no Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: (i) sistema de abastecimento de água – instalação composta por conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e equipamentos destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público; (ii) soluções individuais – todas e quaisquer soluções alternativas de saneamento básico que atendam a apenas uma unidade de consumo. Por exemplo, de acordo com o Decreto nº 7.217/2010, as soluções individuais de abastecimento de água poderiam incluir aquelas que fornecem água exclusivamente para hotéis, escolas e hospitais.

Do ponto de vista da saúde, importa que todas e quaisquer formas de abastecimento de água utilizadas pela população forneçam água segura, independentemente da tipologia ou do modelo de gestão (por exemplo, se sob a responsabilidade do poder público ou não).

Em meio à diversidade das formas de abastecimento de água existentes no Brasil, verificou-se a necessidade de diferenciação de um grupo específico, denominado no Anexo XX da PRC nº 5/2017 como solução alternativa coletiva de abastecimento de água (SAC). Embora possam não constituir serviços públicos de abastecimento de água, conforme a definição assumida no Decreto nº 7.217/2010, formas coletivas de abastecimento de água sem rede de distribuição são amplamente adotadas no País, atendendo uma parcela importante da população, tornando-se imperativo que sejam submetidas ao controle de qualidade da água.

Por sua vez, de acordo com o Anexo XX da PRC nº 5/2017, soluções alternativas individuais de abastecimento de água (SAI) são definidas como aquelas que atendem domicílios residenciais em que os próprios residentes buscam, de forma individualizada, suprir a demanda de água. Cabe lembrar que o setor saúde, por meio da vigilância, deve atuar nessas situações, com foco em orientar o manejo adequado, incluindo, por exemplo, aspectos de proteção de fontes de abastecimento, preservação adequada e tratamento domiciliar da água, bem como sugerir a suspensão do uso caso a qualidade da água não esteja adequada ao consumo.

No Anexo XX da PRC nº 5/2017 define-se sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA) como instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável por meio de rede de distribuição. Destaca-se que o termo sistema de abastecimento de água se encontra consolidado na literatura técnica especializada, podendo envolver diferentes portes e núcleos populacionais, além de modelos diversos de gestão.

Na prática, a classificação das formas de abastecimento de água tem implicação nas exigências relativas às ações de controle e vigilância da qualidade da água e do plano de amostragem, com o objetivo de promover a segurança da qualidade da água ofertada, independentemente do modelo de gestão. Dessa forma, o cerne da questão é que sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento devem ser submetidos a exigências mais rigorosas, pois abastecem coletividades.

Por fim, dadas as múltiplas realidades do abastecimento de água para consumo humano no Brasil, reconhecendo que as definições assumidas no Anexo XX da PRC nº 5/2017 não encerram as dúvidas relacionadas à classificação adotada, e tendo em vista que delas resultam exigências específicas, por exemplo, em termos de planos de amostragem, a título de ilustração e de esclarecimento, no Quadro 1 são apresentadas algumas situações frequentemente encontradas.

Quadro 1 – Exemplos de classificação de formas de abastecimento de água

Forma de abastecimento	Classificação	Responsabilidades	Responsável pelo controle
Fonte individual (cisterna, poço, entre outros)	SAI	Vigilância	Não se aplica
Fonte comunitária (poço, chafariz, entre outros)	SAC	Controle e vigilância	Ex.: poder público municipal, associação comunitária, concessionária
Clubes com abastecimento próprio, sem rede de distribuição	SAC	Controle e vigilância	Ex.: direção do clube
Campings ou hotéis com abastecimento próprio, sem rede de distribuição	SAC	Controle e vigilância	Ex.: direção do camping ou hotel
Creches, escolas e postos de saúde com abastecimento próprio	SAC	Controle e vigilância	Ex.: responsável pela entidade mantenedora
Condomínios verticais com abastecimento próprio, sem rede de distribuição	SAC	Controle e vigilância	Ex.: síndico
Condomínios horizontais com abastecimento próprio, sem rede de distribuição	SAC	Controle e vigilância	Ex.: síndico
Condomínios horizontais com abastecimento próprio, com rede de distribuição	SAA	Controle e vigilância	Ex.: síndico
Abastecimento sob administração de serviços municipais ou estaduais, com rede de distribuição	SAA	Controle e vigilância	Poder público municipal ou concessionária
Abastecimento terceirizado à iniciativa privada, com rede de distribuição	SAA	Controle e vigilância	Concessionária privada

Fonte: adaptado de Brasil (2005).

Os incisos VIII a XXI, listados a seguir, trazem definições incluídas na norma por não serem termos tão usuais, ou na intenção de destacar algum aspecto inerente ao termo; neste particular destaca-se que:

- a definição para Plano de Amostragem pretende esclarecer que o plano a ser elaborado vai além de informações meramente quantitativas;
- para efeitos desta norma, o termo carro-pipa, adotado em função de seu uso disseminado, inclusive na Operação Carro-Pipa conduzida pelo Exército Brasileiro, é entendido somente como um meio de transporte/distribuição de água até a população, e não como uma forma de abastecimento propriamente dita, pois o tanque do carro-pipa deve ser abastecido por uma das formas de abastecimento descritas anteriormente (SAA e SAC).

- VIII.** rede de distribuição: parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável até as ligações prediais;
- IX.** ligações prediais: conjunto de tubos, peças, conexões e equipamentos que interliga a rede de distribuição à instalação hidráulica predial do usuário;
- X.** instalação hidráulica predial: rede ou tubulação de água que vai da ligação de água do sistema de abastecimento até o reservatório de água do usuário;
- XI.** intermitência: paralisação do fornecimento de água com duração igual ou superior a seis horas em cada ocorrência;
- XII.** controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;
- XIII.** vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a este Anexo e avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde;
- XIV.** plano de amostragem: documento que inclui definição dos pontos de coleta, número e frequência de coletas de amostras para análise da qualidade da água e de parâmetros a serem monitorados;
- XV.** evento de saúde pública (ESP): situação que pode constituir potencial ameaça à saúde pública, como a ocorrência de surto ou epidemia, doença ou agravo de causa desconhecida, alteração no padrão clínico epidemiológico das doenças conhecidas, considerando o potencial de disseminação, a magnitude, a gravidade, a severidade, a transcendência e a vulnerabilidade, bem como epizootias ou agravos decorrentes de desastres ou acidentes;

- XVI.** evento de massa: atividade coletiva de natureza cultural, esportiva, comercial, religiosa, social ou política, por tempo predeterminado, com concentração ou fluxo excepcional de pessoas, de origem nacional ou internacional, e que, segundo a avaliação das ameaças, das vulnerabilidades e dos riscos à saúde pública exijam a atuação coordenada de órgãos de saúde pública da gestão municipal, estadual e federal e requeiram o fornecimento de serviços especiais de saúde, públicos ou privados;
- XVII.** carro-pipa: veículo equipado com reservatório utilizado exclusivamente para distribuição e transporte de água para consumo humano;
- XVIII.** análise de situação de saúde: ações de monitoramento contínuo da situação de saúde da população do País, Estado, Região, Município ou áreas de abrangência de equipes de atenção à saúde, por estudos e análises que identifiquem e expliquem problemas de saúde e o comportamento dos principais indicadores de saúde, contribuindo para um planejamento de saúde abrangente;
- XIX.** plano de ação: conjunto de ações, procedimentos e protocolos que visam corrigir, no menor tempo possível, situações de risco a [sic] saúde identificadas em SAA ou SAC;
- XX.** situação de risco à saúde: situação que apresenta risco ou ameaça à saúde pública decorrente de desastres, acidentes ou mudanças ambientais, ou ainda por alterações das condições normais de operação e manutenção de sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo que alterem a qualidade ou quantidade da água de consumo oferecida à população; e
- XXI.** povos e comunidades tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição.

1.3 Capítulo III – Das competências e responsabilidades

1.3.1 Seção I – Das competências gerais dos entes federados

A vigilância da qualidade da água para consumo humano segue os princípios e as diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS), sendo compartilhada entre as três esferas de governo, em articulação com outros órgãos e instituições relacionadas ao tema água para consumo humano, em especial os setores de meio ambiente, recursos hídricos e entidades de regulação. O art. 6º apresenta as competências comuns às três esferas de gestão do SUS.

Ressalta-se que a Política Nacional de Vigilância em Saúde, instituída pela Resolução nº 588/2018 do Conselho Nacional de Saúde, atribui responsabilidades à União, aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios relativas à vigilância em saúde, especificamente para vigilância em saúde ambiental, o que, naturalmente, incide sobre a vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Art. 6º São competências da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em seu âmbito administrativo:

- I. promover a formação em vigilância da qualidade da água para consumo humano para os profissionais de saúde do SUS;
- II. estabelecer mecanismos de acompanhamento da inserção dos dados no Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua);
- III. analisar as informações do Sisagua na perspectiva de gestão de riscos e da segurança da água para consumo humano;
- IV. monitorar os indicadores pactuados para avaliação das ações e serviços de vigilância da qualidade da água para consumo humano;
- V. informar à população, de forma clara e acessível, sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados, de acordo com o disposto no Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005, ou em instrumento legal que venha a substituí-lo;
- VI. realizar análise de situação de saúde relacionada ao abastecimento de água para consumo humano; e
- VII. promover ações em articulação com órgãos públicos que tenham relação com o abastecimento de água para consumo humano, tais como órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e entidades de regulação de serviços de saneamento básico.

O Sisagua (Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano) é um sistema disponibilizado na internet pelo Ministério da Saúde, construído com base no disposto na norma de qualidade da água para consumo humano e nos objetivos e no modelo de atuação do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua), cuja finalidade é subsidiar o gerenciamento de riscos à saúde associados à qualidade da água utilizada para consumo humano.

São registrados no Sisagua dados sobre as formas de abastecimento de água existentes nos municípios e sobre a qualidade da água captada, tratada e distribuída para consumo; estes dados são inseridos no sistema por profissionais do setor saúde (dos serviços de Vigilância) e pelos responsáveis pelo abastecimento de água.

O acompanhamento da alimentação do Sisagua é uma atividade inerente às três esferas de governo, na perspectiva de:

- (i) garantir a disponibilidade de informações que proporcionem a devida análise dos dados do Sisagua;
- (ii) permitir a identificação de situações que acarretem ou possam acarretar risco à saúde, e
- (iii) monitorar os indicadores pactuados nas comissões intergestores do Sistema Único de Saúde (bipartite e tripartite), além de outros instrumentos de gestão; na esfera federal destacam-se os seguintes indicadores pactuados:

- (a) Plano Nacional de Saúde – percentual de municípios desenvolvendo ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano;
- (b) Programa de Qualificação das Ações de Vigilância em Saúde (Portaria GM/MS nº 1.378/2013) – percentual de amostras analisadas para residual de agente desinfetante em água para consumo humano;
- (iv) realizar análise de situação de saúde da população.

Os dados e as informações gerados no exercício da vigilância da qualidade da água devem ser levados ao conhecimento da população de forma clara e objetiva, de acordo com os dispositivos do Decreto nº 5.440/2005 que tratam da divulgação das informações de qualidade da água para os consumidores pelos órgãos de saúde responsáveis pela vigilância da qualidade da água para consumo humano.

1.3.2 Seção II – Das competências da União

Art. 7º Art. 7º Para os fins deste Anexo, as competências atribuídas à União serão exercidas pelo Ministério da Saúde e entidades a ele vinculadas, conforme estabelecido nesta Seção.

Art. 8º Art. 8º Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS):

- I. promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água;
- II. implementar o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua);
- III. estabelecer diretrizes nacionais da vigilância da qualidade da água para consumo humano;
- IV. estabelecer prioridades, objetivos, metas e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Tripartite (CIT);
- V. gerenciar o Sisagua;
- VI. disponibilizar publicamente os dados e informações do Sisagua; e
- VII. executar ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano de forma complementar à atuação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Conforme definido no – Decreto Federal nº 79.367/1977, o Ministério da Saúde (MS) é responsável por elaborar normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano a serem observados em todo o território nacional. Na estrutura do MS, compete à Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA) coordenar a gestão do Sistema Nacional de Vigilância em Saúde; ao Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, gerir o Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental

e, mais especificamente, à Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental promover e acompanhar as ações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, bem como estabelecer os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Em cumprimento à Lei nº12.527, de 18 de novembro de 2011 (Lei de Acesso à Informação), e ao Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005, o MS disponibiliza os dados do Sisagua no Portal Brasileiro de Dados Abertos do Governo Federal (<https://dados.gov.br/dados/busca?termo=sisagua>), de acesso público. Também é possível solicitar os dados ao MS ou às Secretarias de Saúde dos respectivos estados ou municípios, ou ainda, solicitar acesso ao sistema para conhecer as entradas de dados e obter os dados diretamente (orientações podem ser obtidas no endereço <http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/login.jsf>). Ressalta-se que o acesso ao Sisagua é autorizado pelos gestores do sistema no município, no estado, no Distrito Federal e na União mediante solicitação.

Art. 9º Compete à Secretaria Especial de Saúde Indígena (Sesai/MS):

- I. planejar, coordenar, supervisionar, orientar, monitorar e avaliar as ações desenvolvidas nas aldeias indígenas;
- II. estabelecer diretrizes para as ações da qualidade da água para consumo humano em aldeias indígenas, a serem implementadas pelos respectivos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEI), considerando a realidade local, os aspectos epidemiológicos, socioambientais e etnoculturais;
- III. planejar e implementar, por meio dos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEI), ou mediante parcerias, as ações de qualidade da água para consumo humano nas aldeias indígenas, incluindo a operação, a manutenção, o monitoramento e a adoção de boas práticas;
- IV. avaliar e implementar ações para minimização ou eliminação de potenciais riscos à saúde relacionados ao abastecimento de água para consumo humano em aldeias indígenas; e
- V. inserir no Sisagua os dados sobre o abastecimento de água para consumo humano das aldeias indígenas por meio dos Distritos Sanitários Especiais Indígenas.

As ações de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano em aldeias indígenas são de competência da Secretaria Especial de Saúde Indígena (Sesai), no bojo de suas atribuições de coordenar e executar a gestão do Subsistema de Atenção à Saúde Indígena.

Art. 10º Compete à Fundação Nacional de Saúde (Funasa) apoiar as ações de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma articulada com seus respectivos responsáveis, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos neste Anexo.

A Fundação Nacional de Saúde (Funasa), vinculada ao MS, é uma das instituições do governo federal responsáveis pela promoção da saúde por meio de ações de saneamento.

Consoante ao Decreto nº 8.867/2016, compete à Funasa: fomentar ações de saneamento em áreas especiais, incluindo áreas rurais e comunidades tradicionais de todo o Brasil; planejar, coordenar, supervisionar e monitorar a execução das atividades relativas ao controle da qualidade da água para consumo humano proveniente de sistemas de abastecimento público, conforme critérios e parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde; cooperar tecnicamente com os estados, o Distrito Federal e os municípios para a melhoria da gestão dos sistemas públicos de saneamento.

Dessa forma, a Funasa pode assumir uma extensa gama de ações em apoio aos responsáveis pelo abastecimento de água (isto é, de apoio às ações de controle de qualidade da água) mediante solicitação e conforme as diretrizes da instituição, bem como de apoio às Secretarias de Saúde municipais e estaduais (ou seja, de apoio às ações de vigilância da qualidade da água), com as quais pode firmar parcerias para apoio técnico, laboratorial e logístico, entre outros.

Art. 11 Compete à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa):

- I. exercer a vigilância da qualidade da água para consumo humano nas áreas de portos, aeroportos e passagens de fronteiras terrestres, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos neste Anexo, bem como diretrizes específicas pertinentes; e
- II. regulamentar, controlar e fiscalizar águas envasadas, nos termos do inciso II do § 1º do art. 8º da Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é responsável pela vigilância da qualidade da água para consumo humano em portos, aeroportos e passagens de fronteiras. Para tanto, emite resoluções específicas sobre boas práticas nessas formas de abastecimento.

Conforme a Lei nº 9.782/1999, é responsabilidade da Anvisa regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e os serviços que envolvam risco à saúde pública, incluídos entre os bens e os produtos submetidos ao seu controle e fiscalização: alimentos, inclusive bebidas, águas envasadas, seus insumos, suas embalagens, aditivos alimentares, limites de contaminantes orgânicos, resíduos de agrotóxicos e de medicamentos veterinários. Nesse sentido, como explicitado no art. 2º, o Anexo XX da PRC nº 5/2017 restringe-se à qualidade da água destinada ao consumo humano proveniente de sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água e de carros-pipa, ou seja, não incide sobre águas envasadas.

Cabe notar que algumas regulamentações específicas, voltadas, por exemplo, a águas envasadas e atividades produtivas, fazem referência à norma de qualidade da água para consumo humano, à exemplo de algumas resoluções da Anvisa. Nesses casos, é necessário verificar com o respectivo órgão regulamentador quais os pontos a serem observados.

1.3.3 Seção III – Das competências dos estados

Art. 12 Compete às Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal:

- I. promover, coordenar, implementar e supervisionar as ações de vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis por SAA ou SAC e com as secretarias de saúde dos municípios, conforme estabelecido neste Anexo e:
 - a) no Programa Vigiagua;
 - b) na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano; e
 - c) na Diretriz para Atuação em Situações de Surtos de Doenças e Agravos de Veiculação Hídrica;

A atuação da vigilância da qualidade da água é descrita de maneira detalhada em publicações no âmbito do Programa Vigiagua, principalmente:

- no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) – detalha as ações adotadas pelas autoridades de saúde pública para garantir à população acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade, como parte integrante das ações de promoção da saúde e prevenção dos agravos transmitidos pela água;
- na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – tem como objetivo fornecer subsídios técnicos para implementação do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano por meio da definição de parâmetros, número mínimo de análises, frequência de monitoramento, assim como critérios de seleção de áreas e pontos prioritários para coleta de amostras de água; e
- na Diretriz para Atuação em Situações de Surtos de Doenças e Agravos de Veiculação Hídrica – orienta as ações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano na resposta a, e no controle de, surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica, em articulação com as demais áreas da Vigilância em Saúde, para contribuir na prevenção de novos Eventos de Saúde Pública (ESP).

- II. elaborar diretrizes e normas pertinentes à vigilância da qualidade da água complementares à disciplina nacional;
- III. estabelecer as prioridades, objetivos, metas, prazos para inserção de dados no Sisagua e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Bipartite (CIB);
- IV. encaminhar, imediatamente, aos responsáveis por SAA e SAC e as respectivas agências reguladoras informações referentes aos eventos de saúde pública relacionados à qualidade da água para consumo humano; e

- V.** executar as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano de forma complementar à atuação dos Municípios, em especial a realização de inspeção sanitária em formas de abastecimento de água para consumo humano.

De acordo com a Política Nacional de Vigilância em Saúde, e coerentemente com o princípio da descentralização do SUS, aos estados, além do papel de definição de diretrizes gerais, cabe executar ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano de forma complementar à atuação dos municípios.

Cabe enfatizar a importância de as Secretarias de Estado da Saúde formularem normas estaduais que possam traduzir, de maneira mais específica, a realidade local, complementando a regulamentação nacional naquilo em que for omissa ou não reflete a situação local.

1.3.4 Seção IV – Das competências dos municípios

O art. 13 expressa a amplitude das ações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano não somente de fiscalização, mas assumindo também os princípios da avaliação e da comunicação de risco. Cabe notar que o inciso I do art. 13 remete ao Programa Vigiagua, à Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e à Diretriz para Atuação em Situações de Surtos de Doenças e Agravos de Veiculação Hídrica, onde, como referido na seção anterior, as ações da Vigilância da Qualidade da Água são mais bem detalhadas.

Art. 13 Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios e do Distrito Federal:

- I. exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com o responsável por SAA ou SAC, conforme estabelecido neste Anexo e:
 - a) no Programa Vigiagua;
 - b) na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano; e
 - c) na Diretriz para Atuação em Situações de Surtos de Doenças e Agravos de Veiculação Hídrica;
- II. elaborar, quando necessário, normas pertinentes à vigilância da qualidade da água complementares às disciplinas estadual e nacional;
- III. manter atualizados no Sisagua os dados de cadastro, controle e vigilância das formas de abastecimento de água para consumo humano;
- IV. autorizar o fornecimento de água para consumo humano por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, considerando os documentos exigidos no Art. 15 deste Anexo;
- V. autorizar o fornecimento de água para consumo humano por meio de carro-pipa;

As Secretarias Municipais de Saúde (SMS) devem garantir a atualização dos dados no Sisagua, interagindo com os prestadores de serviço para que a inserção das informações se dê de forma célere e fidedigna. É importante observar que as informações sobre as formas de abastecimento de água e sobre os dados de controle de qualidade da água podem ser inseridas no Sisagua pelos próprios responsáveis pelos SAA ou SAC; entretanto, a autorização de acesso ao sistema para essa finalidade é facultada à Vigilância local.

A SMS é responsável também por autorizar o fornecimento coletivo de água, seja por SAA ou SAC, ou o transporte por meio de carro-pipa. Esta norma não define os procedimentos a serem adotados para tanto, no entendimento de que esta é uma prerrogativa administrativa da Secretaria de Saúde do Município, ainda que no art. 15 seja definido um conjunto mínimo de documentos a serem exigidos para autorização do início de operação de SAA e SAC. Entretanto, para efeito de autorização do fornecimento coletivo de água recomenda-se a realização de inspeção sanitária prévia. O Sisagua dispõe de um módulo específico com campos para inserção das informações dos carros-pipa utilizados como veículos transportadores de água para consumo humano (cadastro dos carros-pipa).

- VI.** realizar inspeções sanitárias periódicas em sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água e carro-pipa;
- VII.** solicitar anualmente ou sempre que necessário, o plano de amostragem ao responsável por SAA ou SAC;
- VIII.** emitir parecer sobre o plano de amostragem elaborado pelo responsável por SAA ou SAC em até 30 (trinta) dias após o recebimento;
- IX.** inserir, no Sisagua, os dados do monitoramento de vigilância da qualidade da água para consumo humano;

No âmbito da avaliação das ações dos responsáveis pelo fornecimento e pelo controle de qualidade da água, as SMS devem realizar inspeções sanitárias nas diversas formas de abastecimento de água. Conforme previsto no inciso III da seção anterior, esta atividade também pode ser realizada de maneira complementar pelas SES, em apoio às SMS, ou mesmo integralmente, caso o município não disponha de condições de realizá-la. Orientações sobre a realização de inspeções sanitárias podem ser encontradas no *Guia prático de inspeção sanitária em formas de abastecimento de água para consumo humano* (Brasil, 2021) e no *Caderno de inspeção sanitária em abastecimento de água* (Brasil, 2006a).

Os municípios devem ainda avaliar periodicamente o plano de amostragem executado pelo prestador de serviço com o intuito de verificar o atendimento das exigências expressas no Capítulo VI desta norma e, eventualmente, solicitar adequações. Ressalta-se que, conforme o inciso IV do art. 14 (Seção V), os responsáveis pelo abastecimento de água devem enviar à autoridade de saúde pública, anualmente, os respectivos planos de amostragem. Porém, a Vigilância deve permanecer atenta ao cumprimento dessa exigência e solicitar o envio na frequência usual (anual), ou mais estreita, quando necessário.

Observe-se, contudo, que é estabelecido prazo de trinta dias para que a autoridade de saúde municipal se manifeste sobre o plano de amostragem elaborado pelo responsável por SAA ou SAC. Caso isso não ocorra, o plano de amostragem será considerado aprovado até que a autoridade da saúde se manifeste em contrário. Entretanto, isso não impede eventual responsabilização do responsável por SAA ou SAC por danos decorrentes do não cumprimento das exigências mínimas do plano de amostragem.

Outra importante ação de competência da Vigilância no âmbito municipal diz respeito à coleta de amostras, análises laboratoriais e inserção dos resultados no Sisagua. Especial atenção deve ser dedicada à alimentação do Sisagua em termos de celeridade e precisão das informações, proporcionando atuação eficaz no controle e na prevenção de riscos à saúde da população.

A interpretação dos dados gerados pelos responsáveis por SAA e SAC, a constante verificação das atividades de controle e a realização de inspeções sanitárias em todo o sistema, do manancial à distribuição, constituem importante subsídio para a elaboração dos planos de amostragem da Vigilância, que devem ser complementares e não superpostos aos planos de amostragem realizados pelo controle (Brasil, 2016).

- X. analisar as informações disponíveis sobre as formas de abastecimento de água para consumo humano, [sic] com o objetivo de avaliar o cumprimento dos dispositivos deste Anexo e, quando identificadas não conformidades, proceder com as ações cabíveis, dentre outras ações:
 - a) comunicar imediatamente ao responsável por SAA ou SAC as não conformidades identificadas;
 - b) informar imediatamente às entidades de regulação dos serviços de saneamento básico sobre as não conformidades identificadas, no que couber; e
 - c) comunicar imediatamente à população, de forma clara e acessível, sobre os riscos associados ao abastecimento de água e medidas a serem adotadas;

A análise de informações sobre as formas de abastecimento de água e de monitoramento da qualidade da água, sejam aquelas geradas pela própria Vigilância ou pelos responsáveis por SAA ou SAC, é uma ação fundamental para subsidiar a atuação do setor saúde, bem como para a articulação com outros órgãos.

Eventuais não conformidades devem ser comunicadas ao responsável pelo SAA ou SAC, à respectiva entidade de regulação e à população potencialmente afetada, de forma clara e acessível, assim que identificadas. Também devem ser comunicados os riscos à saúde associados e as medidas a serem adotadas para evitá-los ou minimizá-los.

- XI.** determinar ao responsável por SAA ou SAC, quando verificadas não conformidades que apontem para situações de risco à saúde, que:
- a)** elabore plano de ação;
 - b)** adote e informe as medidas corretivas;
 - c)** amplie o número mínimo de amostras;
 - d)** aumente a frequência de amostragem; e
 - e)** inclua o monitoramento de parâmetros adicionais;
- XII.** intensificar as ações do Programa Vigiagua quando ocorrerem eventos de massa, situações de risco a [sic] saúde ou eventos de saúde pública relacionados ao abastecimento de água para consumo humano;
- XIII.** realizar as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano nas áreas urbanas e rurais, incluindo comunidades tradicionais, aglomerados subnormais, grupos vulneráveis e comunidades indígenas localizadas na sede do município e em terras indígenas não homologadas, neste caso de forma articulada com o respectivo Distrito Sanitário Especial Indígena;
- XIV.** avaliar o atendimento dos dispositivos deste Anexo, por parte do responsável por SAA ou SAC, notificando-os e estabelecendo prazo para sanar a(s) irregularidade(s) identificada(s);
- XV.** encaminhar, imediatamente, aos responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano e as respectivas agências reguladoras informações referentes aos eventos de saúde pública relacionados à qualidade da água para consumo humano; e
- XVI.** solicitar aos responsáveis por SAA ou SAC as informações sobre os produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano e sobre os materiais que tenham contato com a água para consumo humano durante sua produção, armazenamento e distribuição.
- Parágrafo único.** Caso a autoridade de saúde não se manifeste no prazo determinado no inciso VIII, importará a aprovação tácita do plano de amostragem até manifestação em contrário, sem prejuízo de eventual responsabilização do responsável por SAA ou SAC por danos decorrentes de falha no plano de amostragem.

No inciso XI do art. 13 são listadas possíveis ações a serem executadas quando identificadas não conformidades ou em situações específicas, como eventos de massa, situações de risco à saúde ou eventos de saúde pública. Cabe mencionar que essa lista não é exaustiva, e compete aos profissionais que atuam na Vigilância avaliar o cenário concreto e, caso necessário, orientar a implementação das medidas adicionais identificadas como necessárias para eliminar ou minimizar os riscos à saúde da população.

O direito humano ao acesso à água potável e ao saneamento é reconhecido pela Assembleia Geral das Nações Unidas por meio da Resolução A/RES/64/292 como essencial para o gozo da vida e dos demais direitos humanos. O Brasil assumiu, portanto, o compromisso de garantir à população o direito ao acesso à água potável.

Dessa forma, enfatiza-se a necessidade de que as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano cubram as áreas rurais, as comunidades tradicionais, os aglomerados subnormais¹ e os grupos vulneráveis como medida fundamental para promover o acesso universal à água segura.

Ressalta-se que, para fazer cumprir as orientações e as exigências estabelecidas na norma para os responsáveis pelas formas de abastecimento, a vigilância em saúde ambiental deve atuar em articulação com a equipe de vigilância sanitária, principalmente quando o organograma da Secretaria de Saúde distribui essas ações em setores específicos. Isso possibilita a abertura de processos administrativos sanitários e, consequentemente, a aplicação de penalidades com fins de minimizar os riscos à saúde associados a eventos perigosos e a perigos identificados nas formas de abastecimento coletivo, do tipo SAA e SAC.

1.3.5 Seção V – Do responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano

De acordo com a definição no inciso XII, do art. 5, o termo controle da qualidade da água para consumo humano refere-se a um conjunto de atividades a serem exercidas pelo responsável por sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água a fim de verificar se a água fornecida à população é potável e de assegurar a manutenção dessa condição. Como se nota nos incisos do art. 14, trata-se de um rol de atividades bem mais amplo que o indispensável monitoramento laboratorial, remetendo a abordagens de boas práticas e de análise de risco (avaliação de risco, gestão de risco e comunicação de risco).

Art. 14 Art. 14. Compete ao responsável por SAA ou SAC:

- I. exercer o controle da qualidade da água para consumo humano;
- II. operar e manter as instalações destinadas ao abastecimento de água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e demais normas pertinentes;
- III. fornecer água para consumo humano;

O inciso II destaca a relevância da operação e da manutenção adequada das instalações em todo o processo de produção e fornecimento de água para consumo humano, a começar por projetos criteriosos, o que em boa medida determinam condições de operação. Nesse sentido, alguns aspectos merecem atenção:

¹Aglomerado subnormal é uma forma de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação. No Brasil, esses assentamentos irregulares são conhecidos por diversos nomes, como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, ressacas, loteamentos irregulares, mocambos e palafitas, entre outros (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=acesso-ao-produto>).

- estado de conservação, proteção e manutenção das estruturas e dos equipamentos de captação, recalque, adução e reserva;
- estado de conservação, manutenção e pressurização da rede de distribuição;
- estado de conservação e manutenção das estruturas e dos equipamentos de tratamento da água;
- controle operacional dos processos de tratamento da água, por exemplo: aferição da vazão afluente e da dosagem de produtos químicos, avaliação dos parâmetros hidráulicos de funcionamento das diversas unidades das estações de tratamento da água; controle do processo de lavagem dos filtros.

Maior detalhamento sobre as ações inerentes ao controle da qualidade da água pode ser encontrado nas seguintes publicações do Ministério da Saúde: (i) *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano* (Brasil, 2006a); (ii) *Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde* (Brasil, 2006b).

- IV.** encaminhar à autoridade de saúde pública, anualmente e sempre que solicitado, o plano de amostragem de cada SAA e SAC, elaborado conforme art. 44 deste Anexo, para avaliação da vigilância;
 - V.** realizar o monitoramento da qualidade da água, conforme plano de amostragem definido para cada sistema e solução alternativa coletiva de abastecimento de água;

O monitoramento da qualidade da água (bruta, tratada e distribuída) é um elemento importante de avaliação e gestão de risco. Nesse sentido, esta norma define planos mínimos de amostragem a serem implementados pelos responsáveis por sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, bem como prevê situações em que se pode tornar os planos mais ou menos exigentes. Assim, a Vigilância deve avaliar a adequação dos planos de amostragem à realidade em questão, bem como verificar seu fiel cumprimento.

- VI.** promover capacitação e atualização técnica dos profissionais que atuam na produção, distribuição, armazenamento, transporte e controle da qualidade da água para consumo humano;

Na perspectiva da gestão preventiva de riscos, a capacitação e a atualização do corpo técnico, tanto em nível gerencial quanto técnico-operacional, é condição importante para a implementação de boas práticas em toda a cadeia de produção, fornecimento e controle de qualidade da água.

- VII.** exigir dos fornecedores na aquisição, comprovação de que os materiais utilizados na produção, armazenamento e distribuição não alteram a qualidade da água e não ofereçam risco à saúde, segundo critérios da ANSI/NSF 61 ou certificação do material por um Organismo de Certificação de Produto (OCP) reconhecido pelo Inmetro;
- VIII.** exigir dos fornecedores laudo de atendimento dos requisitos de saúde (LARS) e da comprovação de baixo risco a [sic] saúde (CBRS) para o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento da água, considerando a norma técnica da ABNT NBR 15.784;
- IX.** manter à disposição da autoridade de saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios as informações sobre os produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano e sobre os materiais que tenham contato com a água para consumo humano durante sua produção, armazenamento e distribuição;

Em consonância com a norma de qualidade da água para consumo humano, a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15.784 estabelece os requisitos para o controle de qualidade de produtos químicos utilizados para o tratamento da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, bem como define os limites das impurezas nas dosagens máximas de uso indicadas pelo fornecedor do produto de forma a não causar prejuízo à saúde humana.

Nesse contexto, a fim de comprovar que o produto vendido atende aos requisitos da NBR 15.784, o laudo de atendimento dos requisitos de saúde (LARS) e a comprovação de baixo risco à saúde (CBRS) dos produtos químicos aplicados são documentos a serem apresentados pelos fornecedores de produtos químicos aos responsáveis por sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água.

Ambos os documentos, LARS e CBRS, podem ser produzidos ou contratados pelo fabricante do produto químico. No entanto, em caso de manipulação do produto químico pelo fornecedor ou pelo intermediário, deverão ser produzidos novos LARS e CBRS.

- X.** manter avaliação sistemática do SAA ou SAC, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:
 - a)** ocupação da bacia contribuinte ao manancial;
 - b)** histórico das características das águas;
 - c)** características físicas do sistema;
 - d) condições de operação e manutenção; e
 - e) qualidade da água distribuída;

O inciso X sintetiza a abordagem de gestão preventiva de risco no controle de qualidade da água, em lugar da tradicional abordagem corretiva, restrita ao controle laboratorial da qualidade da água distribuída.

Sabe-se que a qualidade da água dos mananciais pode variar bastante em função de influências climáticas sazonais e da dinâmica de uso e ocupação do solo na respectiva bacia. Variações da qualidade da água bruta podem impactar a qualidade da água tratada, o que depende do rigor no controle operacional dos processos de tratamento. Após o tratamento, a qualidade da água tratada pode variar ainda devido ao estado de conservação das unidades de reservação (inclusive prediais) e distribuição, de subpressões ou de reparos no sistema de distribuição (Brasil, 2005).

Tendo, portanto, em conta a indissociabilidade entre a qualidade da água bruta, tratada e distribuída, este inciso pode ser visto também como síntese da própria essência dos Planos de Segurança da Água (PSA), definidos como ferramentas de avaliação e gestão de risco, aplicadas de forma abrangente, em todas as etapas de um sistema de abastecimento – do manancial ao consumidor (WHO, 2022).

- XI.** encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios os dados de cadastro das formas de abastecimento e os relatórios de controle da qualidade da água, conforme o modelo estabelecido pela referida autoridade;
- XII.** registrar no Sisagua os dados de cadastro das formas de abastecimento e de controle da qualidade da água, quando acordado com a Secretaria de Saúde;
- XIII.** fornecer à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios os dados de controle da qualidade da água para consumo humano, quando solicitados;

As informações de cadastro das formas de abastecimento e de controle de qualidade da água devem ser enviadas pelos responsáveis por SAA e SAC à autoridade de saúde, seja em meio físico ou inseridas diretamente no Sisagua. A forma de envio vai depender do contexto local no que se refere à estrutura do serviço de abastecimento e da vigilância da qualidade da água.

Todos os sistemas e soluções alternativas, coletivas e individuais, de abastecimento de água devem ser cadastrados no Sisagua para facilitar o diagnóstico da situação de abastecimento de água e o exercício da vigilância da qualidade da água para consumo humano nas esferas local, regional e nacional.

O modelo de relatório de envio de dados deve ser estabelecido pela autoridade de saúde pública local. Em termos gerais, o relatório mensal deve conter as informações básicas a serem inseridas no Sisagua e que propiciem a verificação do atendimento das exigências da norma. Na página inicial do Sisagua são disponibilizados modelos de relatórios elaborados conforme a estrutura de entrada de dados do Sisagua.

Cabe ressaltar que o Sisagua permite que os dados de cadastro e controle sejam inseridos pelos próprios responsáveis por SAA e SAC, mas isso deve ser tratado com a autoridade de saúde local, que pode definir diretrizes ou critérios para conceder o acesso para a inserção de dados.

Tendo em vista que os modelos de relatórios e as entradas de dados do Sisagua apresentam estruturas bem definidas, eventualmente podem ser necessárias informações adicionais ou mais detalhadas, para o que os responsáveis por SAA e SAC podem ser acionados pela autoridade de saúde, estando estes obrigados a disponibilizar todos e quaisquer dados de controle de qualidade da água solicitados.

Os incisos a seguir trazem elementos importantes de comunicação de risco, além da necessária intersetorialidade na gestão preventiva de riscos aplicada aos mananciais de abastecimento de água.

- XIV.** comunicar aos órgãos ambientais e aos gestores de recursos hídricos as características da qualidade da água do(s) manancial(ais) de abastecimento em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;
- XV.** comunicar à autoridade de saúde pública alterações na qualidade da água do(s) manancial(ais) de abastecimento que revelem risco à saúde;
- XVI.** contribuir com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos por meio de ações cabíveis para proteção do(s) manancial(ais) de abastecimento(s) e da(s) bacia(s) hidrográfica(s);

O fato de, em geral, a atuação na bacia estar além das possibilidades e da competência dos responsáveis por SAA ou SAC não os exime de atenção à dinâmica espaço-temporal da qualidade da água no manancial de abastecimento e respectivos fatores determinantes.

O monitoramento da água bruta, previsto no art. 42, dialoga com o disposto no inciso X, alíneas (a) e (b) deste artigo: “Manter avaliação sistemática do SAA ou SAC, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial e no histórico das características das águas”. Tem, portanto, o propósito de o prestador atuar de maneira preventiva na gestão de riscos na bacia hidrográfica, identificando alterações ou tendências que possam comprometer a capacidade de tratamento da água e impor riscos à saúde.

Identificadas tais situações, cabe aos responsáveis por SAA ou SAC acionar os órgãos de meio ambiente, os gestores de recursos hídricos e a autoridade de saúde e com estes interagir na busca por estratégias para proteção do manancial.

- XVII.** proporcionar mecanismos para recebimento de reclamações e manter registros atualizados sobre a qualidade da água distribuída e sobre as limpezas de reservatórios, sistematizando-os de forma compreensível aos consumidores e disponibilizando-os para pronto acesso e consulta pública, em atendimento às legislações específicas de defesa do consumidor e acesso à informação;
- XVIII.** implementar as ações de sua competência descritas no Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005, ou em instrumento legal que venha substituí-lo;

As disposições dos incisos XVII e XVII inserem-se nas perspectivas do direito do consumidor e do direito à informação. O Código de Defesa do Consumidor estabelece normas de proteção do consumidor, de ordem pública e interesse social. Os direitos básicos do consumidor incluem o direito à informação adequada sobre produtos e serviços, com especificação correta da quantidade, características, composição, qualidade e preço, bem como os riscos que apresentem. Por sua vez, o Decreto nº 5.440/2005 é específico a respeito da divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano.

- XIX.** exigir do responsável pelo carro-pipa a autorização para transporte e fornecimento de água para consumo humano emitida pela autoridade de saúde pública quando o carro-pipa não pertencer ao próprio responsável pelo SAA ou SAC, nos termos do inciso V do art. 13 deste Anexo;
- XX.** fornecer ao responsável pelo carro-pipa, no momento do abastecimento de água, documento com identificação do SAA ou SAC onde o carro-pipa foi abastecido, contendo a data e o horário do abastecimento;

Em relação aos incisos XIX e XX, que tratam de exigências para o fornecimento de água para consumo humano por meio de carro-pipa, ressalta-se que, para efeito de fiscalização e rastreabilidade, mesmo os carros-pipa de propriedade do responsável pelo abastecimento de água devem possuir autorização emitida pela autoridade de saúde pública e documento com identificação do SAA ou SAC onde o carro-pipa foi abastecido.

- XXI.** notificar previamente à autoridade de saúde pública e informar à respectiva entidade reguladora e à população abastecida quando houver operações programadas que possam submeter trechos do sistema de distribuição à pressão negativa ou intermiténcia;
- XXII.** comunicar imediatamente à autoridade de saúde pública municipal e informar à população abastecida, em linguagem clara e acessível, a detecção de situações de risco à saúde ocasionadas por anomalia operacional ou por não conformidade na qualidade da água, bem como as medidas adotadas; e

Os incisos XXI e XXII apontam que ao serem identificadas situações que possam representar risco à população, estas devem ser comunicadas à autoridade de saúde, à população abastecida e, quando couber, à entidade reguladora, de tal forma que possam ser adotadas as devidas medidas, preventivas ou corretivas.

XXIII. assegurar pontos de amostragem:

- a) na saída de cada filtro ou após a mistura da água filtrada, caso seja comprovado o impedimento da realização do monitoramento individual de cada unidade filtrante;
- b) na saída do tratamento;
- c) no(s) reservatório(s);
- d) na rede de distribuição; e
- e) nos pontos de captação.

Tendo em vista as exigências relativas ao plano de amostragem, o prestador de serviço deve garantir a existência de pontos para coleta de amostras, inclusive pela vigilância, em todas as partes componentes do sistema de produção e distribuição de água. Reconhecendo que em alguns sistemas ou soluções alternativas a coleta de amostras na saída de cada unidade filtrante pode ser impossibilitada, requerendo intervenções por vezes de alto custo, aceita-se, nas situações de impedimento comprovado, o monitoramento da mistura dos efluentes dos diferentes filtros.

A impossibilidade de amostragem em cada filtro individualmente pode ser verificada presencialmente, em inspeção sanitária, ou por meio de documentação técnica apresentada pelo responsável por SAA ou SAC.

Art. 15 O responsável por SAA ou SAC deve requerer, junto à Autoridade de Saúde Pública Municipal, autorização para início da operação e fornecimento de água para consumo humano mediante a apresentação dos seguintes documentos:

- I. anotação de Responsabilidade Técnica do responsável pela operação do sistema ou solução alternativa coletiva;
- II. comprovação de regularidade junto ao órgão ambiental e de recursos hídricos;
- III. laudo de análise dos parâmetros de qualidade da água previstos neste Anexo; e
- IV. plano de amostragem.

Em relação ao art. 15, que trata de autorização para início da operação e do fornecimento de água para consumo humano, ressalta-se que a Vigilância local pode incluir exigências adicionais àquelas estabelecidas nos incisos I a IV, bem como definir o rito a ser seguido pelos responsáveis por SAA e SAC para solicitação da autorização.

1.3.6 Seção VI – Do responsável pelo fornecimento e transporte de água potável por meio de carro-pipa

Art. 16	Compete ao responsável pela distribuição e transporte de água potável por meio de carro-pipa:
I.	solicitar à autoridade de saúde pública autorização para transporte de água para consumo humano e cadastramento do carro-pipa;
II.	abastecer o carro-pipa exclusivamente com água potável proveniente de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água;
III.	manter as condições higiênico-sanitárias do carro-pipa exigidas pela autoridade de saúde pública;
IV.	utilizar tanques, válvulas e equipamentos de carga e descarga da água exclusivamente para armazenamento e transporte de água potável fabricados em materiais que não alteram a qualidade da água;
V.	portar o documento exigido no inciso XIX, art. 14 deste Anexo e a autorização para transporte de água potável emitida pela autoridade de saúde pública durante o deslocamento do carro-pipa;
VI.	manter o teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L; e
VII.	garantir que o tanque utilizado para o transporte de água potável contenha, de forma visível, a inscrição "ÁGUA POTÁVEL" e os dados de endereço e telefone para contato.
Parágrafo único	É vedado o transporte de água potável em carro-pipa com tanque compartimentado utilizado para transporte de outras cargas.

O art. 16 define critérios mínimos a serem obedecidos pelos responsáveis pelo fornecimento e pelo transporte de água potável por meio de carro-pipa a fim de garantir a manutenção da qualidade da água durante os processos de carga, transporte e distribuição.

As principais exigências dizem respeito à necessidade de carregamento do carro-pipa unicamente em SAA ou SAC, ao uso exclusivo do carro-pipa para transporte de água potável e à obrigatoriedade de solicitar à autoridade de saúde o cadastramento e a autorização do veículo. São ainda definidas características físicas para o veículo e condições a serem observadas durante o transporte para evitar a contaminação da água no interior do tanque do veículo e durante as operações de carga e descarga.

O responsável pelo carro-pipa deve solicitar autorização à SMS para transporte de água para consumo humano, devendo portar a autorização durante o deslocamento do veículo e apresentá-la ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva onde será realizado o abastecimento, que, por sua vez, deverá fornecer documento identificando a fonte da água.

Uma vez que o carro-pipa deve ser abastecido exclusivamente com água potável proveniente de SAA ou SAC e que informações sobre a qualidade da água dessas fontes devem estar disponíveis para pronto acesso, a norma não estabelece exigência de monitoramento da qualidade da água pelo responsável pelo carro-pipa. No entanto, o inciso VI deste artigo estabelece que deve ser mantido teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L no carro-pipa. Assim, em eventuais ações de fiscalização, a autoridade de saúde pública possui a prerrogativa de realizar as análises que julgar necessárias e, tal como no caso de análises de amostras de SAA ou SAC, os resultados devem ser inseridos no Sisagua.

O art. 32 determina a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em sistemas de distribuição de água. A exigência de valor mais elevado (0,5 mg/L) em carros-pipa se justifica pelas especificidades desse tipo de transporte de água, em tese mais vulnerável. Note-se ainda que esse valor encontra respaldo nas Diretrizes da OMS de qualidade da água para consumo humano (WHO, 2022). Por fim, cabe esclarecer que a menção exclusiva ao cloro como agente desinfetante se deve ao amplo uso no País e a sua capacidade de manutenção de residual estável. Faz-se também menção apenas à manutenção de cloro livre, e não de cloro combinado, por ser o primeiro agente desinfetante mais potente que o segundo.

1.3.7 Seção VII – Dos laboratórios de controle e vigilância

- Art. 17** Compete ao Ministério da Saúde, no que concerne aos Laboratórios de Controle e Vigilância:
- I. coordenar, em âmbito nacional, as ações de laboratório necessárias para a vigilância da qualidade da água;
 - II. habilitar os laboratórios de referência regional e nacional para operacionalização das análises da vigilância da qualidade da água para consumo humano, de acordo com os critérios estabelecidos na Portaria SVS/MS nº 33, de 22 de junho de 2017;
 - III. indicar os laboratórios de referência nacional para realização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano;
 - IV. estabelecer as diretrizes para operacionalização das atividades analíticas de vigilância da qualidade da água para consumo humano; e
 - V. definir os critérios e os procedimentos para adotar metodologias analíticas modificadas e não contempladas nas referências citadas no art. 21.

Art. 18 Compete às Secretarias de Saúde dos Estados no que concerne aos Laboratórios de Controle e Vigilância:

- I. coordenar, em âmbito estadual, as ações laboratoriais, sob sua competência, necessárias para a vigilância da qualidade da água, de forma articulada com a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública;
- II. habilitar os laboratórios de referência regional e municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano;
- III. indicar os laboratórios de referência regional e municipal para realização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano; e
- IV. encaminhar amostras para laboratórios da Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública e Centros Colaboradores quando não houver capacidade local de análise.

Art. 19 Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios no que concerne aos Laboratórios de Controle e Vigilância:

- I. coordenar e executar, em âmbito municipal, as ações de laboratório sob sua competência, necessárias para a vigilância da qualidade da água, de forma articulada com a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Pública; e
- II. indicar, para as Secretarias de Saúde dos Estados, outros laboratórios de referência municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano, quando for o caso.

A rede de laboratórios de saúde pública é gerenciada na esfera federal pela Coordenação-Geral de Laboratórios de Saúde Pública (CGLAB), ligada ao Departamento de Articulação Estratégica de Vigilância em Saúde, à qual compete definir os laboratórios de referência nacional cujo papel é apoiar a realização de análises de maior complexidade.

Na esfera estadual, os laboratórios de saúde pública são ligados à SES, que definem as unidades responsáveis pelas diferentes análises necessárias à vigilância da qualidade da água. Os Laboratórios Centrais de Saúde Pública (Lacen) são responsáveis pela coordenação das ações laboratoriais, no âmbito dos estados, e são considerados laboratórios de referência estadual.

Em regra, a SMS é responsável pela coleta das amostras e pelo transporte até os laboratórios (eventualmente esse processo é realizado ou apoiado pela Secretaria de Estado de Saúde), de forma articulada com a Rede Nacional de Laboratórios de Saúde Públicas. No âmbito do município, a rede é constituída pelos laboratórios públicos municipais responsáveis pelas análises básicas e essenciais (Santos, 1997).

Art. 20	As análises laboratoriais para controle da qualidade da água para consumo humano podem ser realizadas em laboratório próprio, conveniado ou contratado, desde que estes comprovem a existência de boas práticas de laboratório e biossegurança, conforme normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e demais normas relacionadas, e comprovem a existência de sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025.
Art. 21	As análises laboratoriais para vigilância da qualidade da água para consumo humano devem ser realizadas nos laboratórios de saúde pública.
Parágrafo único	De forma complementar, as análises laboratoriais de vigilância da qualidade da água para consumo humano poderão ser realizadas em laboratórios conveniados ou contratados, desde que estes comprovem a existência de boas práticas de laboratório e biossegurança, conforme normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e demais normas relacionadas, e comprovem a existência de sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025.

Esta norma não exige que os laboratórios próprios dos prestadores de serviço ou da rede de laboratórios públicos sejam acreditados, mas requer comprovação de atendimento às normas da Vigilância Sanitária e a existência de um sistema de gestão da qualidade com base na NBR ISO/IEC 17.025. Uma vez comprovado que o laboratório segue os padrões de qualidade estabelecidos, pressupõe-se a confiabilidade dos resultados.

A comprovação da implementação de um sistema de gestão de qualidade pode ser realizada por meio de manual de gestão, explicitando os procedimentos desenvolvidos na rotina do laboratório e comprovando o cumprimento de critérios descritos na NBR ISO/IEC 17025.

As análises das amostras coletadas pelo setor saúde no âmbito das ações de vigilância da qualidade da água devem, prioritariamente, ser realizadas nos laboratórios de saúde pública. Entretanto, de forma similar ao que determina para as análises de controle, esta norma prevê a possibilidade da realização das análises em laboratórios contratados ou conveniados, desde que comprovem o atendimento às normas da Vigilância Sanitária e a existência de um sistema de gestão da qualidade com base na NBR ISO/IEC 17.025.

Art. 22	As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos neste Anexo devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, tais como:
I.	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF);
II.	United States Environmental Protection Agency (USEPA);
III.	Normas [sic] publicadas pela International Standardization Organization (ISO); e

- IV.** Metodologias [sic] propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS).
- § 1º** O Limite [sic] de quantificação (LQ) das metodologias utilizadas deve ser menor ou igual ao valor máximo permitido para cada parâmetro analisado.
- § 2º** Os Limites [sic] de detecção (LD) e quantificação (LQ) devem ser inseridos no Sisagua.
- § 3º** Outras metodologias que não estejam relacionadas nas normas citadas no caput deste artigo podem ser utilizadas desde que sejam devidamente validadas e registradas conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025.

As metodologias analíticas utilizadas no controle e na vigilância da qualidade da água devem seguir padronizações definidas por instituições de respaldo internacional.

Ressalta-se a importância da apresentação dos limites de quantificação e detecção dos métodos a fim de possibilitar a avaliação da confiabilidade dos dados, bem como da capacidade laboratorial instalada no País. Os limites de detecção e quantificação devem, obrigatoriamente, ser inferiores aos valores máximos permitidos estabelecidos nesta norma, pois, caso contrário, a avaliação do cumprimento do padrão de potabilidade seria comprometida.

Para além da comparação com os valores de referência (máximos e mínimos), informações sobre limites de quantificação e detecção são importantes para a avaliação de tendências e gestão de riscos à saúde. Em caso de resultados entre o limite de quantificação e detecção (< LQ), reconhece-se a possível presença da substância, o que sugere sua circulação no meio.

1.4 Capítulo IV – Das exigências aplicáveis aos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano

- Art. 23** Os sistemas e as soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano devem contar com técnico habilitado responsável pela operação, com a respectiva anotação de responsabilidade técnica (ART) expedida pelo Conselho de Classe.
- Art. 24** Toda água para consumo humano fornecida coletivamente deverá passar por processo de desinfecção ou adição de desinfetante para manutenção dos residuais mínimos, conforme as disposições contidas no art. 32.
- Parágrafo único** Parágrafo único. As águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração.

Art. 25	A rede de distribuição de água para consumo humano deve ser operada sempre com:
I.	pressão positiva em toda sua extensão;
II.	regularidade de fornecimento, evitando situações de paralisação e intermitências; e
III.	práticas de desinfecção das tubulações em eventos de trocas de suas seções.
Art. 26	A instalação hidráulica predial ligada ao sistema de abastecimento de água não poderá ser também alimentada por outras fontes.

Em relação ao art. 23, por “técnico habilitado” entenda-se profissional capacitado para, no que couber no âmbito de suas atribuições e responsabilidades, operar e manter as instalações destinadas ao abastecimento de água potável, bem como exercer o controle da qualidade da água para consumo humano, na amplitude da definição e escopo assumidos nesta norma.

Não compete ao Ministério da Saúde, tampouco ao escopo desta norma, definir a habilitação técnica dos profissionais que atuam em SAA e SAC. Essa competência é desempenhada pelos respectivos conselhos de classe, que definem as atribuições para os respectivos profissionais.

O art. 24 estabelece requisitos mínimos de tratamento da água a ser fornecida coletivamente para consumo humano, independentemente de quaisquer outras disposições ou exigências. Todos os sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, quer sejam supridos por manancial subterrâneo ou por manancial superficial, devem prever aplicação de desinfetantes, seja para desinfecção propriamente dita, seja para efeito de manutenção de residuais desinfetantes no sistema de distribuição (caso típico de água subterrânea não impactada por contaminação fecal).

A filtração desempenha papel fundamental na remoção de cistos de protozoários, alguns dos quais são organismos resistentes à cloração. No cenário brasileiro, no qual muitos mananciais superficiais se encontram fortemente impactados por esgotos sanitários e dejetos de animais de criação (ambas fontes reconhecidas de *Giardia* e *Cryptosporidium*) e em que persistem limitações analítico-financeiras para o monitoramento rotineiro de protozoários em amostras de água, a filtração apresenta-se como medida preventiva de suma importância para reduzir riscos de transmissão de protozooses via abastecimento de água para consumo humano; nesse sentido, vem a exigência do parágrafo único do art. 24.

O art. 25 trata de situações operacionais na rede de distribuição de água que se apresentam como medidas preventivas ou corretivas de contaminação da água, como, por exemplo: eventos de reparos no sistema de distribuição que podem, incidentalmente, provocar contaminação; intermitência no abastecimento e pressões negativas, que podem promover infiltração de água contaminada na rede.

Por fim, em conformidade com o Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010, incluiu-se na norma a proibição da alimentação por soluções alternativas de instalação hidráulica predial ligada ao sistema de distribuição com o intuito de evitar que a água do sistema de distribuição seja misturada com água proveniente de soluções alternativas, eventualmente insegura.

Cumpre, entretanto, esclarecer que esta norma não veda a utilização de soluções alternativas em que haja rede pública de abastecimento (essa é uma matéria tratada na regulamentação da Política Nacional de Saneamento Básico) ou a mistura das águas no reservatório, desde que a instalação hidráulica predial (conforme definida no inciso X do art. 5º), ligada à rede de distribuição, não receba água de fonte alternativa de abastecimento.

1.5 Capítulo V – Do padrão de potabilidade

Como já referido neste documento, o padrão de potabilidade é apresentado nesta norma nas seguintes partes: (i) padrão microbiológico; (ii) padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde; (iii) padrão de radioatividade; e (iv) padrão organoléptico.

Art. 27 A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto nos Anexos 1 a 8 e demais disposições deste Anexo.

O padrão microbiológico, de que trata o art. 27, é fundamentado na metodologia de Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico (AQRM), de tal forma que os indicadores selecionados para o monitoramento da qualidade microbiológica da água, e seus respectivos VMP, pretendem assegurar a produção/fornecimento/consumo de água com riscos microbiológicos mantidos sob controle. Com tal abordagem, o padrão microbiológico é composto por: (i) padrão bacteriológico (Quadro 2); (ii) padrão de turbidez para a água pós-desinfecção (para águas subterrâneas) ou pós-filtração (Quadro 3); (iii) parâmetros de controle da desinfecção: tempos de contato e concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato (Anexos 3 a 8, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027).

Quadro 2 – Padrão bacteriológico da água para consumo humano (Anexo 1, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Formas de abastecimento	Parâmetro		VMP ⁽¹⁾	
SAI	<i>Escherichia coli</i> ⁽²⁾		Ausência em 100 mL	
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i> ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20 mil habitantes.	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo.
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20 mil habitantes.	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

Fonte: Brasil, 2017.

Notas:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de SAA e pontos de consumo e reservatório de SAC em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).

De início, cabe esclarecer que o termo “ponto de consumo” utilizado na tabela do Anexo 1 diz respeito ao ponto da SAC no qual a população tem acesso à água. Como exemplo, em uma solução composta por captação subterrânea, desinfecção, reservação e chafariz, o ponto de consumo é o chafariz.

Para facilitar a interpretação do padrão bacteriológico, é preciso visitar a fundamentação teórica do emprego de organismos indicadores da qualidade da água nas duas situações abordadas na tabela do Anexo 1: (i) avaliação da contaminação da água; (ii) avaliação da eficiência do tratamento da água (Bastos et al., 2009; Bastos et al., 2003; Von Sperling, 2014).

No que se refere à avaliação da contaminação microbiológica da água, o conceito básico é que a presença dos organismos indicadores atesta poluição fecal, humana ou animal, e, portanto, indica presença provável de organismos patogênicos. Portanto, os organismos utilizados como *indicadores de contaminação* devem ser de origem exclusivamente fecal (habitantes exclusivos do trato intestinal de seres humanos e/ou de animais), pois, caso contrário, poder-se-ia erroneamente condenar a água como contaminada.

As bactérias do grupo coliforme estão presentes no trato intestinal de humanos e de animais homeotérmicos (de sangue quente) e são eliminadas nas fezes em quantidades elevadas. Entretanto, o grupo inclui bactérias que não são exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas; além disso, muitas dessas bactérias apresentam capacidade de se reproduzir no ambiente (Brasil, 2005). Por conseguinte, os “coliformes totais” não devem ser utilizados como indicadores de contaminação, por exemplo, para avaliar a qualidade da água de soluções individuais, como poços ou nascentes. A *Escherichia coli* é a espécie de bactéria pertencente ao grupo coliformes mais nitidamente associada à contaminação fecal humana ou animal.

Dessa forma, como expresso na tabela do Anexo 1, água para consumo humano deve estar isenta de *Escherichia coli*: (i) em SAI (primeira linha da tabela do Anexo 1), por exemplo, poços, onde a presença de *E. coli* deve ser interpretada como sinal de contaminação da fonte de água; (ii) no sistema de distribuição, onde a presença de *E. coli* indicaria contaminação da água, decorrente de falha no tratamento, ou de recontaminação no próprio sistema de distribuição (reservatórios e rede).

Apesar de na primeira linha da tabela do Anexo 1 se fazer menção explícita apenas a soluções alternativas individuais de abastecimento, na realidade, água para consumo humano deve ser isenta de *Escherichia coli* em qualquer situação, como, por exemplo, em pontos de consumo em canteiros de obras, em bebedouros no interior de edificações, em reservatórios prediais. Claro está que *E. coli* não deve também estar presente na saída do tratamento, caso contrário seria indicativo de falha no tratamento da água e, portanto, da possível permanência na água tratada também de organismos patogênicos. O fato de na saída do tratamento (segunda linha da tabela do Anexo 1) a exigência se restringir à ausência de coliformes totais (não se fazendo menção à *E.coli*) se explica a seguir.

Na avaliação da qualidade da água na saída do tratamento (água pós-desinfecção), o emprego de organismos indicadores assume que a ausência do organismo indicador na água tratada sinalizaria a ausência de patógenos por inativação e/ou remoção durante o tratamento. Nesse caso, o que se pretende é um *indicador da eficiência do tratamento*. Para tanto, o indicador deve ser mais resistente aos processos de tratamento que os patógenos, e ambos devem apresentar mecanismos de remoção similares. Por “saída do tratamento” entende-se “após a unidade de desinfecção”, pois, de acordo com o art. 24 da norma em questão, toda água para consumo humano fornecida coletivamente deverá passar por processo de desinfecção. Os “coliformes totais” são mais resistentes que a *E.coli*, pois, como grupo de bactérias, incluem organismos de vida livre, portanto mais resistentes a estresse ambiental. Por isso, para atestar a qualidade bacteriológica da água tratada (desinfetada) basta a análise de coliformes totais, não sendo necessária

a análise de *E. coli*. Contudo, nada impede que se faça a análise de *E. coli* (inclusive muitos métodos laboratoriais fornecem resultados simultâneos para coliformes totais e *E. coli*), e, nesse caso, como já registrado, o resultado deve ser negativo.

No entanto, há de se notar que, em termos de resistência à desinfecção, em geral, os organismos se apresentam na seguinte ordem crescente: bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Por conseguinte, a ausência de coliformes totais na saída do tratamento, rigorosamente, assegura apenas a ausência de bactérias patogênicas (também ausência de *E. coli*), nada se podendo afirmar sobre a qualidade virológica ou parasitológica da água. Para isso, há de se recorrer a indicadores auxiliares, como a turbidez e os parâmetros de controle da desinfecção, sobre o que se discute adiante.

No sistema de distribuição, além do já discutido requisito de ausência de *E. coli* (como indicador de contaminação), a aferição da potabilidade da água é realizada com base na frequência de detecção de coliformes totais. Nesse caso, os coliformes totais são utilizados como *indicadores de integridade do sistema de distribuição*, apontando deterioração da qualidade da água (decorrente, por exemplo, de infiltrações ou desenvolvimento de biofilmes), mas não necessariamente contaminação fecal. Aceita-se, portanto, a detecção de resultados positivos de coliformes, porém em baixa frequência (5% das amostras examinadas no mês), acima do que já seria indício de vulnerabilidade do sistema de distribuição e de eventual comprometimento da segurança da água para consumo humano.

As exigências relativas ao percentual de aceitação previsto para coliformes totais no sistema de distribuição referem-se ao plano de amostragem previsto para os responsáveis por sistemas e soluções alternativas coletivas.

A particularidade colocada na tabela do Anexo 1, de apenas uma amostra positiva para coliformes totais entre as amostras examinadas no mês em sistemas ou soluções que abasteçam menos de 20 mil habitantes, tem explicação meramente aritmética: de acordo com o plano de amostragem para fins de análises microbiológicas (Anexo 14), em sistemas que abasteçam de 10 mil a 50 mil pessoas se deve realizar a análise de coliformes totais mensalmente em uma amostra para cada 1 mil pessoas mensalmente; no caso de 20 mil pessoas seriam vinte amostras, e, conforme o padrão de potabilidade (Anexo 1), apenas 5% dessas amostras poderiam apresentar resultados positivos, ou seja, uma amostra; no caso de menos de 20 mil pessoas, por exemplo, 19 mil pessoas, seriam exigidas 19 amostras no mês, e 5% corresponderia a 0,95 amostras positivas como tolerância, o que, naturalmente, leva ao arredondamento para uma amostra.

- § 1º** No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas pelo responsável pelo SAA ou SAC e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.
- § 2º** Nos sistemas de distribuição, as novas amostras devem incluir no mínimo uma recoleta no ponto onde foi constatado o resultado positivo para coliformes totais e duas amostras extras, sendo uma à [sic] montante e outra à [sic] jusante do local da recoleta.
- § 3º** As recoletas não devem ser consideradas no cálculo do percentual mensal de amostras com resultados positivos de coliformes totais.
- § 4º** O resultado negativo para coliformes totais das recoletas não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.
- § 5º** Não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º do art. 27.
- § 6º** Quando o padrão bacteriológico estabelecido no Anexo 1 for violado, o responsável pelo SAA ou SAC deve informar à autoridade de saúde pública as medidas corretivas adotadas.
- § 7º** Quando houver interpretação duvidosa nas reações típicas dos ensaios analíticos na determinação de coliformes totais e *Escherichia coli*, deve-se fazer a recoleta.

Os parágrafos 1º e 2º do art. 27 acrescentam medidas que devem ser tomadas quando da detecção de resultados positivos para coliformes totais no sistema de distribuição, mesmo que não seja superado o percentual mensal tolerado (5%): ações corretivas e recoletas, até que se revelem resultados satisfatórios, isto é, a ausência de coliformes naqueles pontos onde anteriormente tenham sido detectados.

Os parágrafos 3º e 4º assinalam, entretanto, o caráter complementar (extra) das recoletas, as quais, como tal, não podem ser utilizadas para efeito de verificação de cumprimento do padrão de potabilidade (percentual de amostras positivas), tampouco, conforme disposto no § 2º do art. 44, do plano de amostragem em si (número mínimo de amostras). Em outras palavras, um eventual indício de vulnerabilidade do sistema, expresso pela detecção de coliformes, pode e deve ser corrigido, mas, sob a ótica da avaliação e da gestão de risco, não pode ser omitido. Sob essa mesma ótica, não é admitida reincidência de resultado positivo para coliformes totais em recoletas (parágrafo 5º), o que deve ser considerado violação do padrão de potabilidade e impõe a adoção de medidas corretivas e a devida informação à autoridade de saúde (parágrafo 6º).

O art. 28 trata da turbidez da água filtrada, ou em casos de desinfecção de água subterrânea não submetida à filtração.

Como já discutido em relação ao parágrafo único do art. 24, a exigência de filtração de água de mananciais superficiais justifica-se pela preocupação com a transmissão de protozoários via abastecimento de água para consumo humano, particularmente

Giardia e *Cryptosporidium*; preocupação esta que decorre do caráter zoonótico desses organismos (de ampla circulação entre humanos e animais de criação, por exemplo, bovinos) e, portanto, de ocorrência frequente em mananciais de abastecimento, além da elevada resistência à cloração de suas formas encistadas, em especial os oocistos *Cryptosporidium*. Entretanto, como já registrado, a pesquisa rotineira de protozoários esbarra em limitações analítico-financeiras. Dessa forma, como detalhado a seguir, a turbidez da água filtrada assume papel de indicador da remoção de protozoários na filtração, isto é, da qualidade parasitológica da água, com as devidas particularidades (por exemplo, filtração em membranas).

No caso de desinfecção de água subterrânea não submetida à filtração, o padrão de turbidez objetiva garantir a efetividade da desinfecção da água, pois partículas em suspensão (responsáveis pela turbidez da água) podem proteger os microrganismos da ação dos desinfetantes.

Art. 28 Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo 2 e devem ser observadas as demais exigências contidas neste Anexo.

Quadro 3 – Padrão de turbidez para água pós-desinfecção (para águas subterrâneas) ou pós-filtração humano (Anexo 2, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Tratamento da água	VMP ⁽¹⁾	Número de amostras	Frequência
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras; 1,0 uT no restante das amostras mensais coletadas.	1	A cada duas horas
Filtração em membrana	0,1 uT ⁽²⁾ em 99% das amostras.	1	A cada duas horas
Filtração lenta	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras. 2,0 uT no restante das amostras mensais coletadas.	1	Diária
Pós-desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras. 5,0 uT no restante das amostras mensais coletadas.	1	Semanal

Fonte: Brasil, 2017.

Notas:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez.

Filtração rápida e filtração lenta

O estado da arte do conhecimento sobre o emprego da turbidez como indicador da remoção de protozoários na filtração permite as seguintes associações (Health Canada, 2012; USEPA, 1991; 2006a):

- filtração rápida em tratamento em ciclo completo²: (i) turbidez da água filtrada $\leq 0,5 \text{ uT}$ em 95% dos dados mensais – remoção de $2,5 \log^3$ de cistos de *Giardia*; (ii) turbidez da água filtrada $\leq 0,3 \text{ uT}$ em 95% dos dados mensais (máximo 1,0 uT) – remoção de 3 log de oocistos de *Cryptosporidium*; (iii) turbidez $\leq 0,15 \text{ uT}$ (95% dos dados mensais) – 0,5 log adicional de remoção de oocistos de *Cryptosporidium*;
- filtração direta⁴: (i) turbidez da água filtrada $\leq 0,5 \text{ uT}$ em 95% dos dados mensais – remoção de 2 log de cistos de *Giardia*; (ii) turbidez da água filtrada $\leq 0,3 \text{ uT}$ em 95% dos dados mensais (máximo 1,0 uT) – remoção de 2,5 log de oocistos de *Cryptosporidium*; (iii) turbidez $\leq 0,15 \text{ uT}$ (95% dos dados mensais) – 0,5 log adicional de remoção de oocistos de *Cryptosporidium*;
- filtração lenta: turbidez da água filtrada $\leq 1,0 \text{ uT}$ em 95% dos dados mensais – 3,0 log de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* e *Giardia*.

A diferença da estimativa de remoção de *Giardia* e *Cryptosporidium* entre o tratamento em ciclo completo e por filtração direta se deve ao fato de se creditar 0,5 log de remoção à decantação.

No caso da filtração rápida, o pressuposto é que cistos de protozoários e partículas que conferem turbidez à água são removidos pelos mesmos mecanismos (de retenção no leito filtrante) e que, portanto, a remoção de cistos está associada à turbidez da água filtrada.

Na filtração lenta, além da retenção no leito filtrante (a areia de filtros lentos é mais fina que a dos filtros rápidos), mecanismos biológicos atuam na remoção dos cistos de protozoários, particularmente predação por parte de outros organismos presentes na camada biológica que se forma na camada superficial dos filtros. Dessa maneira, a associação entre a remoção de partículas e de cistos, ainda que válida, não é tão nítida quanto na filtração rápida, por isso se admite um valor de turbidez da água filtrada um pouco mais elevado (1 uT).

²Técnica de tratamento também referida na literatura como “tratamento convencional”, incluindo as seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração, desinfecção.

³1 unidade logarítmica (log) de remoção = 90%; 2 log = 99%; 3 log = 99,9%; 4 log = 99,99%

rem(log)= - log (1 - percentual de remoção)

rem(log)= - log (1 - 0,90)= - log (0,10)= 1

⁴Técnica de tratamento que inclui as seguintes etapas: coagulação, floculação, filtração e desinfecção, ou seja, dispensa a decantação ou a flotação.

Do acima exposto sobre os valores de referência para turbidez da água tratada, depreende-se que o padrão de turbidez da água filtrada da norma tem foco no controle de *Giardia*, ao menos no que tange à filtração rápida. Isso se deve às evidências disponíveis na literatura nacional revelarem que mananciais de abastecimento de água apresentam maior ocorrência de *Giardia* do que de *Cryptosporidium*⁵ e ao reconhecimento de que o atendimento a limites de turbidez muito restritivos pode esbarrar em dificuldades práticas de ordem técnica e/ou financeira.

Filtração em membrana

A filtração em membranas é uma barreira efetiva de retenção de partículas maiores que o tamanho de seus poros: microfiltração, de 0,1 a 10 µm; ultrafiltração, de 0,1 a 0,01 µm; nanofiltração, de 0,01 a 0,035 µm. São, portanto, membranas com capacidade de reter não somente cistos de protozoários (*Giardia*, *Cryptosporidium*), como também bactérias ($\approx 1 \mu\text{m}$) e até mesmo vírus ($\approx 1 \text{ nm}$). Dessa forma, uma vez que a turbidez nos sistemas de membranas pode ser mantida, de forma consistente, abaixo de 0,1 uT, aumento acima desse valor deve ser compreendido como indicador de violação da integridade da membrana e de passagem de material particulado, inclusive de patógenos (Health Canada, 2012).

A título de exemplo, a seguir são citadas algumas normas que fazem menção à filtração em membranas:

- Canadá: 0,1 uT em no mínimo 99% das medições realizadas por período operacional ou por mês. Medições superiores a 0,1 uT por período superior a 15 minutos devem desencadear imediatamente testes da integridade da membrana (Health Canada, 2012).
- EUA: leituras de turbidez filtradas acima de 0,15 uT por período superior a 15 minutos (ou seja, duas leituras consecutivas de 15 minutos acima de 0,15 uT) deve desencadear imediatamente testes da integridade da membrana (USEPA, 2005a).
- Nova Zelândia: turbidez inferior a 0,10 uT na água de cada unidade de membrana (Ministry of Health, 2019c).

Pós-desinfecção

Em SAA e SAC com captação em mananciais subterrâneos, admite-se que a única etapa de tratamento seja a desinfecção. Entretanto, a turbidez pré-desinfecção deve ser mantida em valor que não comprometa a inativação de microrganismos (1 uT), do contrário torna-se necessária a implantação de uma etapa de tratamento físico, como, por exemplo, a filtração.

⁵Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (antiga Portaria MS nº 2.914/2011). Tema II – Padrão de potabilidade e planos de amostragem. Estimativa de riscos à saúde associados à transmissão de *Giardia* e *Cryptosporidium* via abastecimento de água para consumo humano.

Reconhecendo que, geralmente, a qualidade de águas subterrâneas é mais estável que a de águas superficiais e que a desinfecção pouco impacta a turbidez, optou-se por estabelecer o padrão de turbidez, bem como a exigência de monitoramento para a água tratada pós-desinfecção. Como se verá no Capítulo VI (planos de amostragem), tabelas dos Anexos 13 e 15, a amostragem para análise de turbidez deve ser realizada na saída do tratamento. Assim, se aqui fosse indicado o monitoramento da água pré-desinfecção (como seria, em princípio, de se esperar), muito provavelmente seriam obtidos resultados iguais ou muito próximos. Portanto, embora o monitoramento seja realizado na água já desinfetada, nesse caso o VMP para turbidez mantém o objetivo de garantir a eficiência do processo de desinfecção, reconhecendo que, em se mantendo a turbidez da água tratada abaixo de 1,0 uT, se garante o atendimento desse padrão para turbidez também na água pré-desinfecção.

- § 1º Entre os 5% (cinco por cento) dos valores permitidos de turbidez superiores ao VMP estabelecido no Anexo 2 para água subterrânea, pós-desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 uT.
- § 2º Em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) ou pontos de consumo deverá atender ao VMP de 5,0 uT para turbidez.
- § 3º O atendimento do percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso no Anexo 2, deve ser verificado mensalmente com base em amostras coletadas no efluente individual de cada unidade de filtração, no mínimo semanalmente para pós-desinfecção de água subterrânea, no mínimo diariamente para filtração lenta e a cada duas horas para filtração rápida ou filtração em membranas.
- § 4º Caso seja comprovado o impedimento da realização do monitoramento individual de cada unidade filtrante, poderá ser realizado o monitoramento na mistura do efluente dos diferentes filtros.

O parágrafo 2º do art. 28 estabelece que, independentemente do valor da turbidez da água pós-filtração/desinfecção, que determina a turbidez na saída do tratamento/entrada do sistema de distribuição, mesmo no caso de águas subterrâneas, em que se admite valor máximo de 5 uT, este mesmo valor tem de ser mantido no sistema de distribuição por força da exigência do padrão organoléptico de potabilidade (tabela do Anexo 11). Em outras palavras, na prática podem não ser viáveis valores de turbidez pós-desinfecção próximos de 5 uT.

De acordo com o parágrafo 3º, o monitoramento da turbidez da água filtrada dever ser realizado em cada filtro individualmente, uma vez que a medida no efluente reunido de mais de um filtro poderia “ocultar” (por diluição) a eventual ocorrência de trespasso de partículas que causam turbidez em um dos filtros e, consequentemente, de passagem de cistos de protozoários. Conforme o art. 13, o responsável pelo abastecimento de água deve assegurar pontos de amostragem na saída de cada filtro. A ressalva feita no parágrafo 4º vem do reconhecimento de que em algumas estações de tratamento de água em operação no País pode não ser possível, fisicamente, o monitoramento em cada unidade filtrante

A norma não define os procedimentos a serem adotados para comprovação da impossibilidade de aferição da turbidez da água filtrada individualmente. Dessa forma, a autoridade local de saúde possui a prerrogativa de defini-los. Como discutido no tópico sobre o art. 13, entre as possibilidades incluem-se a elaboração de parecer técnico pelo responsável pelo abastecimento de água e a realização de inspeção sanitária pelo setor saúde.

Como já mencionado, a norma assume, a princípio, um padrão de turbidez da água pós-filtração com referência no controle de cistos de *Giardia*. Não obstante, há também previsão de situações em que o foco passa a ser o controle de oocistos de *Cryptosporidium*, assunto tratado na art. 29.

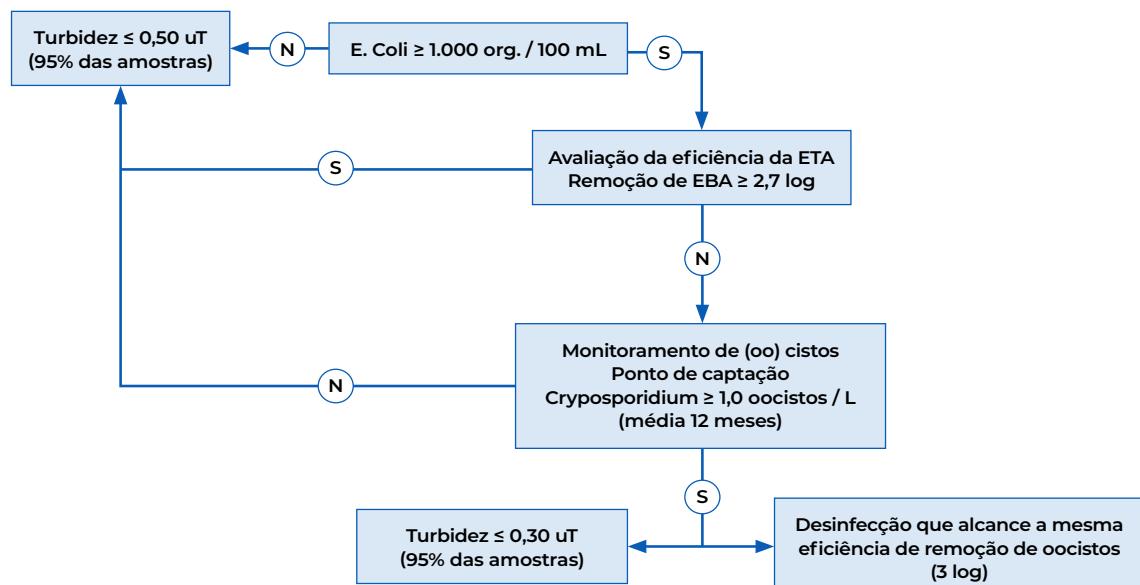
- Art. 28** Os sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizam mananciais superficiais devem realizar monitoramento mensal de *Escherichia coli* no(s) ponto(s) de captação de água.
- § 1º** Quando for identificada média geométrica móvel dos últimos 12 meses de monitoramento maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL, deve-se avaliar a eficiência de remoção da Estação de Tratamento de Água (ETA) por meio do monitoramento semanal de esporos de bactérias aeróbias.
- § 2º** A amostragem para o monitoramento semanal de esporos de bactérias aeróbias citada no § 1º deste artigo deve ser realizada na água bruta na entrada da ETA e na água filtrada, [sic] no efluente individual de cada unidade de filtração.
- § 3º** O monitoramento para avaliação da eficiência de remoção de esporos de bactérias aeróbias na ETA deve ser mantido semanalmente enquanto permanecerem as condições estabelecidas no § 1º deste artigo.
- § 4º** Quando a média aritmética da avaliação da eficiência de remoção da ETA, com base no mínimo em 4 amostragens no mês, for inferior a 2,5 log (99,7%), deve ser realizado monitoramento de cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium spp.* em cada ponto de captação de água com frequência mensal ao longo dos 12 (doze) meses seguintes.
- § 5º** Sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que realizam pré-oxidação devem proceder ao monitoramento de (oo)cistos de *Cryptosporidium* e *Giardia* quando identificada média geométrica móvel maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL.
- § 6º** Uma vez iniciado o monitoramento de (oo)cistos, pode ser interrompido o monitoramento de esporos de bactérias aeróbias.
- § 7º** Quando a média aritmética da concentração de oocistos de *Cryptosporidium spp.* for maior ou igual a 1,0 oocisto/L no(s) ponto(s) de captação de água, deve-se obter efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 uT em 95% (noventa e cinco por cento) das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção que comprovadamente alcance a mesma eficiência de remoção de oocistos.
- § 8º** Entre os 5% (cinco por cento) das amostras que podem apresentar valores de turbidez superiores a 0,3 uT, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser menor ou igual a 1,0 uT para filtração rápida.

- § 9º** Caso a concentração de oocistos seja inferior a 1 oocisto/L e a média geométrica móvel se mantenha superior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL, deve-se realizar o monitoramento de esporos de bactérias aeróbias pelo período de um ano.
- § 10º** A concentração média de oocistos de *Cryptosporidium spp.*, referida no § 7º deste artigo, deve ser calculada considerando um número mínimo de 12 (doze) amostras uniformemente coletadas ao longo dos 12 (doze) meses de monitoramento.
- § 11º** Havendo comprovação de que todos os filtros rápidos do sistema de tratamento produzam água com turbidez inferior a 0,3 uT, de maneira sistemática, dispensa-se a realização dos ensaios exigidos neste artigo.
- § 12º** Para SAA e SAC com tratamento por filtração em membrana, deve-se obter um efluente filtrado com turbidez menor ou igual a 0,1 uT em pelo menos 99% das medições realizadas no mês.

Essencialmente, o foco no controle de *Giardia* passa ao de *Cryptosporidium* quando a média aritmética da concentração de oocistos de *Cryptosporidium* no ponto de captação de água for maior ou igual a 1,0 oocisto/L (§ 7º do art. 29), e, nesse sentido, o padrão de turbidez da água filtrada passa de 0,5 uT a 0,3 uT (conforme apresentado na discussão sobre o art. 28). Naturalmente, isso pressupõe o monitoramento de *Cryptosporidium* na água bruta.

Contudo, reconhecendo as dificuldades da pesquisa rotineira de protozoários, a norma prevê uma série de medidas antes de desencadear o monitoramento de *Cryptosporidium*, summarizadas esquematicamente na Figura 1.

Figura 1 – Resumo da abordagem adotada para o monitoramento de *Escherichia coli*, esporos de bactérias aeróbias, *Cryptosporidium* e *Giardia*



Fonte: elaboração própria (2024).

A abordagem parte do entendimento de que o monitoramento deve ser priorizado em mananciais com sinais mais nítidos de impactos por esgotos sanitários e/ou dejetos de animais, tendo como referência para isso 1.000 *Escherichia coli*/100mL como qualidade microbiológica da água (§ 1º do art. 29).

No entanto, ainda antes do monitoramento propriamente dito de *Cryptosporidium*, a norma prevê o monitoramento de esporos de bactérias aeróbias (EBA) como indicador da remoção de oocistos de *Cryptosporidium* (§ 1º a 4º do art. 29). A remoção de EBA pode ser utilizada para verificação das metas de remoção de oocistos em estações de tratamento de água de ciclo completo por fornecer estimativas conservadoras e boa correlação com a remoção de oocistos de *Cryptosporidium* (USEPA, 2006a). Mais especificamente, admite-se que a remoção de 2,5 log de esporos de bactérias aeróbias seja indicativo da remoção de 3 log de oocistos de *Cryptosporidium*, o que, por pressuposto, seria alcançado com produção de água filtrada com 0,3 uT. Por isso, como ressaltado no § 11 do art. 29, quando a meta de turbidez da água filtrada de 0,3 uT já for alcançada, não se faz necessário o monitoramento de *Cryptosporidium* na água bruta.

Quando essas duas condições não forem atendidas (remoção de 2,5 log de esporos de bactérias aeróbias ou turbidez < 0,3 uT), o monitoramento de *Cryptosporidium* (e “automaticamente” de *Giardia*, pois a análise – microscópica – desses organismos é simultânea) passa a ser compulsório (§ 4º do art. 29). A ressalva feita no § 5º do art. 29, que também torna o monitoramento de *Cryptosporidium* obrigatório, diz respeito ao fato de que a pré-oxidação (que implica pré-desinfecção) interfere nos resultados de esporos de bactérias aeróbias, comprometendo, assim, a avaliação da remoção desses organismos e, por conseguinte de protozoários.

Quando o monitoramento de *Cryptosporidium spp.* resultar em média aritmética maior ou igual a 1,0 oocisto/L no(s) ponto(s) de captação de água, a produção de água filtrada com turbidez igual a 0,5 uT – indicativo da remoção de 2,5 log de cistos de *Giardia* – já não seria suficiente. Nesse caso faz-se necessário que se alcance 0,3 uT, o que está associado à remoção de 3 log de oocistos de *Cryptosporidium* e, por pressuposto, remoção mais elevada de cistos de *Giardia*, pois estes são maiores que os oocistos de *Cryptosporidium*.

Por fim, cabe esclarecer que por trás de todo esse procedimento está subentendido que quando da ocorrência de 1,0 oocisto /L na água bruta, a remoção de 3 log de oocistos no processo de clarificação da água (ciclo completo) resulta em estimativa de risco anual de infecção 10^{-3} pppa, situação esta que contempla as ETAs que abastecem a maior parte da população do Brasil⁵. É importante ainda ressaltar que o controle de oocistos de *Cryptosporidium* se baseia, essencialmente, na filtração, pois os oocistos são resistentes à cloração, de longe o processo de desinfecção mais utilizado no País.

Entretanto, a produção de água filtrada com 0,3 uT pode ser substituída por processo de desinfecção que comprovadamente alcance, em conjunto com a filtração, 3 log (de remoção + inativação) de oocistos de *Cryptosporidium* (§ 7º do art. 29).

Cabe ainda acrescentar que quando a contagem de *E. coli* for maior ou igual a 1.000/100 mL (nos termos do caput do art. 29), presumivelmente se pode optar diretamente pelo monitoramento de (oo)cistos, o que também dispensaria todo o procedimento de monitoramento descrito nos parágrafos 2º a 6º do art. 29 e resumido na Figura 1.

A norma brasileira adota a abordagem da dupla barreira de proteção à transmissão de organismos patogênicos via abastecimento de água: filtração + desinfecção. A primeira exigência relativa à desinfecção já foi apresentada e discutida: ausência de coliformes na água desinfetada (art. 27), inclusive com a devida ressalva de que isso não garante a inativação de vírus e protozoários, os quais são mais resistentes à desinfecção do que as bactérias. Por isso, torna-se necessário o recurso a indicadores complementares da eficiência da desinfecção, no caso, o produto Ct (mg.min / L), sendo C a concentração residual do desinfetante na saída do tanque de contato (ou tanque de desinfecção) (mg/L), e t o tempo de contato (tempo de exposição do organismo à ação do desinfetante ou, na prática, tempo de detenção hidráulica do tanque de contato), o que é abordado a seguir no art. 30.

Art. 30 Para sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais superficiais, no controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação, da aplicação de dióxido de cloro ou de isocianuratos clorados devem ser observados os tempos de contato e as concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato, em função, quando cabível, dos valores de pH e temperatura, expressos nos Anexos 3, 4 e 5.

- § 1º** Para aplicação dos Anexos 3, 4 e 5 deve-se considerar a temperatura média mensal da água.
- § 2º** No caso da desinfecção com o uso de ozônio, deve ser observado o produto concentração e o tempo de contato (CT) de 0,34 mg.min/L para temperatura média mensal da água igual a 15 °C.
- § 3º** Para valores de temperatura média da água diferentes de 15 °C, deve-se proceder aos seguintes cálculos para desinfecção com ozônio:
 - I – para valores de temperatura média abaixo de 15 °C: duplicar o valor de CT a cada decréscimo de 10 °C; e
 - II – para valores de temperatura média acima de 15 °C: dividir por dois o valor de CT a cada acréscimo de 10 °C.
- § 4º** No caso da desinfecção por radiação ultravioleta, deve ser observada a dose mínima de 2,1 mJ/cm² para 1,0 log (90%) de inativação de cistos de *Giardia spp.*

Valores de Ct são organismos específicos e desinfetante-específicos e estão associados à determinado valor de eficiência de inativação. Diferentes combinações de valores de C e t podem resultar em uma mesma eficiência de desinfecção (expressa em percentual ou unidades logarítmicas). A norma traz indicações de valores de C e t para o controle da desinfecção com quatro dos desinfetantes mais usuais em tratamento de água para consumo humano: cloro livre, dióxido de cloro, cloraminas, ozônio e radiação ultravioleta (USEPA, 2006a).

As exigências em termos de C e t expressas nas tabelas dos Anexos 3, 4 e 5 e demais parágrafos do art. 30 são voltadas para o controle de *Giardia* e correspondem a 1,0 log (90%) de eficiência de inativação de cistos desse protozoário. Isso representa grande margem de segurança em termos de inativação de vírus e de bactérias, que são bem mais sensíveis à ação dos agentes desinfetantes do que os protozoários.

Nas tabelas dos Anexos 3, 4 e 5 são encontrados valores de tempo de contato mínimo (minutos) a serem observados para a desinfecção em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais superficiais, de acordo com a concentração residual do agente desinfetante na saída do tanque de contato, com a temperatura e, no caso do cloro livre, também com o pH da água no tanque de contato (Anexo 3); nos casos do cloro combinado e do dióxido de cloro (Anexos 4 e 5), o pH da água (na faixa de 6 a 9) pouco interfere na eficiência da desinfecção.

O caput do art. 30 faz também menção à desinfecção com compostos isocianuratos clorados, principalmente dicloroisocianurato de sódio (opção de desinfetante introduzida nesta versão da norma). Entretanto, em contato com a água esses compostos são rapidamente hidrolisados, liberando cloro livre, que vem a ser efetivamente o responsável pela ação desinfetante. Assim, o controle da desinfecção com uso de compostos isocianuratos clorados deve ser realizado com base na medida de cloro livre, aplicando-se, portanto, as exigências expressas na tabela do Anexo 3.

Ainda sobre as tabelas dos Anexos 3, 4 e 5, cabe notar que são especificados valores de temperatura em intervalos de 5 °C e de pH em intervalos de 0,5. Valores intermediários aos constantes nas tabelas podem ser obtidos com a utilização das fórmulas com base nas quais foram construídas as tabelas: eficiência de inativação de cistos de *Giardia* com cloro livre (Equação 1), com dióxido de cloro (Equação 2) e com cloraminas (Equação 3) (USEPA, 1991), lembrando que se objetiva 1 log de inativação de cistos de *Giardia*.

$$\text{Equação 1} - \log \text{inativação cistos } Giardia \text{ (cloro livre)} = \frac{Ct}{0,2828 \times \text{pH}^{2,69} \times C^{0,15} \times 0,933^{T-5}}$$

$$\text{Equação 2} - \log \text{inativação cistos } Giardia \text{ (dióxido de cloro)} = \frac{[(Ct \times T^{0,49}) + 0,18]}{23,85}$$

$$\text{Equação 3} - \log \text{inativação cistos } Giardia \text{ (cloraminas)} = \frac{[Ct]}{858,5 - (24 \times T)}$$

sendo:

C = concentração de cloraminas, cloro livre ou dióxido de cloro na saída do tanque de contato (mg/L)

t = tempo de contato (min.)

T = temperatura (°C)

O ozônio é um desinfetante bem mais potente que o cloro e o dióxido de cloro, sendo que sua ação na inativação de cistos de *Giardia* se dá em tempo de contato muito curto, de forma praticamente “instantânea”. Desse modo, o que efetivamente conta no produto *Ct* é a variável *C*, neste caso a dose aplicada, pois o ozônio não deixa residual na água. Por isso, no caso da desinfecção com ozônio é especificado apenas um valor de *Ct* (§ 2º), com os devidos ajustes referentes aos efeitos da temperatura (§ 3º). De toda forma, os valores de *Ct* para 1 log de inativação de cistos de *Giardia* em dado valor de temperatura podem ser calculados com a Equação 4 (USEPA, 2010). O modelo para estimativa de inativação de cistos de *Giardia* com ozônio é expresso pela Equação 4 (USEPA, 1991).

$$\text{Equação 4} - \log \text{inativação cistos } Giardia \text{ (ozônio)} = (1,0380 \times 1,0741 t) \times CT$$

A ação de inativação praticamente instantânea se aplica ainda de forma mais evidente no caso da radiação ultravioleta. Por isso, assim como com o ozônio, o controle da desinfecção não é especificado com base no produto *Ct*, mas em valor único de dose (*C*) mínima para o alcance de 1,0 log de inativação de cistos de *Giardia* (§ 4º). Também de forma similar ao ozônio, a radiação ultravioleta não deixa residual na água.

Voltando à questão da dupla barreira de proteção, as especificações desta norma visam à remoção acumulada de cistos de *Giardia* de 3,5 log: 2,5 log de remoção propriamente dita por meio da filtração com turbidez da água filtrada $\leq 0,5 \text{ uT}$ e 1 log de inativação por meio da desinfecção. Tendo em conta dados disponíveis de ocorrência de cistos de *Giardia* em mananciais no Brasil, essa eficiência de tratamento (3,5 log) aproxima as estimativas de risco anual de infecção por *Giardia* do nível de risco assumido como tolerável pela OMS (em torno de 10^{-3} ppa) (WHO, 2022).

Art. 31 Os sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água supridas por manancial subterrâneo com ausência de contaminação por *Escherichia coli* devem adicionar agente desinfetante, conforme as disposições contidas no Art. 32.

- § 1º** Quando o manancial subterrâneo apresentar contaminação por *Escherichia coli*, no controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação, da aplicação de dióxido de cloro ou de isocianuratos clorados, devem ser observados os tempos de contato e as concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato, em função, quando cabível, dos valores de pH e temperatura, expressos nos Anexos 6, 7 e 8 deste Anexo.
- § 2º** No caso da desinfecção por radiação ultravioleta, deve ser observada a dose mínima de $1,5 \text{ mJ/cm}^2$.
- § 3º** No caso da desinfecção com o uso de ozônio, deve ser observado o produto, concentração e tempo de contato (CT) de $0,16 \text{ mg.min/L}$ para temperatura média da água igual a 15°C .

- § 4º** Para valores de temperatura média da água diferentes de 15 °C, deve-se proceder aos seguintes cálculos para desinfecção com ozônio:
- I – para valores de temperatura média abaixo de 15 °C: duplicar o valor de CT a cada decréscimo de 10 °C; e
 - II – para valores de temperatura média acima de 15 °C: dividir por dois o valor de CT a cada acréscimo de 10 °C.
- § 5º** A avaliação da contaminação por *Escherichia coli* no manancial subterrâneo deve ser feita mediante coleta mensal de uma amostra de água em ponto anterior ao local de desinfecção.
- § 6º** Na ausência de tanque de contato, a coleta de amostras de água para a verificação da presença/ausência de coliformes totais em SAA e SAC, supridos por manancial subterrâneo, deverá ser realizada em local a montante ao primeiro ponto de consumo.
- § 7º** Caso o SAA ou SAC seja suprido também por manancial superficial, deverá seguir as exigências para desinfecção deste tipo de manancial.

Mananciais subterrâneos são, comumente, mais bem protegidos de contaminação microbiológica. Dessa maneira, as exigências de C e t para SAA e SAC com captação em mananciais subterrâneos visam à inativação de 0,5 log de cistos de *Giardia* (art. 31, § 2º, 3º e 4º e tabelas dos Anexos 6, 7 e 8), no pressuposto da garantia do mesmo nível de proteção obtido com 1 log de inativação no tratamento de águas superficiais. Da mesma forma que o exposto para mananciais superficiais, valores de Ct para 0,5 log de inativação de cistos de *Giardia* podem ser calculados com as Equações 1 a 4.

Contudo, as exigências de desinfecção de mananciais subterrâneos aplicam-se apenas no caso de indício de contaminação fecal, expresso pela presença de *E. coli*. Caso contrário, não se aplicam exigências de desinfecção propriamente ditas, mas apenas de adição de agentes desinfetantes, de forma que sejam mantidos os residuais mínimos no sistema de distribuição (caput do art. 31), conforme as disposições do art. 32.

- Art. 32** É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo.
- Art. 33** No caso do uso de ozônio ou radiação ultravioleta como desinfetante, deverá ser adicionado cloro ou dióxido de cloro, de forma a manter residual mínimo no sistema de distribuição (reservatório e rede) e no ponto de consumo, de acordo com as disposições do Art. 32.
- Art. 34** A aplicação de compostos isocianuratos clorados deve seguir as diretrizes para utilização de cloro residual livre.

Art. 35 Para a utilização de outro agente desinfetante, além dos citados neste Anexo, deve-se consultar o Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS.

No art. 32 são especificados teores mínimos de cloro residual livre, cloro residual combinado e dióxido de cloro a serem mantidos no sistema de distribuição para efeito de prevenção de deterioração da qualidade da água (formação de biofilmes ou mesmo recontaminação). Nesse sentido, no caso de desinfecção com agentes que não deixem resíduais na água (ozônio ou radiação ultravioleta), é necessária a aplicação adicional de outros desinfetantes que apresentem essa propriedade: cloro ou dióxido de cloro (art. 33).

Tanto em SAA quanto em SAC é necessária a manutenção de residual mínimo. Embora SACs não apresentem rede de distribuição, pode contar com reservatórios onde é necessária a manutenção de residual de desinfetante, assim como nos pontos de consumo da SAC (ver comentários a respeito dos pontos de consumo na discussão sobre o art. 27).

Em relação ao art. 34, de acordo os apontamentos já feitos na discussão sobre o art. 30, quando do uso de compostos isocianuratos clorados como agente desinfetante, os resíduais mínimos a serem mantidos no sistema de distribuição referem-se aos teores de cloro livre.

A partir do art. 36, inicia-se a abordagem sobre o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde: substâncias inorgânicas, substâncias orgânicas, agrotóxicos (e metabólitos), subprodutos da desinfecção (Quadro 4) e cianotoxinas (Quadro 6).

Art. 36 A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas, expressos nos Anexos 9 e 10 e demais disposições deste Anexo.

Quadro 4 – Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde (Anexo 9, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS INORGÂNICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE

Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,006
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,003
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio total	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N) ⁽³⁾	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N) ⁽³⁾	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,04
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE

Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	5
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo[a]pireno	50-32-8	µg/L	0,4
Cloreto de vinila	75-01-4	µg/L	0,5
Di(2-etylhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20

Continua

Continuação

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE

Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
Dioxano	123-91-1	µg/L	48
Epicloridrina	106-89-8	µg/L	0,4
Etilbenzeno	100-41-4	µg/L	300
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9
Tetracloreto de carbono	56-23-5	µg/L	4
Tetracloroeteno	127-18-4	µg/L	40
Tolueno	108-88-3	µg/L	30
Tricloroeteno	79-01-6	µg/L	4
Xilenos	1330-20-7	µg/L	500

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE

Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
2,4 D	94-75-7	µg/L	30
Alacloro	15972-60-8	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	116-06-3 (Aldicarbe) 1646-88-4(Aldicarbesulfona) 1646-87-3 (Aldicarbe Sulfóxido)	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (Aldrin) 60-57-1 (Dieldrin)	µg/L	0,03
Ametrina	834-12-8	µg/L	60
Atrazina + S-Clorotriazinas (Deetyl-Atrazina – Dea, Deisopropil-Atrazina – Dia e Diaminoclorotriazina – Dact)	1912-24-9 (Atrazina) 6190-65-4 (Deetyl-Atrazina – Dea) 1007-28-9 (Deisopropil-Atrazina – Dia) 3397-62-4 (Diaminoclorotriazina – Dact)	µg/L	2,0
Carbendazim	10605-21-7	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Ciproconazol	94361-06-5	µg/L	30
Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorotalonil	1897-45-6	µg/L	45
Clorpirifós + Clorpirifós-Oxon	2921-88-2 (Clorpirifós) 5598-15-2 (Clorpirifós-oxon)	µg/L	30,0

Continua

Continuação

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE

Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
DDT+DDD+DDE	50-29-3 (<i>p,p'</i> -DDT) 72-54-8 (<i>p,p'</i> -DDD) 72-55-9 (<i>p,p'</i> -DDE)	µg/L	1
Difenoconazol	119446-68-3	µg/L	30
Dimetoato + Ometoato	60-51-5 (Dimetoato) 1113-02-6 (Ometoato)	µg/L	1,2
Diuron	330-54-1	µg/L	20
Epoxiconazol	135319-73-2	µg/L	60
Fipronil	120068-37-3	µg/L	1,2
Flutriafol	76674-21-0	µg/L	30
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (Glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Hidroxi-Atrazina	2163-68-0	µg/L	120,0
Lindano (gama HCH)	58-89-9	µg/L	2
Malationa	121-75-5	µg/L	60
Mancozebe + ETU	8018-01-7 (Mancozebe) 96-45-7 (Ampa)	µg/L	8
Metamidofós + Acefato	10265-92-6 (Metamidofós) 30560-19-1 (Acefato)	µg/L	7
Metolacloro	51218-45-2	µg/L	10
Metribuzim	21087-64-9	µg/L	25
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Paraquate	4685-14-7	µg/L	13
Picloram	1918-02-1	µg/L	60
Profenofós	41198-08-7	µg/L	0,3
Propargito	2312-35-8	µg/L	30
Protioconazol + ProticonazolDestio	178928-70-6 (Protioconazol) 120983-64-4 (Proticonazol Destio)	µg/L	3
Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2

Continua

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA AGROTÓXICOS E METABÓLITOS QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE

Parâmetro	CAS⁽¹⁾	Unidade	VMP⁽²⁾
Tiametoxam	153719-23-4	µg/L	36
Tiodicarbe	59669-26-0	µg/L	90
Tiram	137-26-8	µg/L	6
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20

TABELA DE PADRÃO DE POTABILIDADE PARA SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO QUE REPRESENTAM RISCO À SAÚDE⁽⁴⁾

Parâmetro	CAS⁽¹⁾	Unidade	VMP⁽²⁾
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
2,4-Diclorofenol	120-83-2	mg/L	0,2
Ácidos Haloacéticos total ⁽⁵⁾	-	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0,01
Cloraminas total	-	mg/L	4
Clorato	7775-09-9	mg/L	0,7
Clorito	7758-19-2	mg/L	0,7
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
N-Nitrosodimetilamina ⁽⁶⁾	62-75-9	mg/L	0,0001
Trihalometanos total ⁽⁷⁾	-	mg/L	0,1

Fonte: Brasil, 2017.

Notas:

(1) CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service.

(2) Valor máximo permitido.

(3) A soma das razões das concentrações de nitrito e nitrato e seus respectivos VMPs deve atender ao disposto no art. 39.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado e o oxidante utilizado para pré-oxidação.

(5) Ácidos haloacéticos: ácido monocloroacético – CAS = 79-11-8, ácido dicloroacético – CAS = 79-43-6, ácido tricloroacético – CAS = 76-03-9, ácido monobromoacético – CAS = 79-08-3, ácido dibromoacético – CAS = 631-64-1, ácido bromocloroacético – CAS = 5.589-96-8, ácido bromodicloroacético – CAS = 71.133-14-7, ácido dibromocloroacético – CAS = 5.278-95-5, ácido tribromoacético – CAS = 75-96-7.

(6) O monitoramento será obrigatório apenas onde se pratique a desinfecção por cloraminação.

(7) Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) – CAS = 67-66-3, Bromodiclorometano (BDCM) – CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) – CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) – CAS = 75-25-2.

O padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde tem como base conceitual e metodológica a Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ) (WHO, 2022) tanto no que tange à seleção de substâncias para integrar o padrão quanto na

definição dos respectivos valores máximos permitidos (VMP). Trata-se da abordagem consolidada no desenvolvimento das Diretrizes da OMS para qualidade da água para consumo humano e de normas de outros países tidas como importantes referências internacionais, tais como Estados Unidos (USEPA, 2018), Canadá (Health Canada, 2022), Austrália (NHMRC, NRMMC, 2019) e Nova Zelândia (Ministry of Health, 2019a).

Ainda que no mundo contemporâneo o uso de substâncias químicas seja cada vez mais intenso, salvo situações de existência de fontes sistemáticas de contaminação ou de acidentes, mananciais de abastecimento de água não tendem a apresentar substâncias químicas em grande variedade e/ou em elevadas concentrações. Assim, em relação aos agravos à saúde decorrentes da ingestão de substâncias químicas via consumo de água, são considerados os efeitos crônicos, isto é, aqueles que se manifestam como resultado de exposição prolongada (vários anos ou décadas) a doses baixas.

De toda forma, na formulação de normas de qualidade da água para consumo humano, é preciso priorizar substâncias químicas a serem monitoradas (Thompson et al., 2007), o que se faz com base no entendimento de que risco é resultado da combinação da toxicidade de determinado contaminante e da intensidade da exposição humana ao contaminante. Toxicidade é expressa pela capacidade de provocar efeitos adversos à saúde e pela severidade desses efeitos. A intensidade da exposição é decorrente da concentração do contaminante na água, do padrão de consumo de água e da contribuição relativa do consumo de água comparativamente a outras vias de exposição.

Na seleção de contaminantes a integrar o padrão de potabilidade de substâncias químicas foram consideradas informações de literatura sobre toxicidade⁶, incluindo a própria disponibilidade e a confiabilidade dessas informações.

No caso de contaminantes químicos não carcinogênicos, a toxicidade crônica é expressa pela variável Ingestão Diária Tolerável (IDT), ou seja, a dose abaixo da qual as pessoas poderiam, em tese, estar expostas diariamente, por toda a vida (em geral, assume-se 70 anos), sem que ocorra efeito adverso à saúde (WHO, 2022). Em relação aos contaminantes químicos carcinogênicos, devido à severidade do agravo à saúde, não se considera que exista limiar de dose abaixo da qual não se manifestem efeitos adversos, isto é, admite-se que qualquer dose, mesmo que com baixa probabilidade, pode provocar câncer. Nesse caso, a toxicidade crônica é expressa pela variável fator de câncer (fc). Como se verá no item 3 deste documento, essas variáveis (IDT e fc) constituem, inclusive, as bases de cálculo dos VMP dos contaminantes que compõem o padrão de potabilidade expresso nas tabelas dos Anexos 9 e 10.

No que diz respeito ao fator “intensidade da exposição”, foi considerado o potencial de ocorrência em mananciais de abastecimento e na água tratada em função de alguns aspectos, tais como: principais fontes de introdução do contaminante em cursos

⁶Essencialmente, foram consultadas informações disponibilizadas em: normas e critérios de potabilidade de referência internacional, por exemplo, OMS (WHO, 2022) e Austrália (NHMRC, NRMMC, 2022); em monografias de cada substância publicadas pela OMS, USEPA, Canadá, Nova Zelândia; em publicações de agências internacionais – European Food Safety Authority (EFSA) (<https://efsaj.onlinelibrary.wiley.com/>), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (<https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/lpe/lpe-b/en/>), ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxpathfiles/index.asp>), em bancos de dados de agências internacionais, tais com IRIS – Integrated Risk Information System, da USEPA (<http://www.epa.gov/IRIS/>) e USEPA (2005b).

d'água, intensidade de uso/comercialização no País (em especial de agrotóxicos) e características/dinâmica ambiental dos contaminantes que tornam mais ou menos provável sua persistência na água e remoção por meio do tratamento da água; foram ainda consideradas informações de literatura e dados do Sisagua sobre a ocorrência, de fato, de contaminantes químicos em mananciais de abastecimento e em água tratada/distribuída para consumo no Brasil.

§ 1º No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar o Anexo XXI da Portaria de Consolidação nº 5/2017, não podendo ultrapassar o VMP expresso no Anexo 9 deste Anexo.

Com relação ao disposto no § 1º do art. 36, cabe destacar que baixas concentrações de fluoreto são importantes para promover proteção contra cáries, principalmente em crianças, sendo que concentrações de aproximadamente 0,5 mg/L são requeridas para esse fim (WHO, 2022). Entretanto, excesso de flúor pode provocar fluorose dentária, cuja severidade depende da intensidade da exposição (WHO, 2022).

O VMP estabelecido na tabela do Anexo 9 (1,5 mg/L) refere-se à concentração máxima a ser observada na água em qualquer situação (por ocorrência natural e/ou por adição de flúor) e tem por objetivo a prevenção contra fluorose. Porém, no caso específico de fluoretação da água, para efeito simultâneo de prevenção de cárie dentária e de fluorose, em outro dispositivo regulatório do Ministério da Saúde são recomendados, respectivamente, valores mínimos e máximos de íon fluoreto na água (atualmente expressos no Anexo XXI da PRC nº 5/2017, mas que têm origem na Portaria MS/GM 635/1975). No Quadro 5, nota-se que os limites são estabelecidos em função da temperatura, o que, provavelmente, está relacionado à suposição de que em condições de clima mais quente o consumo de água tende a se elevar.

Quadro 5 – Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias (Anexo XXI da PRC nº 5/2017)

Médias das temperaturas máximas do ar (°C)	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,7

Fonte: Brasil, 2017.

Cabe esclarecer que não há contradição entre os limites estabelecidos na tabela do Anexo 9 (1,5 mg/L) e no Anexo XXI da PRC nº 5/2017 (Quadro 5). A título de recomendação, o § 1º do art. 36 apenas incorpora os limites, também recomendados, do Anexo XXI da PRC nº 5/2017, mas em qualquer situação o limite máximo legal é 1,5 mg/L. A propósito, cabe notar que em apenas uma situação (temperatura média do ar entre 10 e 12,1 °C) o valor recomendado no Anexo XXI da PRC nº 5/2017 ultrapassa o VMP estabelecido na tabela do Anexo 9, caso em que prevalece este último valor como VMP (1,5 mg/L).

§ 2º O VMP de cada cianotoxina referida no Anexo 10 é referente à concentração total, considerando as frações intracelular e extracelular.

Ainda nesse art. 36, o § 2º informa que os resultados das análises de cianotoxinas em amostras de água expressos na tabela do Anexo 10 se referem à concentração total, incluindo as frações intra e extracelulares, isto é, o somatório das concentrações de cianotoxinas no interior das células de cianobactérias e presentes no meio aquático, uma vez que, eventualmente, ambas podem estar disponíveis e contribuir para a quantidade total de cianotoxinas ingeridas pela população (Quadro 6).

Quadro 6 – Padrão de cianotoxinas da água para consumo humano (Anexo 10, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Parâmetro	Unidade	VMP
Cilindrospermopsinas	µg/L	1,0
Microcistinas	µg/L (equivalente de MCYST-LR)(3)	1,0
Saxitoxinas	µg/L (equivalente STX)	3,0

Fonte: Brasil, 2017.

Art. 37 Os níveis de triagem usados na avaliação da potabilidade da água, do ponto de vista radiológico, são os valores de concentração de atividade que não excedam 0,5 Bq/L para atividade alfa total e 1,0 Bq/L para beta total.

§ 1º Caso os níveis de triagem de beta total sejam superados, deverá ser subtraída a contribuição do emissor beta K-40 (isótopo de Potássio com massa atômica 40 u).

§ 2º Caso as concentrações de atividades de alfa ou de beta total, após a subtração do K-40, permaneçam acima dos níveis de triagem citados neste artigo, outra amostra deverá ser coletada e analisada para alfa e beta total.

§ 3º Se os novos valores obtidos continuarem acima dos níveis de triagem, consultar regulamento específico (POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/012:2020) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para saber como proceder nessa situação.

- § 4º** A CNEN poderá solicitar à [sic] análise específica de radionuclídeos naturais e/ou artificiais potencialmente presentes na água, assim como outras informações relevantes, conforme especificado em sua POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/012:2020.
- § 5º** A CNEN avaliará sobre [sic] a potabilidade do ponto de vista radiológico, [sic] com base na dose total estimada devido à ingestão de água contendo todos os radionuclídeos presentes.
- § 6º** Até que a CNEN avalie a potabilidade da água do ponto de vista radiológico, nenhuma medida de restrição ao abastecimento com base no aspecto radiológico deve ser adotada, considerando as elevadas incertezas que podem estar associadas às técnicas para determinação de alfa e beta total.
- § 7º** A amostra para avaliação radiológica deve ser coletada semestralmente na rede de distribuição de SAA ou no ponto de consumo de SAC.

A abordagem adotada para o padrão radiológico segue as recomendações da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). O padrão de potabilidade é definido em termos da atividade alfa total e beta total na água coletada no sistema de distribuição de SAA ou pontos de consumo de SAC sem a especificação de radionuclídeos. Caso os valores encontrados sejam superiores ao valor máximo permitido, deve-se proceder à identificação dos radionuclídeos e suas concentrações, conforme orientações da CNEN, sendo este procedimento similar ao recomendado nas Diretrizes da OMS (WHO, 2022).

Art. 38 A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no Anexo 11 e demais disposições deste Anexo.

O padrão organoléptico é composto por constituintes microbianos, químicos e físicos da água que podem afetar a aparência, o odor ou o gosto da água e, por conseguinte, sua aceitação para consumo. Assim, os VMP expressos na tabela do Anexo 11 estão associados a limiares de percepção sensorial de aparência, odor ou gosto da água. Cabe a ressalva de que esses valores-limite não são números precisos, pois a concentração em que os constituintes são objetáveis para os consumidores é variável e depende de fatores individuais e locais, incluindo a qualidade da água à qual a comunidade está acostumada, além de considerações de natureza social e cultural (Quadro 7).

Sobre gosto e odor, apesar de não haver indicação explícita sobre o procedimento para a determinação dessas características da água, o VMP (intensidade 6) expresso no padrão organoléptico (tabela do Anexo 11) deixa subentendido que o método a ser empregado seja a “análise sensorial” (método 2.170 do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*). Ainda, apesar de outra omissão, subentende-se também que a intensidade máxima de percepção se aplique a qualquer característica de gosto e odor, com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

De toda maneira, o padrão organoléptico é de cumprimento obrigatório, no entendimento de que a rejeição da água fornecida para consumo pode levar à busca de outras fontes, eventualmente inseguras do ponto de vista de risco à saúde.

Por fim, cabe esclarecer que algumas substâncias da água que provocam efeitos organolépticos na água podem também impor risco à saúde. Nesses casos, a substância em questão aparecerá no padrão organolético (Quadro 7) ou no padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde (tabela do Anexo 9), dependendo do que se apresente em valor mais baixo: a concentração correspondente ao limiar de percepção sensorial ou à de risco à saúde.

Quadro 7 – Padrão organoléptico de potabilidade (Anexo 11, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Parâmetro	CAS	Unidade	VM
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como N)	7664-41-7	mg/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor aparente	-	uH	15
1,2 Diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,001
1,4 Diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,0003
Dureza total	-	mg/L	300
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor	-	Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,02
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	-	mg/L	500
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,05
Turbidez	-	uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5

Fonte: Brasil, 2017.

§ 1º Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao [sic] VMPs estabelecidos no Anexo 11, desde que sejam observados os seguintes critérios:

- I – os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no Inciso VIII do art. 14 e nas normas da ABNT; e
- II – as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente.

Os VMP para ferro e manganês expressos na tabela do Anexo 11 referem-se a concentrações acima das quais se observam efeitos visíveis na cor da água. Entretanto, como essa manifestação é devida às formas oxidadas do ferro e do manganês, admite-se que esses metais possam estar presentes em concentrações acima dos respectivos VMPs, desde que sejam mantidos em solução por meio da adição de agentes complexantes (conforme o inciso I do § 1º do art. 36). Essa comprovação pode ser realizada por meio de relatório técnico e verificada durante inspeção sanitária.

Nesses casos, conforme o inciso II do § 1º do art. 36, os VMPs para ferro e manganês passam a ser, respectivamente, 2,4 e 0,4 mg/L, que correspondem a limites acima dos quais já se impõem riscos à saúde.

Art. 39 A soma das razões das concentrações de nitrito e nitrato e seus respectivos VMPs, estabelecidos no Anexo 9, não deve exceder 1.

§ 1º O critério definido no caput deste artigo é expresso pela seguinte inequação: $(\text{Concentração nitrato}/\text{VMP nitrato}) + (\text{Concentração nitrito}/\text{VMP nitrito}) \leq 1$.

§ 2º O critério definido no caput deste artigo não exime o cumprimento dos VMPs estabelecidos individualmente para nitrito e nitrato.

O art. 39 trata de uma especificidade na verificação do atendimento do padrão de potabilidade em relação ao nitrato e ao nitrito. Devido à ocorrência simultânea de nitrito e nitrato na água e à possibilidade de conversão entre as duas formas no organismo humano, além do cumprimento dos VMPs estabelecidos individualmente para nitrato e nitrito, a concentração de nitrato dividida pelo respectivo VMP somada à concentração de nitrito dividida pelo respectivo VMP não deve exceder 1 (Equação 5).

$$\left(\frac{\text{Concentração nitrato}}{\text{VMP nitrato}} \right) + \left(\frac{\text{Concentração nitrito}}{\text{VMP nitrito}} \right) \leq 1 \quad (\text{Equação 5})$$

Art. 40 O cumprimento do padrão de potabilidade de subprodutos da desinfecção deve ser verificado com base na média móvel dos resultados das amostras analisadas nos últimos doze meses, de acordo com o plano de amostragem definido neste Anexo.

Parágrafo único. A média móvel de que trata o caput deste artigo deve ser computada individualmente para cada ponto de amostragem.

A ocorrência de subprodutos da desinfecção na rede de distribuição é altamente variável, pois é dependente de vários fatores, entre os quais: a qualidade da água bruta (com destaque para a presença de precursores da formação dos subprodutos, principalmente matéria orgânica), a dose do desinfetante e a temperatura. Além, disso, como os demais contaminantes químicos que compõem o padrão de potabilidade, o VMP refere-se a efeitos crônicos à saúde (exposição e longo prazo). Por isso, de acordo com o art. 40, o cumprimento do padrão de potabilidade de subprodutos da desinfecção não deve ser

verificado com base em resultados isolados, mas sim na média móvel dos resultados das amostras analisadas nos últimos 12 meses, o que permite identificar a recorrência ou a persistência do problema.

O conteúdo do parágrafo único do art. 40 justifica-se pelo fato de que os subprodutos da desinfecção continuam sendo formados no sistema de distribuição, assim sua ocorrência pode se concentrar em determinados trechos; se assim for, a média móvel computada para todos os pontos de amostragem em conjunto poderia mascarar um problema.

Art. 41 Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expresso nos Anexos 9 a 11, a comparação dos resultados analíticos com o VMP de parâmetros expressos pelo somatório de analitos individuais deve obedecer aos seguintes requisitos:

- I – caso pelo menos um analito seja quantificado, considerar, para a soma dos componentes com resultados menores que o LD ou o LQ, os valores de LD/2 e LQ/2, respectivamente;
- II – caso nenhum analito apresente resultado quantificado e pelo menos um analito seja menor que o LQ, considerar o maior valor de LQ; e
- III – caso os resultados de todos os analitos sejam menores que o LD, considerar o maior valor de LD.

Parágrafo único. O somatório dos LQs de todos os analitos individuais deve ser no máximo igual ao VMP estabelecido para o somatório.

Alguns VMPs são estabelecidos como o somatório de dois ou mais compostos (analitos), particularmente no caso de vários agrotóxicos (atrazina, aldicarbe, dimetoato, mancozebe metamidofós, acefato e protioconazol) e respectivos metabólitos; isso se justifica pelo fato de o composto original ser por vezes rapidamente degradado em seu(s) metabólito(s), os quais podem, inclusive, apresentar toxicidade mais elevada. Em suma, o que se pretende é maior segurança em termos de proteção à saúde.

Contudo, tendo em vista que procedimentos analíticos distintos são requeridos para determinação das substâncias cujas concentrações são somadas, tornou-se necessária a definição de uma metodologia para tratamento dos dados quando pelo menos um composto não for quantificado, bem como para sua comparação com o padrão de potabilidade. Nesse sentido, os cenários identificados nos incisos I a III do art. 41 podem ser detalhados como a seguir:

- (i) Um composto com resultado quantificado e outro com resultado menor que o limite de quantificação.

O resultado será expresso pela soma do resultado quantificado e a metade do limite de quantificação da análise do parâmetro não quantificado:

$$\text{resultado quantificado (composto 1)} + \frac{\text{limite de quantificação do composto 2}}{2}$$

No caso de parâmetros com mais de dois analitos, serão somados os resultados quantificados e atribuído o valor equivalente à metade do limite de quantificação para cada um dos analitos não quantificados (resultado < LQ).

- (ii) Um composto com resultado quantificado e outro com resultado menor que o limite de detecção.

O resultado será expresso pela soma do resultado quantificado e a metade do limite de detecção da análise do parâmetro não detectado:

$$\text{resultado quantificado (composto 1)} + \frac{\text{limite de detecção do composto 2}}{2}$$

No caso de parâmetros com mais de dois analitos, serão somados os resultados quantificados e atribuído o valor equivalente à metade do limite de detecção para cada um dos analitos não detectados (resultado < LD).

- (iii) Dois compostos com resultado “menor que o limite de quantificação”.

O resultado será expresso pelo maior valor do limite de quantificação entre os compostos analisados.

No caso de parâmetros com mais de dois analitos, será informado o valor equivalente ao maior limite de quantificação.

- (iv) Um composto com resultado “menor que o limite de quantificação” e outro com resultado “menor que o limite de detecção”.

O resultado será expresso pelo valor do limite de quantificação ou pelo maior valor de limite de quantificação caso seja somatório de mais de dois compostos.

- (v) Dois compostos com resultado “menor que o limite de detecção”.

O resultado será expresso pelo maior valor do limite de detecção entre os compostos analisados.

Conforme especificado no parágrafo único do art. 41, com vistas a garantir que o procedimento analítico permita a avaliação do atendimento ao padrão de potabilidade no caso de VMPs definidos como somatório de mais de uma substância, impõe-se que a soma dos limites de quantificação de todos os analitos individuais deve ser no máximo igual ao VMP.

1.6 Capítulo VI – Dos planos de amostragem de controle da qualidade da água para consumo humano

Art. 42 Os responsáveis por SAA e SAC devem analisar pelo menos uma amostra semestral da água bruta em cada ponto de captação com vistas a uma gestão preventiva de risco.

- § 1º** Nos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano supridos por manancial superficial devem realizar análise dos parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, exigidos neste Anexo.
- § 2º** Sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano supridos por manancial subterrâneo devem realizar análise dos parâmetros Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos, exigidos neste Anexo.

O art. 42 impõe que os responsáveis por sistemas e soluções de abastecimento procedam ao monitoramento da qualidade da água nos respectivos mananciais, mais especificamente nos pontos de captação, exigência prevista desde a Portaria nº 1.469/2000.

Cumpre esclarecer que o propósito do monitoramento da água bruta não é de comparação com o padrão de potabilidade, nem mesmo com limites estabelecidos em instrumentos de regulamentação ambiental, como, por exemplo, a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente que dispõe sobre a classificação dos corpos de água (Conama, 2005). Como antecipado no inciso X do art. 14, o objetivo é a gestão preventiva de risco na bacia hidrográfica com vistas à identificação de alterações/tendências que possam comprometer a capacidade de tratamento da água e impor riscos à saúde. Essa intenção não ignora o fato de que a gestão de recursos hídricos vai muito além da governabilidade dos serviços de abastecimento de água, o que requer ações intersetoriais. Por outro lado, o conhecimento da qualidade da água do manancial propicia aos responsáveis pelo abastecimento melhor visão do problema e serve de orientação à identificação das ações cabíveis, intersetoriais, na linha das disposições dos incisos XIV, XV e XVI do art. 14.

Nesse sentido, além das substâncias inorgânicas e orgânicas e dos agrotóxicos que compõem o padrão de potabilidade, devem ser monitorados na água bruta outros parâmetros tidos como indicadores mais gerais (e ao mesmo tempo muito informativos) da qualidade da água do manancial, sinalizando, por exemplo, impactos por aporte de matéria orgânica (DBO e DQO) e potencial de eutrofização do corpo d'água (fósforo e nitrogênio) (parágrafos 1º e 2º do art. 42).

O art. 43 trata do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas. A análise de cianotoxinas é um procedimento de alta complexidade e de custo elevado. Além disso, a ocorrência, qualitativa e quantitativa, de cianotoxinas pode apresentar elevada variabilidade, uma vez que é decorrente da lise das células de cianobactérias, cuja presença, por sua vez, é altamente dependente das condições do meio aquático (temperatura e disponibilidade de nutrientes, por exemplo). Dessa maneira, no art. 43 e em seus parágrafos e incisos são delineados procedimentos gradativos de monitoramento de indicadores do potencial de ocorrência de cianobactérias, de cianobactérias em si e, por fim, de cianotoxinas. No Quadro 8 é apresentada a frequência de monitoramento de cianobactérias em função da concentração.

Art. 39 Para minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano com cianotoxinas, os responsáveis por SAA ou SAC com captação em mananciais superficiais devem realizar monitoramento para identificação e contagem de células de cianobactérias, de acordo com a Tabela do Anexo 12, considerando, para efeito de alteração da frequência de monitoramento, o resultado da última amostragem.

- § 1º** Em complementação ao monitoramento do Anexo 12, deve ser realizada análise de clorofila-a no manancial, com frequência mensal, como indicador de potencial aumento da contagem de cianobactérias, de modo que:
- I – quando os resultados da análise prevista no § 1º deste artigo revelarem que a concentração de clorofila-a é igual ou superior a 10 µg/L, deve-se proceder a nova coleta de amostra para análise do fitoplâncton;
 - II – se a contagem de células de cianobactérias representar 10% ou mais do fitoplâncton, deve ser realizado monitoramento semanal de cianobactérias no manancial no ponto de captação; e
 - III – o monitoramento de clorofila-a descrito no § 1º deste Artigo pode ser substituído pelo monitoramento mensal de cianobactérias no ponto de captação, atendendo o limite de contagem de células de cianobactérias menor ou igual a 10.000 células/mL.
- § 2º** Quando a contagem de células de cianobactérias exceder 20.000 células/mL, deve-se realizar análise das cianotoxinas microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas no ponto de captação com frequência no mínimo semanal, de modo que as análises de cianotoxinas no ponto de captação devem permanecer enquanto se mantiver contagem de células de cianobactérias superior a 20.000 células/mL.
- § 3º** Alternativamente ao monitoramento de cianobactérias pode ser realizado o monitoramento semanal de cianotoxinas na água bruta (entrada da ETA), de modo que, quando o monitoramento de cianotoxinas for realizado semanalmente na água bruta, fica dispensada a realização do monitoramento de cianobactérias e clorofila-a no ponto de captação.
- § 4º** Quando a análise de cianotoxinas realizada na água bruta (entrada da ETA) ou em pelo menos um ponto de captação for superior ao VMP expresso no Anexo 10, será obrigatória a realização da análise de cianotoxinas na saída do tratamento com frequência semanal.

- § 5º** Quando a análise de cianotoxinas na água bruta (entrada da ETA) ou em todos os pontos de captação for inferior ao VMP expresso no Anexo 10, será dispensada a realização desta análise na saída do tratamento.
- § 6º** O monitoramento de cianobactérias, quando exigido, deve ser realizado em cada ponto de captação e deve identificar os gêneros presentes.
- § 7º** Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, é vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento ou qualquer intervenção que provoque a lise das células.
- § 8º** As autoridades ambientais e de recursos hídricos definirão a regulamentação das excepcionalidades sobre o uso de algicidas nos cursos d'água superficiais.
- § 9º** Quando detectada a presença de cianotoxinas na água tratada, na saída do tratamento, será obrigatória a comunicação imediata a [sic] autoridade de saúde pública, às clínicas de hemodiálise e às indústrias de injetáveis.

Quadro 8 – Frequência de monitoramento de cianobactérias no manancial de abastecimento de água (Anexo 12, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Quando a densidade de cianobactérias (células/mL) for:	Frequência
≤ 10.000	Trimestral
> 10.000	Semanal

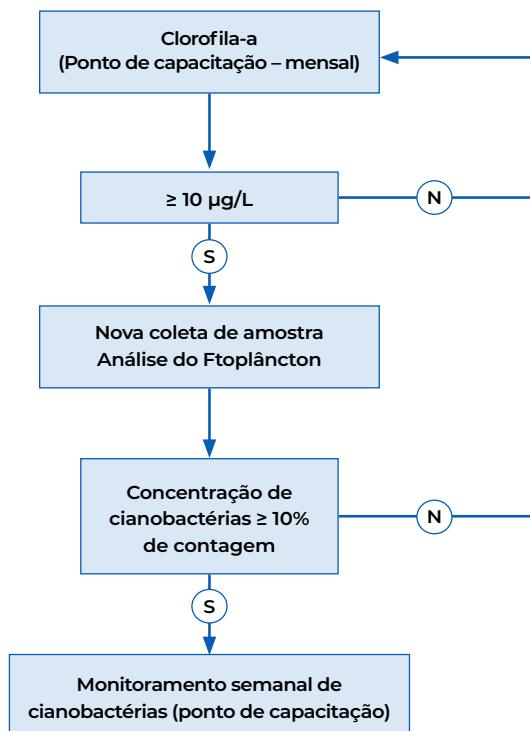
Fonte: Brasil, 2017.

No caput do art. 43 preconiza-se o monitoramento de cianobactérias no ponto de captação com o intuito de se antecipar à ocorrência de cianotoxinas na água. Isso porque a contagem e a identificação de células de cianobactérias fornecem importantes indícios da ocorrência de cianotoxinas tanto em relação à concentração quanto às variantes de cianotoxinas que podem estar presentes. De acordo com a tabela do Anexo 12, inicialmente se prevê o monitoramento de cianobactérias em frequência trimestral, podendo ser alterada para semanal se a contagem no ponto de captação for superior a 10.000 células/mL. O monitoramento de cianotoxinas é exigido apenas quando a contagem de cianobactérias exceder 20.000 células/mL (§ 2º do art. 43).

Nesse intervalo de tempo (três meses) deve ser realizado o monitoramento mensal de clorofila-a (§ 1º do art. 43), sendo esse parâmetro entendido como indicador de eutrofização e, portanto, do potencial de floração de microalgas e de cianobactérias, que, em conjunto, compõem o fitoplâncton. Quando da ocorrência de sinais mais nítidos de floração (clorofila-a > 10 µg/L), deve-se proceder à contagem de fitoplâncton, e a presença mais substancial de cianobactérias na comunidade fitoplanctônica (10% da contagem total de fitoplâncton) impõe a necessidade de monitoramento mais rigoroso de cianobactérias – semanal (incisos I e II do § 1º do art. 43). Obviamente, o monitoramento de clorofila-a pode ser substituído pelo monitoramento mensal de cianobactérias (inciso III do § 1º).

A sequência de passos do monitoramento descrito no art. 43 é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Abordagem adotada para o monitoramento de cianobactérias, clorofila-a e fitoplâncton



Fonte: elaboração própria (2024).

Por pressuposto, não há objeção quanto à realização diretamente de análise semanal de cianobactérias quando o resultado de clorofila-a for igual ou superior a 10 µg/L, isto é, pulando a etapa de análise do fitoplâncton. De forma análoga, se for possível o monitoramento semanal de cianotoxinas na água bruta, ficariam dispensados todos os passos intermediários de monitoramento de clorofila-a, fitoplâncton e cianobactérias (§ 3º do art. 43).

Art. 39 Os responsáveis por SAA e SAC devem elaborar anualmente e submeter para análise da autoridade municipal de saúde pública o plano de amostragem de cada sistema e solução, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos neste Anexo.

- § 1º** A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:
- I – distribuição uniforme das coletas ao longo do período de um ano; e
 - II – representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como:

- a)** aqueles próximos a grande circulação de pessoas: terminais rodoviários, terminais ferroviários, entre outros;
 - b)** edifícios que alberguem grupos populacionais de risco, tais como hospitais, creches, asilos e presídios;
 - c)** aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição, como pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, entre outros; e
 - d)** locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas os agentes de veiculação hídrica.
- § 2º** No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição e no ponto de consumo, previsto no Anexo 14 e no Anexo 15, não se incluem as amostras extras (recoletas).
- § 3º** Em todas as amostras coletadas para análises bacteriológicas, deve ser efetuada medição de cor aparente, turbidez e residual de desinfetante.
- § 4º** As coletas de amostras para análise dos parâmetros de agrotóxicos deverão considerar a avaliação dos seus usos na bacia hidrográfica do manancial de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas.
- § 5º** Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expresso nos Anexos 9 a 11, a detecção de eventuais ocorrências de resultados acima do VMP deve ser analisada em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água.
- § 6º** O plano de amostragem deve abranger aglomerados subnormais e grupos sociais vulneráveis abastecidos.

Em atendimento ao art. 44, os responsáveis por sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água devem submeter à apreciação da autoridade municipal de saúde os respectivos planos de amostragem a serem executados como parte das atividades de controle da qualidade da água. Nos parágrafos, incisos e alíneas do art. 44 são elencados critérios a serem observados na amostragem, contemplando, essencialmente, critérios de representatividade temporal e espacial (incisos I e II do § 1º; e § 4º) e de pontos de atenção especial (alíneas do inciso II e § 6º).

Conforme o § 5º do art. 44, com vistas à avaliação de risco à saúde, a avaliação do cumprimento do padrão de potabilidade para substâncias químicas deve se basear no histórico de dados. Resultados pontuais não devem ser interpretados como cenário que possa, por exemplo, motivar a interrupção do fornecimento de água. Entretanto, qualquer violação do padrão de potabilidade deve ser interpretada como evento perigoso e desencadear investigação a fim de identificar possíveis causas, bem como a adoção de medidas corretivas.

Obviamente, como destacado no caput do art. 44, os planos de amostragem devem respeitar os critérios de número mínimo de amostras e de frequência de amostragem estabelecidos em função das características das formas de abastecimento (sistemas de abastecimento – tabelas dos Anexos 13 e 14; soluções alternativas coletivas – tabela do Anexo 15) e das características do manancial de abastecimento (superficial ou subterrâneo).

Nas tabelas dos Anexos 13, 14 e 15 é possível identificar um certo “agrupamento” dos parâmetros a serem analisados, com implicações sobre o número e/ou frequência de amostragem na saída do tratamento e no sistema de distribuição.

(i) Parâmetros que, de maneira geral, informam sobre o desempenho do tratamento da água nas amostras na saída do tratamento ou sobre a manutenção/deterioração da qualidade da água no sistema de distribuição/ponto de consumo: turbidez, cor aparente, pH, gosto e odor, residual desinfetante.

(ii) Parâmetros que, direta ou indiretamente, informam sobre a qualidade microbiológica da água: coliformes totais, *E. coli* e residual desinfetante.

A esse conjunto de “parâmetros básicos”, de determinação analítica mais simples, mas altamente informativos, em geral são associadas exigências mais rigorosas em termos de frequência de amostragem tanto na saída do tratamento quanto no sistema de distribuição, particularmente para mananciais superficiais. No caso de SAA e SAC supridos por mananciais subterrâneos, tendo como pressuposto que a qualidade da água é mais estável, a exigência de monitoramento é menor.

Exceção a essa regra seria a análise de gosto e odor com frequência mais espaçada de determinação na saída do tratamento (trimestral/semestral) e dispensa da análise no sistema de distribuição. Isso porque o procedimento metodológico de determinação de gosto e odor (análise sensorial – ver comentário no art. 38) é cercado de especificidades e requer a mobilização de recursos humanos em equipe fixa especializada (paineel sensorial), o que dificulta a realização de grande número de amostras em curto espaço de tempo.

A norma inclui exigência de monitoramento de pH, ainda que não defina VMP (ou seja, o pH não faz parte do padrão de potabilidade) ou mesmo valor ou faixa de valores de referência a título de recomendação, como constava no Anexo XX da Portaria de Consolidação MS/GM nº 5/2017 (origem na Portaria MS/GM nº 2.914/2011). Vale mencionar que na saída do tratamento e no sistema de distribuição o pH é usualmente monitorado a fim de controlar potenciais efeitos de corrosão ou incrustação.

Cabe observar que para efeito de cômputo dos valores de C_t e respectivas eficiências de desinfecção (tabelas dos Anexos 3, 4 e 5 da portaria e Equação 1 deste documento), rigorosamente o controle do pH deve ser realizado no tanque de contato. No entanto, quando não for realizada correção de pH entre a saída do tratamento e a entrada do sistema de distribuição, podem ser utilizados os dados do monitoramento na saída do tratamento previsto nas tabelas dos Anexos 13 e 15. Caso contrário, há de fato de se proceder ao monitoramento no tanque de contato.

(iii) Parâmetros relativos a substâncias utilizadas no tratamento da água ou a materiais com os quais a água tenha contato em todo o processo de produção e distribuição para consumo: fluoreto, produtos secundários da desinfecção, acrilamida, epicloridrina, cloreto de vinila.

Nesses casos, à exceção do fluoreto, é prevista amostragem menos frequente (variando de mensal a anual) por conta da complexidade das análises. No caso do fluoreto, a amostragem na saída do tratamento é mais exigente (a cada duas horas na saída do tratamento em SAA com captação superficial e semanalmente no caso de captação subterrânea) em virtude da fluoretação da água, com introdução contínua de flúor na água, e da necessidade de serem observados valores mínimos e máximos de fluoreto na água tratada (ver comentário no § 1º do art. 36); ademais, a análise de fluoreto não apresenta elevada complexidade. Porém, conforme a nota 2 da tabela do Anexo 13, a frequência de monitoramento a cada duas horas se aplica somente a sistemas que realizam fluoretação ou desfluoretação da água como medida de controle desses processos. Nos demais sistemas se deve realizar o monitoramento de fluoreto com frequência semestral com fins de garantir o atendimento ao padrão de potabilidade e a proteção da saúde das populações abastecidas.

Em relação aos produtos secundários da desinfecção, pelo fato de sua formação ter continuidade no sistema de distribuição, as análises aí se concentram, sendo dispensadas na saída do tratamento. Naturalmente, como indicado na nota de número 2 da tabela do Anexo 13, os subprodutos a serem analisados dependem do desinfetante utilizado.

Por sua vez, o monitoramento de acrilamida e epicloridrina é previsto em frequência mais estreita (mensal) que o dos “demais parâmetros” (trimestral a semestral), ou mesmo que dos produtos secundários da desinfecção (bimestral, semestral e anual), pois essas substâncias fazem parte de polímeros utilizados no tratamento da água.

(iv) Cianotoxinas.

O monitoramento de cianotoxinas na saída do tratamento de SAA deve seguir o disposto no artigo 43, de forma integrada ao de cianobactérias, valendo aqui reforçar os seguintes aspectos:

- como disposto na própria tabela do Anexo 13, o monitoramento de cianotoxinas na saída do tratamento somente é desencadeado quando a contagem de células de cianobactérias na água bruta no ponto de captação exceder 20.000 células/mL;
- ou, alternativamente, quando o monitoramento semanal de cianotoxinas na água bruta (entrada da ETA) indicar resultado superior ao VMP expresso na tabela do Anexo 10;
- porém, quando a análise de cianotoxinas na água bruta (entrada da ETA) for inferior ao VMP expresso no Anexo 10, será dispensada a análise na saída do tratamento.

No sistema de distribuição, a análise de cianotoxinas é dispensada, no entendimento de que a detecção na saída do tratamento é alerta de risco suficiente para desencadear as medidas de controle necessárias e de comunicação de risco previstas no § 9º do art. 43.

(v) Demais parâmetros.

O termo “demais parâmetros” é utilizado em referência aos parâmetros não explicitados nas tabelas dos Anexos 13 e 15, que são específicas para água tratada; ou seja, aqueles que compõem o padrão de potabilidade (tabelas dos Anexos 9 e 11).

A análise dos “demais parâmetros” no sistema de distribuição, bem como a de acrilamida e epicloridrina, é dispensada caso o resultado na saída do tratamento seja inferior ao limite de detecção. Em caso de resultado quantificado ou inferior ao limite de quantificação (mas superior ao limite de detecção), reconhece-se a presença da substância e, portanto, a necessidade de aferição de sua concentração no sistema de distribuição, tendo em vista a costumeira variabilidade dos dados. No caso dos “demais parâmetros”, quando a análise semestral na saída do tratamento indicar a presença de determinada substância, sua análise na saída do tratamento e no sistema de distribuição passa a ser exigida em frequência trimestral.

Porém, mesmo nessa situação, o monitoramento de cloreto de vinila no sistema de distribuição permaneceria na mesma frequência da amostragem da saída do tratamento (semestral), pois como a eventual presença dessa substância na água se deve à possibilidade de ser liberada de materiais a base de plástico PVC, sua ocorrência no sistema de distribuição não é necessariamente associada à ocorrência na saída do tratamento. Por essa mesma razão, na nota de número 7 da tabela do Anexo 13 estabelece-se que o cloreto de vinila deve ser monitorado na rede de distribuição mesmo que não seja encontrado na saída do tratamento.

Por fim, cabe registrar que as exigências de monitoramento de várias das substâncias indicadas na tabela do Anexo 13 (por exemplo, acrilamida e epicloridrina, produtos secundários da desinfecção, “demais parâmetros”), em princípio em frequência muito espaçada, referem-se a planos mínimos de amostragem. Se por um lado isso se justifica pela complexidade e pelo custo das análises, por outro, a critério e por solicitação da autoridade de saúde (por exemplo, em situações identificadas como de risco à saúde), o plano de amostragem poderá ser alterado (conforme o inciso XI do art. 13) (Quadro 9).

Em relação à tabela do Anexo 14, relativa ao controle da qualidade microbiológica da água, cabe esclarecer que não é exigido o monitoramento de *E. coli* na saída do tratamento, tendo em vista que o parâmetro de referência nessa etapa é a ausência de coliformes totais (ver observações a respeito nos comentários sobre o art. 27) (Quadro 10).

Similarmente à tabela do Anexo 13, no Anexo 15 são registradas as exigências de monitoramento para soluções alternativas coletivas, em princípio com planos mínimos de amostragem menos frequentes (Quadro 11).

No que diz respeito às exigências de amostragem no caso de estabelecimentos que possuam abastecimento próprio de água para consumo humano, para efeito de cálculo do número mínimo de amostras sugere-se que seja utilizada a seguinte relação: número de funcionários ou usuários atendidos por SAA/SAC = população abastecida expressa nos Anexos 13, 14 e 15.

Quadro 9 – Número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento para fins de análises físicas e químicas em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial (Anexo 13, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)									
		Nº de amostras	Frequência	População abastecida									
				< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.				
		Número de amostras				Frequência							
Turbidez, residual de desinfetante ⁽¹⁾ , cor aparente	Superficial	1	A cada duas horas	Conforme § 3º do art. 44									
	Subterrâneo	1	Semanal										
pH e Fluoreto ⁽²⁾	Superficial	1	A cada duas horas	Dispensada a análise									
	Subterrâneo	1	Semanal	Dispensada a análise									
Gosto e odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensada a análise									
	Subterrâneo	1	Semestral	Dispensada a análise									
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal quando contagem de cianobactérias \geq 20.000 células/mL	Dispensada a análise									

Continua

Continuação

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)					
		Nº de amostras	Frequência	População abastecida					
				< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
		Número de amostras						Frequência	
Produtos secundários da desinfecção ⁽³⁾	Superficial	Dispensada a análise		1 ⁽⁴⁾	4 ⁽⁴⁾	8 ⁽⁴⁾	Bimestral		
	Subterrâneo			1 ⁽⁴⁾	2 ⁽⁴⁾	3 ⁽⁴⁾	Anual	Semestral	Semestral
Acrilamida ⁽⁵⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	Mensal		
Epicloridrina ⁽⁵⁾	Superficial ou subterrâneo	1	Mensal	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	Mensal		
Cloreto de Vinila ⁽⁷⁾	Superficial ou subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral		
Demais parâmetros ⁽⁸⁾⁽⁹⁾	Superficial ou subterrâneo	1	Semestral	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	Trimestral		
Acrilamida ⁽⁵⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	Mensal		

Continua

Conclusão

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)							
		Nº de amostras	Frequência	População abastecida							
				< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.		
		Número de amostras						Frequência			
Epicloridrina ⁽⁵⁾	Superficial ou subterrâneo	1	Mensal	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	Mensal				
Cloreto de Vinila ⁽⁷⁾	Superficial ou subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral				
Demais parâmetros ⁽⁸⁾⁽⁹⁾	Superficial ou subterrâneo	1	Semestral	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾	Trimestral				

Fonte: Brasil, 2017.

Notas:

(1) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

(2) Para sistemas que realizam a fluoretação ou a desfluoretação da água. Os demais sistemas devem realizar o monitoramento de fluoreto conforme a frequência definida para demais parâmetros.

(3) Quando houver pré-oxidação com agente diferente do desinfetante incluir o monitoramento do subproduto em função do oxidante utilizado.

(4) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(5) Deve ser monitorado apenas pelos SAA e SAC que fazem o uso de polímero que apresenta essa substância em sua constituição. A coleta de amostra deve ser realizada durante o período em que esse polímero for utilizado no tratamento de água.

(6) Quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento (resultado da análise menor que o limite de detecção) fica dispensado o monitoramento na água distribuída, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema.

(7) O Cloreto de Vinila deve ser monitorado na rede de distribuição, mesmo que não seja encontrado na saída do tratamento, tendo em vista a possibilidade de serem liberados de materiais à base de plástico PVC.

(8) Para agrotóxicos, observar o disposto no parágrafo 4º do art. 44.

(9) Quando o parâmetro for detectado na saída do tratamento, deve-se monitorar com frequência trimestral na saída do tratamento e no sistema de distribuição.

Quadro 10 – Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento para fins de análises microbiológicas em função da população abastecida (Anexo 14, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (Número de amostras por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)										
			População abastecida										
			< 5.000	5.000 a 10.000	10.000 a 50.000	50.000 a 80.000	80.000 a 130.000	130.000 a 250.000	250.000 a 340.000	340.000 a 400.000	400.000 a 600.000	600.000 a 1.140.000	> 1.140.000
Coliformes totais	Superficial	Duas amostras semanais	5	10	1 para cada 1.000 hab.	25 + 1 para cada 2.000 hab.	1 + 1 para cada 1.250 hab.	40 + 1 para cada 2.000 hab.	115 + 1 para cada 5.000 hab.	47 + 1 para cada 2.500 hab.	127 + 1 para cada 5.000 hab.	187 + 1 para cada 10.000 hab.	244 + 1 para cada 20.000 hab. (máximo de 400)
	Subterrâneo	Semanal											
Escherichia coli	-												

Fonte: Brasil, 2017.

Quadro 11 – Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa coletiva para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem (Anexo 15, do Anexo XX, da PRC nº 5/2027)

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (para água canalizada)	Número de amostras retiradas no ponto de consumo (para cada 500 hab.)	Frequência de amostragem
Cor, turbidez, pH e coliformes totais ⁽¹⁾	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
Cloro residual livre	Superficial ou subterrâneo	1	1	Diária
Demais parâmetros	Superficial ou subterrâneo	1	-	Semestral

Fonte: Brasil, 2017.

Nota:

(1) O número e a frequência de amostras coletadas no ponto de consumo para pesquisa de *Escherichia coli* devem seguir o determinado para coliformes totais.

Art. 45 Para populações residentes em áreas indígenas e povos e comunidades tradicionais, o plano de amostragem para o controle da qualidade da água deverá ser elaborado de acordo com as diretrizes específicas aplicáveis a cada situação.

Parágrafo único. O plano de amostragem para o monitoramento da qualidade da água em áreas indígenas deverá ser implementado de acordo com o Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano elaborado pelos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEI), considerando as diretrizes estabelecidas pela Sesai/MS.

O art. 45 trata dos planos de amostragem para o controle da qualidade da água em comunidades tradicionais, que deve ser elaborado de acordo “com diretrizes específicas aplicáveis a cada situação”.

De acordo com a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT), instituída por meio do Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, povos e comunidades tradicionais (PCTs) são definidos como:

[...] grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição.

Entre os PCTs incluem-se: povos indígenas, quilombolas, comunidades tradicionais de matriz africana ou de terreiro, extrativistas, ribeirinhos, caboclos, pescadores artesanais, pomeranos, entre outros⁷.

No caso das comunidades indígenas, a responsabilidade institucional de definir diretrizes para os planos de amostragem para o controle de qualidade da água está bem definida: a Secretaria Especial de Saúde Indígena (Sesai/MS) (parágrafo único do art. 45 e inciso II do art. 9º). Porém, para os “demais povos e comunidades tradicionais”, o texto do art. 45 não explicita essa atribuição. Com base nas disposições do Decreto Federal nº 79.367/1977, o Ministério da Saúde (MS), atualmente por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA), é o órgão a cumprir o papel de definir “diretrizes específicas” para o controle de qualidade da água. Não obstante, essas diretrizes devem ser definidas em articulação com os órgãos com atuação relacionada ou cujas políticas são voltadas para povos tradicionais. Como exemplo, o art. 10, e os respectivos comentários neste documento, destaca o papel da Funasa nas ações de apoio aos responsáveis pelo abastecimento de água (isto é, de apoio às ações de controle de qualidade da água), especialmente em áreas rurais e comunidades tradicionais.

No caso de diretrizes para a vigilância da qualidade da água em áreas de povos e comunidades tradicionais, a atribuição de eventualmente defini-las, conforme o inciso II do art. 8º, é mesmo da SVSA.

1.7 Capítulo VII – Das penalidades

- Art. 46** Serão aplicadas as sanções previstas na Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, e na Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, além de normativas estaduais e municipais aplicáveis, aos responsáveis por SAA ou SAC que não observarem as determinações constantes neste Anexo, sem prejuízo das sanções de natureza civil ou penal cabíveis.
- Art. 47** Cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios assegurar o cumprimento deste Anexo.

Povos e comunidades tradicionais (PCTs) citados no site da Secretaria de Atenção Primária à Saúde, do Ministério da Saúde (<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saps/equidade-em-saude/povos-e-comunidades-tradicionais>).

Para garantir o cumprimento das orientações ou exigências de adequação identificadas como necessárias para o controle de riscos à saúde associados ao abastecimento/consumo de água, deve-se promover a atuação integrada das equipes de vigilância da qualidade da água e de vigilância sanitária, possibilitando, assim, a abertura de processos administrativos sanitários e, se necessário, a aplicação de penalidades.

1.8 Capítulo VIII – Das disposições finais e transitórias

Art. 48 Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, os responsáveis pelo SAA ou SAC e as autoridades de saúde pública devem, em conjunto, elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção das não conformidades.

Em referência ao art. 48, para efeito desta norma, o plano de ação é definido como um conjunto de ações, procedimentos e protocolos que visam corrigir, no menor tempo possível, situações de risco à saúde identificadas em SAA ou SAC (inciso XIX do art. 5º). Pressupõe uma estratégia que deve incluir: o planejamento das ações corretivas necessárias, os respectivos cronograma e prazos, a identificação dos responsáveis, a especificação dos recursos necessários e o acompanhamento dos resultados.

Art. 49 A autoridade de saúde pública poderá exigir dos responsáveis por SAA e SAC a elaboração e implementação de Plano de Segurança da Água (PSA), conforme a metodologia e o conteúdo preconizados pela Organização Mundial da Saúde ou definidos em diretrizes do Ministério da Saúde para fins de gestão preventiva de risco à saúde

Art. 50 É facultado ao responsável por SAA ou SAC solicitar à autoridade de saúde pública alteração dos parâmetros monitorados e da frequência mínima de amostragem, mediante apresentação de:

I – histórico mínimo de dois anos de monitoramento da qualidade da água bruta, tratada e distribuída, considerando o plano de amostragem estabelecido neste Anexo; e

II – PSA, conforme art. 49.

§ 1º A autoridade de saúde pública deve emitir parecer sobre a solicitação prevista no caput deste artigo, no prazo máximo de 120 (cento e vinte) dias, com base em análise fundamentada nos documentos referidos nos incisos I e II deste artigo.

§ 2º As alterações do plano de amostragem autorizadas pela autoridade de saúde pública terão validade máxima de dois anos, podendo ser suspensa caso ocorram alterações na bacia hidrográfica ou nos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que justifiquem.

§ 3º Para renovação da autorização prevista no caput deste artigo, o responsável por SAA ou SAC deverá encaminhar à autoridade de saúde pública a solicitação de renovação acompanhada da revisão do PSA.

- § 4º** A autoridade de saúde pública deve emitir parecer sobre a solicitação de renovação, no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com base na análise da revisão do PSA.
- § 5º** Quando observada a não implementação do PSA por parte do responsável por SAA ou SAC, será exigido o cumprimento integral do plano de amostragem estabelecido neste Anexo.

Ao longo deste documento, muito se enfatizou que a norma brasileira vem gradativamente incorporando elementos de gestão preventiva de risco. Na atual versão da norma, essa abordagem ganha destaque ao explicitamente permitir à autoridade de saúde pública exigir dos responsáveis por SAA e SAC a elaboração e a implementação de Plano de Segurança da Água (PSA) para fins de gestão preventiva de risco à saúde (art. 49) e facultar aos responsáveis pelo abastecimento de água a elaboração de Planos de Segurança da Água como condição para alteração dos parâmetros monitorados e da frequência mínima de amostragem (art. 50).

Essa possibilidade se justifica pelo fato de a metodologia preconizada pela Organização Mundial da Saúde para a elaboração de PSA (art. 49) contemplar etapas de identificação de perigos, avaliação e priorização dos riscos por meio das quais se focam os perigos (leia-se contaminantes) existentes, e efetivamente relevantes, em determinado SAA ou SAC.

- Art. 51** O Ministério da Saúde promoverá, por intermédio da SVS/MS, a revisão deste Anexo no prazo de 5 (cinco) anos ou a qualquer tempo.
- Parágrafo único.** Os órgãos governamentais e não governamentais, de reconhecida capacidade técnica nos setores objeto desta regulamentação, poderão requerer a revisão deste Anexo, mediante solicitação justificada, sujeita a [sic] análise técnica da SVS/MS.
- Art. 52** A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios deverão adotar as medidas necessárias ao fiel cumprimento deste Anexo.
- Art. 53** Ao Distrito Federal competem as atribuições reservadas aos Estados e aos Municípios.
- Art. 54** Fica estabelecido o prazo máximo de 12 (doze) meses, contados a partir da data de publicação deste Anexo, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação deste Anexo promovam as adequações necessárias à implementação do monitoramento de esporos de bactérias aeróbias, conforme art. 29.
- Art. 55** Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação deste Anexo, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação deste Anexo promovam as adequações necessárias para o alcance do novo VMP para o parâmetro dureza, conforme Anexo 11.
- Enquanto o monitoramento de esporos de bactérias aeróbias não estiver implantado, deve-se realizar o monitoramento de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* ao ser identificada média geométrica móvel dos últimos 12 (doze) meses de monitoramento maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL.

2

**BASE DE CÁLCULO PARA
OS VMPs DAS SUBSTÂNCIAS
SELECIONADAS PARA
COMPOR O PADRÃO DE
POTABILIDADE PARA
SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS
QUE REPRESENTAM RISCO
À SAÚDE**

Na determinação de valores máximos permitidos (VMPs) para substâncias que representam risco à saúde, usualmente são adotadas duas abordagens: (i) uma para substâncias para as quais se admite que haja uma dose abaixo da qual não ocorra efeito adverso à saúde decorrente de exposição por toda a vida (*threshold chemicals*) – basicamente substâncias tóxicas não carcinogênicas e substâncias carcinogênicas não genotóxicas; (ii) outra para substâncias para as quais se assume que qualquer dose pode provocar efeitos adversos à saúde, mesmo que com baixa probabilidade (*non-threshold chemicals*) – essencialmente substâncias carcinogênicas genotóxicas. Em ambos os casos, o VMP é definido com base em informações de dose-resposta, em geral obtidas de ensaios de laboratório com animais ou, menos frequentemente, em estudos epidemiológicos.

Para substâncias tóxicas não carcinogênicas e carcinogênicas não genotóxicas, de estudos de toxicidade crônica são obtidos valores do nível do efeito adverso não observado (expresso em mg/kg de peso corpóreo por dia), o que tem sido referido na literatura nacional pela sigla do termo original em inglês – NOAEL (*no observed adverse effect level*). Essa informação, obtida de experimentos com animais, é então extrapolada para a espécie humana com aplicação de um fator de incerteza (FI), determinando-se então, conforme a Equação 1, a ingestão diária tolerável (IDT), ou seja, a dose de uma substância (em mg/kg de peso corpóreo) abaixo da qual, supostamente, as pessoas poderiam estar expostas diariamente, por toda a vida (em geral, assumindo-se 70 anos), sem que ocorra efeito adverso à saúde (WHO, 2022).

$$\text{IDT} = \frac{\text{NOAEL}}{\text{FI}} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

IDT = ingestão diária tolerável [mg/(kg_{pc}.d)];

NOAEL = nível do efeito adverso não observado [mg/(kg_{pc}.d)];

FI = fator de incerteza (usualmente 10-100).

Mais usualmente, aos valores de NOAEL é aplicado um fator de incerteza de 100, considerando margem de segurança (ou incerteza) de dez vezes para variações interespécies (extrapolação para seres humanos dos dados obtidos de experimentos com animais e dez vezes para variações interespécie (entre indivíduos de populações humanas, visando proteger grupos ou indivíduos mais sensíveis). Entretanto, valores mais elevados para o fator de incerteza podem ser adotados quando assim o indiquem: (i) a natureza ou a severidade dos efeitos adversos; (ii) a fragilidade dos estudos ou da base de dados. Situações típicas do primeiro caso seriam estudos nos quais é observada malformação de feto ou quando há indícios de carcinogenicidade. O segundo caso inclui estudos de muito curta duração ou estudos em que não são obtidas informações de NOAEL, alternativamente recorre-se a valores de LOAEL (do inglês – *lowest observed adverse effect level*): dose mais baixa para a qual se observam efeitos adversos à saúde. Quando são adotados fatores de incerteza iguais ou superiores a mil, a OMS se refere à “VMP provisório” para enfatizar o elevado grau de incerteza envolvido e, portanto, sujeito à alteração à medida que novas informações se tornem disponíveis.

O VMP é então calculado com base na IDT, considerando-se dados médios de massa corpórea e de consumo médio diário de água e a fração da IDT atribuída ao consumo de água, conforme a Equação 2.

$$VMP = \frac{(IDT \times P_{c,p} \times P)}{C} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

VMP = valor máximo permitido (mg/L ou µg/L);

IDT = ingestão diária tolerável [mg/(kg_{Pc}.d) ou µg/(kg_{Pc}.d)];

P_c = peso corpóreo (kg_{Pc});

P = fração da IDA atribuída ao consumo de água (0-1);

C = consumo diário de água (L/d).

As variáveis das equações anteriores por vezes assumem valores distintos em diferentes normas/diretrizes de qualidade da água, o que pode resultar em VMPs também diferentes. No processo de atualização da norma brasileira isso foi objeto de avaliação caso a caso e, em sua maioria, os VMPs calculados se aproximam dos valores sugeridos pela OMS, pois os valores adotados para o cálculo do VMP também foram, frequentemente, os da OMS, como, por exemplo o valor de peso corpóreo = 60 kg e de consumo *per capita* de água = 2 L/d.

Os valores assumidos para a fração da IDT atribuída ao consumo de água variam de acordo com a substância. Por exemplo, no caso dos agrotóxicos, em que o consumo de alimentos é a via principal de exposição, essa variável é fixada em torno de 10-20%. Em situações em que o consumo de água constitui o modo de exposição preponderante, como, por exemplo, no caso dos desinfetantes e dos produtos secundários de desinfecção, são assumidos valores bem elevados, como 80% ou mais.

Ainda sobre as substâncias não carcinogênicas e as carcinogênicas não genotóxicas, em lugar da abordagem baseada na IDT, tem sido crescente o cálculo do VMP com base na “dose de referência” (*benchmark dose* – BMD), ou mais bem dizendo, no limite de confiança inferior da dose de referência (BMDL). Isso é possível, preferível até, quando o banco de dados permite o ajuste de um modelo matemático dose-resposta. Assim, a BMDL é definida como o limite de confiança inferior da dose que produz um pequeno aumento no nível de efeitos adversos, por exemplo, 5% – BMDL5, ou 10% – BMDL10 (WHO, 2022).

Para substâncias ou compostos carcinogênicos genotóxicos, dados experimentais (dose-resposta) são extrapolados de doses elevadas (como, em geral, são utilizadas nos experimentos de laboratório) para doses mais baixas (típicas de exposição ambiental); isso se faz por meio de modelos matemáticos (geralmente lineares) com base nos quais se estabelece a dose correspondente a um determinado nível de risco adicional de câncer: em geral 10⁻⁴ a 10⁻⁶, para a maioria das substâncias, 10⁻⁵, isto é, um caso de câncer em cada 100 mil pessoas ao longo de setenta anos (USEPA, 2018; WHO, 2022).

Enquanto a toxicidade das substâncias químicas não carcinogênicas é expressa pelos valores de NOAEL e IDT, no caso das substâncias carcinogênicas, a carcinogenicidade é representada pela variável fator de câncer (fc), que vem a ser coeficiente angular do modelo dose-reposta, expresso em (mg/kg.dia)⁻¹. O VMP é então calculado com base na Equação 3.

$$VMP = \frac{RT \times p \times Fa}{fc \times C} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

VMP = valor máximo permitido (mg/L ou µg/L);

RT = risco tolerável;

p = peso corpóreo (kg);

Fa = fração da IDT atribuída ao consumo de água (0-1);

C = consumo diário de água (L/d);

Na sequência será apresentada a fundamentação dos VMPs das substâncias que compõem o padrão de potabilidade expresso na Portaria GM/MS nº 888/2021, que alterou o Anexo XX da PRC nº 5/2017.

2.1 Substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde

Antimônio (0,006 mg/L)

O estudo de Schroeder et al. (1970), utilizado como referência na definição do valor máximo permitido nos EUA (USEPA, 2018) e na Austrália (NHMRC/NRMMC, 2022), considera como efeito observado (*endpoints*)⁸ a diminuição da expectativa de vida e alterações nos níveis de glicose e colesterol em termos de LOAEL. No entanto, a utilização desse estudo na norma brasileira resultaria em um valor máximo permitido de 0,003 mg/L, calculado como a seguir:

$$VMP = \frac{0,43 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{500 \times 2 \text{ L/d}} = 0,0026 \text{ mg/L} \approx 0,003 \text{ mg/L}$$

Sendo:

LOAEL = 0,43 mg/(kg_{pc}.d) (diminuição da expectativa de vida e alterações nos níveis de glicose e colesterol);

fator de incerteza = 500 (10 para variações intraespécie; 10 para variações interespécies; 5 devido ao uso de LOAEL em vez de NOAEL (NHMRC/NRMMC, 2022));

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

⁸Endpoint: o termo *endpoint* está relacionado ao efeito observado em diferentes níveis de exposição a um agente. Entre possíveis efeitos de estudos clínicos podem ser citados alterações de metabolismo.

Segundo dados do Sisagua, laboratórios brasileiros têm registrado, muito frequentemente, limite de quantificação de antimônio de 0,005 mg/L. Desse modo, o VMP para antimônio foi fixado em 0,006 mg/L. Esse valor coincide com o adotado nos EUA (USEPA, 2018) e no Canadá (Heal Canada, 2022), baseado na concentração de antimônio factível de ser obtida em estações de tratamento convencional de água e/ou por limites de quantificação analítica.

Arsênio (0,01 mg/L)

O arsênio compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB, de 14 de março de 1977, que estabelecia o VMP de 0,1 mg/L. Os efeitos à saúde humana associados à exposição ao arsênio incluem aumento de incidência de câncer de pele, bexiga, fígado e pulmão. O risco de câncer associado à ingestão de água ao longo da vida com concentração de 0,0003 mg As/L foi estimado entre $1,9 \times 10^{-6}$ e $1,39 \times 10^{-5}$ (intervalo de confiança de 95%), isto é, um caso “extra” para cada, aproximadamente, 100 mil ou 1 milhão de habitantes, respectivamente – valores estes considerados aceitáveis por padrões internacionais (Health Canada, 2006a).

No entanto, coincidentemente com a abordagem adotada nos EUA (USEPA, 2018), no Canadá (Heal Canada, 2022), na Nova Zelândia (Ministry of Health, 2019a), na Austrália (NHMRC, NRMMC, 2022), além das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), o VMP para arsênio foi fixado em 0,01 mg/L com base em argumentos de ordem prática: limite de quantificação analítica (0,001 a 0,010 mg/L) e limitações de remoção do arsênio em estações de tratamento de água que empregam tratamento convencional.

Bário (0,7 mg/L)

O bário compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB, de 14 de março de 1977, que estabelecia o VMP de 1,0 mg/L. O atual VMP da norma brasileira foi fixado em 0,7 mg/L, com referência no valor recomendado na terceira edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2008). Esse valor tem fundamentação em estudo epidemiológico descrito por Brenniman e Levy (1985), em que não foram observadas diferenças significativas relacionadas à pressão arterial ou à prevalência de doenças cardíacas entre duas populações: uma que consumira água com 0,1 mg Ba /L, outra com 7,3 mg/L.

$$VMP = \frac{7,3 \text{ mg/L}}{10} \approx 0,7 \text{ mg/L}$$

Sendo:

NOAEL = 7,3 mg/L;

fator de incerteza = 10 (variações de respostas entre indivíduos).

Embora a atual edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022) tenha revisado o valor limite sugerido para o bário (1,3 mg/L), optou-se por manter o valor mais restritivo definido na edição anterior, fundamentada em estudo epidemiológico (WHO, 2008).

Cádmio (0,003mg/L)

O cádmio compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB, de 14 de março de 1977, que estabelecia o VMP de 0,01 mg/L.

O atual VMP para cádmio da norma brasileira (0,003 mg/L) tem referência na abordagem adotada na atual edição das Diretrizes da OMS: fundamentado em estudos toxicocinéticos mais recentes, o VMP foi estipulado com base em um valor de dose mensal tolerável provisória (DMTP)⁹ de 25 µg/kg_{pc} (0,025 mg/kg_{pc}), referente à excreção de cádmio na urina (WHO, 2022).

$$\text{VMP} = \frac{0,0008 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0025 \text{ mg/L} \approx 0,003 \text{ mg/L}$$

Sendo:

dose mensal tolerável provisória = 0,025 mg/kg_{pc} [IDT ≈ 0,0008 mg/(kg_{pc}.d)];

fator de alocação = 0,1, devido à ingestão mais elevada associada ao consumo de alimentos (WHO, 2022);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2,0 L/d.

Chumbo (0,01 mg/L)

O chumbo compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB, de 14 de março de 1977, que estabelecia o VMP de 0,1 mg/L.

O atual VMP para chumbo foi estabelecido em 0,01 mg/L, coincidente com o VMP das normas da Nova Zelândia (Ministry of Health, 2019a), que tem como referência o grupo populacional de bebês que se alimentam por mamadeira, conforme o cálculo a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{0,0035 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 5 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,5}{0,75 \text{ L/d}} = 0,012 \text{ mg/L} \approx 0,01 \text{ mg/L}$$

Sendo:

NOAEL = 0,0035 mg/(kg_{pc}.d) (efeitos adversos bioquímicos e neurocomportamentais em lactentes e crianças);

fator de incerteza = 1 (pelo fato de as crianças já representarem um grupo mais suscetível da população);

IDT = 0,0035 mg/(kg_{pc}.d) / 1 = 0,0035 mg/(kg_{pc}.d);

fator de alocação = 0,5;

peso corpóreo médio de bebês que se alimentam por mamadeira = 5 kg_{pc};

consumo de água = 0,75 L/d (valor típico de consumo de água por mamadeiras).

⁹Dose mensal tolerável provisória (DMTP), no original em inglês *provisional tolerable monthly intake* (PTMI): o valor de ingestão tolerável, ou mesmo do VMP, é dito provisório quando há incertezas mais pronunciadas em sua determinação (WHO, 2022).

Por sua vez, a norma dos EUA (USEPA, 2018) e a Diretriz da OMS (WHO, 2022) assumem, respectivamente, 0,015 mg/L e 0,01 mg/L, com base em argumentos práticos de possibilidade de alcance em ETA convencionais e/ou de factibilidade de detecção analítica.

Cobre (2mg/L)

O cobre compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB, de 14 de março de 1977, que estabelecia o VMP de 1,0 mg/L.

O VMP para cobre foi estabelecido em 2 mg/L. A OMS recomenda o valor limite de 2mg/L com vistas à proteção contra efeitos gastrointestinais causados por exposição aguda (WHO, 2022). Austrália e Nova Zelândia adotam o mesmo valor como VMP, porém com base em indícios de toxicidade crônica hepática (Ministry of Health, 2019a; NHMRC, NRMMC, 2022).

Cromo (0,05 mg/L)

Em consonância com as normas da Austrália (NHMRC, NRMMC, 2022) e da Nova Zelândia (Ministry of Health, 2019a), o VMP estabelecido para cromo tem como base a diretriz provisória estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2022) e deve ser revisto quando estiverem disponíveis mais dados toxicológicos.

O cromo compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB, de 14 de março de 1977. O valor de referência de 0,05 mg/L tem sido usado em muitos países há vários anos, originalmente estabelecido após uma avaliação conservadora de estudos sobre a toxicidade do cromo hexavalente para ratos (Mackenzie *et al.* 1958), mas assumido com base em cromo total devido a dificuldades em analisar apenas para a forma hexavalente (NHMRC, NRMMC, 2022; WHO, 2022).

Fluoreto (1,5 mg/L)

O fluoreto compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB/1977, com referência à Portaria nº 635/Bsb, de 26 de dezembro de 1975.

O VMP estabelecido para fluoreto (1,5 mg/L) é o mesmo adotado nas Diretrizes da OMS (WHO, 2022) e nas normas da Austrália (NHMRC, NRMMC, 2022), do Canadá (Health Canada, 2022) e da Nova Zelândia (Ministry of Health; 2019a). Esse VMP tem como referência a prevenção de fluorose dentária (WHO, 2022).

Mercúrio (0,001 mg/L)

O mercúrio integra o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB/1977, então com VMP de 0,002 mg/L.

A segunda edição das Diretrizes da OMS (WHO, 1993) recomendava um valor limite de 0,001 mg/L para mercúrio total, com base no valor de dose semanal tolerável provisória de 3,3 µg/kg_{pc}, determinada com base em estudos com metilmercúrio. Este é o VMP assumido na norma brasileira, calculado como a seguir.

$$VMP = \frac{0,00047 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot\text{d)} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0014 \text{ mg/L} \approx 0,001 \text{ mg/L}$$

IDT = 0,00047 mg/(kg_{pc}.d), calculado com base no valor de dose semanal tolerável de 3,3µg/kg_{pc}; os efeitos tóxicos do mercúrio manifestam-se principalmente nos rins, mas também no sistema nervoso central (WHO, 1993);

fator de alocação = 0,1;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d.

Embora a atual versão das Diretrizes da OMS sugira um valor limite de 0,006 mg/L para mercúrio inorgânico (WHO, 2022), optou-se por manter o VMP mais restritivo de 0,001 mg/L. A adoção do nível mais restritivo considera as condições específicas do País e uma maior proteção aos mais vulneráveis. O controle de fontes de contaminação de mercúrio é limitado, e estudos ambientais, em pescado e em humanos, já apontam níveis de contaminação por mercúrio acima dos valores de referência.

Níquel (0,07 mg/L)

O níquel compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 2.914/2011.

O VMP definido para níquel coincide com o sugerido na quarta edição das Diretrizes da OMS, vigente à época da revisão da norma (WHO, 2017), calculado como a seguir:

$$VMP = \frac{0,012 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot\text{d)} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,072 \text{ mg/L} \approx 0,07 \text{ mg/L}$$

IDT = 0,012 mg/(kg_{pc}.d); referente a valor de LOAEL de 1,2 mg/kg_{pc}, fixado com base em estudos de administração oral de 1,3 mg/kg_{pc} a pacientes em jejum (com estômago vazio), e fator de incerteza de 100, aplicado para contabilizar diferenças entre espécies (10) e variação intraespécie (10) (WHO, 2017);

fator de alocação = 0,2;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d.

A atual versão da quarta edição das Diretrizes da OMS (incorporando o primeiro e o segundo adendos) revê a referência toxicológica utilizada, no entanto não sugere alteração do valor limite, tendo em vista que o novo cálculo resulta praticamente no mesmo VMP (WHO, 2022).

$$VMP = \frac{0,013 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot\text{d)} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,078 \text{ mg/L} \approx 0,08 \text{ mg/L}$$

IDT = 0,013 mg/(kgPc.d), referente a efeitos de toxicidade reprodutiva em estudo com roedores, obtido com base em: (i) valor de BMDL₁₀ de 1,3 mg/kg_{pc}; e (ii) fator de incerteza de 100, aplicado para contabilizar as diferenças entre espécies (10) e variação intraespécies (10);

fator de alocação = 0,2;
peso corpóreo = 60 kg_{pc};
consumo de água = 2 L/d.

Nitrato (como N) (10 mg/L)

O nitrato compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB/1977.

O VMP de 10 mg/L para nitrato, expresso em termos de nitrogênio, é fundamentado em estudos epidemiológicos nos quais não foram observados sintomas de metahemoglobinemia (ou síndrome dos bebês azuis) em bebês lactentes (WHO, 2022).

Nitrito (como N) (1,0 mg/L)

O parâmetro nitrito foi incluído no padrão de potabilidade brasileiro pela Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000.

O VMP de 1,0 mg/L para nitrito, também expresso em termos de nitrogênio, é baseado no valor limite para nitrato, com os seguintes pressupostos (WHO, 2022):

- conversão para a concentração molar correspondente em nitrito;
- multiplicação por um fator de 0,1 para contabilizar a conversão biológica endógena de nitrato a nitrito no organismo de bebês, estimada em 5-10%;
- fator de alocação da fração da IDT associado à água igual a 100%.

Devido à possibilidade de ocorrência simultânea de nitrito e nitrato na água (e de conversão entre as duas formas no organismo), a contabilização dessas duas espécies deve ser feita conjuntamente, sendo o resultado analisado conforme a seguinte equação:

$$(\text{Concentração de nitrato/VMP nitrato}) + (\text{Concentração do nitrito/VMP nitrito}) \leq 1.$$

Selênio (0,04 mg/L)

O parâmetro selênio compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 56/BSB/1977, então com VMP de 0,01 mg/L. O atual VMP de 0,04 mg/L para selênio é coincidente com o limite sugerido na quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), calculado como a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{0,4 \text{ mg/d} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,04 \text{ mg/L}$$

Sendo:

IDT = 0,4 mg/d (WHO, 2022);

fator de alocação = 0,2;

consumo de água = 2 L/d.

Urânio (0,03 mg/L)

O urânio compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 2.914/2011.

O VMP de 0,03 mg/L para urânio também é estabelecido consoante o valor provisório¹² recomendado na quarta edição da diretriz da OMS, calculado como a seguir (WHO, 2022).

$$VMP = \frac{0,06 \text{ mg/d}}{2 \text{ L/d}} = 0,03 \text{ mg/L}$$

$$IDT = \frac{0,637 \text{ mg/d}}{10} = 0,064 \text{ mg/d} \approx 0,06 \text{ mg/kg}$$

IDT = 0,06 mg/d; limite inferior do intervalo de confiança de 95% do valor do percentil 95 da distribuição dos dados de dose de um estudo epidemiológico em que não foram observados danos aos rins em indivíduos expostos ao urânio via água potável; obtido de NOAEL de 0,637 mg/d e fator de incerteza de 10, aplicado para contabilizar diferenças intraespécie (WHO, 2022):

consumo de água = 2 L/d.

2.2 Substâncias orgânicas que representam risco à saúde

1,2 dicloroetano (5 µg/L)

O parâmetro 1,2 dicloroetano compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 36, de 19 de janeiro de 1990. O VMP para o 1,2-dicloroetano (1,2-DCA) foi fixado em 5 µg/L, seguindo a abordagem adotada nas normas dos EUA e do Canadá, fundamentadas em estudos que associam essa concentração à estimativa de risco de câncer de $4,5 \times 10^{-5}$ e de 10^{-6} , respectivamente (USEPA, 2018; Health Canada, 2014a).

Acrilamida (0,5 µg/L)

O parâmetro acrilamida compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 1.469/2000.

Tomando como referência a quarta edição das Diretrizes da OMS, o VMP para acrilamida foi estabelecido em 0,5 µg/L, associado a um risco adicional de câncer de 10^{-5} – tumores mamários, uterinos e tireoide (WHO, 2022).

Benzeno (5 µg/L)

O benzeno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 36, de 19 de janeiro de 1990. O atual VMP para o benzeno (5 µg/L) foi fixado de acordo com a abordagem adotada nas normas dos EUA e do Canadá, fundamentadas em estudos que associam esse valor à estimativa de risco de câncer de 10^{-6} e de 10^{-5} , respectivamente (USEPA, 2018; Health Canada, 2009).

Benzo[a]pireno (0,4 µg/L)

O benzo[a]pireno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 36, de 19 de janeiro de 1990.

O VMP para o benzo[a]pireno foi estabelecido em 0,4 µg/L. Esse valor é baseado em estudos referidos na norma dos EUA, nos quais se identificou o desenvolvimento de tumores no trato alimentar de camundongos, com fator de câncer por exposição oral de $1\text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}}\cdot\text{d})$ e, por conseguinte, estimativa de risco de câncer de 10^{-5} (USEPA, 2017a). Este seria também o VMP calculado com base no estudo em que se baseia a norma do Canadá, fator de câncer de 1,289 ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{pc}}\cdot\text{d}$)⁻¹ a partir da modelagem dose-resposta (tumores no estômago), e estimativas de risco de 10^{-5} (Health Canada, 2016).

Cloreto de vinila (0,5 µg/L)

O cloreto de vinila foi incluído no padrão de potabilidade brasileiro pela Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000.

O VMP para cloreto de vinila tem como referência o estudo que fundamenta as normas dos EUA e do Canadá: manifestação de câncer hepático em ratos (Feron *et al.*, 1981). No caso da USEPA, o tratamento dos dados desse estudo resultou em fator de câncer de 0,72 ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{pc}}\cdot\text{d}$)⁻¹, relativo à exposição na fase adulta, resultando em estimativa de concentração na água de 0,48 µg/L associada a nível de risco de 10^{-5} (USEPA, 2000). No Canadá, com base em fator de câncer de 0,24 ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{pc}}\cdot\text{d}$)⁻¹ e em abordagem de rotas múltiplas de exposição, também na fase adulta (3,8 L, sendo 1,9 L-equivalente para absorção dérmica, 0,4 L-eq. para inalação e 1,5 L relativo ao consumo diário médio), a concentração de cloreto de vinila na água para nível de risco adicional de câncer de 10^{-5} foi estimada em 0,8 µg/L (Health Canada, 2013). Porém, ao se considerar a exposição desde o nascimento, essas concentrações devem ser reduzidas à metade (USEPA, 2000; Health Canada, 2013).

Entretanto, o VMP das normas dos EUA e do Canadá é o mesmo: 2 µg/L, considerado como limite prático de quantificação. Segundo a Health Canada, esse VMP corresponde a risco adicional de câncer de 5×10^{-5} (Health Canada, 2013). A USEPA estima risco de câncer de 10^{-4} associado a esse VMP (USEPA, 2018). Como o limite de quantificação registrado no Sisagua é de 0,5 µg/L, optou-se por adotar esse valor como VMP, que corresponderia, na abordagem mais restritiva da USEPA (comparativamente à do Canadá), à estimativa de risco de câncer de 10^{-5} .

Di(2-etylhexil) ftalato (8 µg/L)

O Di(2-etylhexil) ftalato compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 2.914/2011.

O VMP para di(2-etylhexil) ftalato foi fixado em 8 µg/L, seguindo a abordagem da quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022) e calculado como a seguir:

$$VMP = \frac{0,025 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,01}{2 \text{ L/d}} = 0,0075 \text{ mg/L} \approx 8 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,025 mg/(kg_{pc}.d), obtida em estudo em que se observou proliferação peroxissomal no fígado de ratos (MORTON, 1979); NOAEL de 2,5 mg/(kg_{pc}.d); fator de incerteza de 100, aplicado para contabilizar diferenças interespécies (10) e intraespécie (10);

peso corpóreo = 60kg_{pc};

fator de alocação = 0,01;

consumo de água = 2 L/d;

Diclorometano (20 µg/L)

O diclorometano compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria GM/MS nº 2.914/2011.

O VMP para diclorometano (20 µg/L) também tem referência no valor sugerido pela OMS (WHO, 2022), calculado como a seguir:

$$VMP = \frac{0,006 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,018 \text{ mg/L} \approx 20 \mu\text{g/L}$$

IDT = 6 mg/(kg_{pc}.d), referente a efeitos hepatotóxicos e fator de incerteza de 1000 (100 para variações inter e intraespécie e 10 em nome da preocupação com o potencial carcinogênico);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

1,4 - dioxano (48 µg/L)

O 1,4-dioxano passou a fazer parte do padrão de potabilidade na atual versão da norma. O VMP para 1,4 – dioxano foi estabelecido em 48 µg/L, com base na abordagem adotada nas Diretrizes da OMS (WHO, 2022). Nos EUA e no Canadá, o 1,4-dioxano é considerado um contaminante de preocupação emergente (USEPA, 2017b; Health Canada, 2018a), mas essa substância ainda não é incluída nos respectivos padrões de potabilidade.

$$VMP = \frac{0,016 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,048 \text{ mg/L} \approx 48 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,016 mg/(kg_{pc}.d); NOAEL de 16 mg/(kg_{pc}.d) referente a tumores hepatocelulares observados em estudo de longa duração com camundongos, e fator de incerteza de 1.000 aplicado para contabilizar diferenças interespécies (10), intraespécie (10) e pelo potencial carcinogênico não genotóxico (10);

peso corpóreo = 60kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

Epicloridrina (0,4 µg/L)

A epicloridrina foi incluída no padrão de potabilidade pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

O VMP foi fixado em 0,4µg/L (calculado como a seguir), de acordo com o valor (provisório)¹² sugerido nas Diretrizes da OMS (WHO, 2022):

$$VMP = \frac{0,14 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,43 \mu\text{g/L} \approx 0,4 \mu\text{g/L}$$

$$IDT = \frac{2 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d})}{10000} \times \frac{5}{7} = 0,000143 \text{ mg/kg}_{pc} \approx 0,14 \mu\text{g/kg}_{pc} \cdot \text{d}$$

IDT = 0,14 µg/(kg_{pc}.d); LOAEL de 2 mg/(kg_{pc}.d), obtido em estudo de dois anos em que se avaliou a ocorrência de hiperplasia em estômagos em ratos (Wester et al., 1985; citado em WHO, 2004a); fator de incerteza de 10 mil para levar em consideração variações intraespécie e interespécies (100), (10) pelo uso de LOAEL¹¹ em vez de NOAEL e (10) pelo potencial carcinogênico. Foi aplicado ainda um fator de 5/7 para ajuste da dose de cinco dias (como praticado no referido estudo) para sete dias, ou seja, para ajuste do NOAEL para dosagem diária;

peso corpóreo = 60kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

Etilbenzeno (300 µg/L)

O etilbenzeno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000, porém até Anexo XX da PRC nº 5/2017 como parte do padrão organoléptico, com VMP de 200 µg/L. Na atual versão da norma, passou a fazer parte do padrão de substâncias químicas orgânicas que representam risco à saúde, com VMP de 300 µg/L; valor este coincidente com o limite sugerido na Diretrizes da OMS, calculado como a seguir (WHO, 2022):

$$VMP = \frac{97,1 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,29 \mu\text{g/L} \approx 300 \mu\text{g/L}$$

$$IDT = \frac{136 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d})}{1000} \times \frac{5}{7} = 0,0971 \text{ mg/kg}_{pc} \cdot \text{d} \approx 97,1 \mu\text{g}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d})$$

IDT = 97,1 µg/(kg_{pc}.d); NOAEL de 136 mg/(kg_{pc}.d), referente a efeitos de hepatotoxicidade e nefrotoxicidade observados em estudo de seis meses de duração com ratos; fator de incerteza de 1.000 – 100 para variações intraespécie e interespécies, e 10 devido à limitação do banco de dados e à curta duração do estudo. Foi aplicado ainda um fator (5/7) para ajuste da dose de cinco dias (como praticado no referido estudo) para sete dias;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

Pentaclorofenol (9 µg/L)

O pentaclorofenol compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 36/90 com VMP de 10 µg/L.

O VMP de 9 µg/L é adotado desde a Portaria GM/MS nº 1.469/2000, adotando-se o valor de referência sugerido pelas Diretrizes da OMS. O valor de referência da OMS (9 µg/L) foi estabelecido na segunda edição das *Diretrizes de qualidade da água*, com base em NOAEL de 3 mg/(kg_{pc}.d) obtido em estudos de reprodução com ratos, e fator de incerteza de 1.000 (100 para variações intra e interespécies e 10 para o potencial de carcinogenicidade) (WHO, 1993). Na terceira e na quarta edições das Diretrizes da OMS, com base em modelagem para efeitos cancerígenos, constatou-se que a concentração de pentaclorofenol associada a risco adicional de câncer de 10⁻⁵ era semelhante ao valor anteriormente sugerido de 9 µg/L e, portanto, este valor foi mantido. No entanto, a diretriz continuou sendo “provisória” devido ao elevado grau de incerteza em torno da extração dos dados de animais para seres humanos (WHO, 2008; 2022).

Tetracloreto de carbono (4 µg/L)

O tetracloreto de carbono compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 36/90, com VMP de 4 µg/L desde a Portaria nº 2.914/2000, certamente por influência das Diretrizes da OMS. Este VMP apresenta a seguinte base de cálculo:

$$\text{VMP} = \frac{1,4 \text{ } \mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 4,2 \text{ } \mu\text{g/L} \approx 4 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$\text{IDT} = \frac{1 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{500} \times \frac{5}{7} = 0,0014 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \approx 1,4 \text{ } \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}$$

IDT obtida em estudo de 12 semanas em ratos (Bruckner *et al.*, 1986): NOAEL de 1 mg/(kg_{pc}.d) associado a efeitos hepatotóxicos; fator de incerteza de 500: 100 para variações interespécies e intraespécie, 10 em função da curta duração do estudo, e um fator de 0,5, pois o contaminante foi administrado em *bolus*, mais eficaz que a ingestão oral. Foi aplicado ainda um fator de 5/7 para ajuste do NOAEL para dosagem diária; peso corpóreo = 60 kg_{pc}; fator de alocação = 0,1; consumo de água = 2 L/d.

A OMS destaca que o limite de 4 µg/L é menor que o valor associado a risco adicional de câncer de 10⁻⁶ (WHO, 2004b).

Tetracloroeteno (40 µg/L)

O tetracloroeteno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 36/90, com VMP de 40 µg/L desde a Portaria nº 1.469/2000, calculado como a seguir, conforme referências da OMS (WHO, 2017):

$$\text{VMP} = \frac{14 \text{ } \mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 42 \text{ } \mu\text{g/L} \approx 40 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$IDT = \frac{14 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d)}{1000} = 0,014 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d) \approx 14 \mu\text{g/kg}_{pc}\cdot d$$

IDT fundamentada em estudo que evidenciou efeitos hepatotóxicos em ratos (WHO, 2017): NOAEL de 14 mg/(kg_{pc}.d); fator de incerteza de 1.000 (100 para variação intraespécie e interespécies e 10 para potencial carcinogênico);

peso corpóreo = 60kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

Ressalta-se que a atual versão, quarta edição das Diretrizes da OMS, incorporando primeiro e segundo adendos, apresenta valor de referência de 100 µg/L (WHO, 2022).

Tolueno (30 µg/L)

O tolueno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000, porém até o Anexo XX da PRC nº 5/2017 como parte do padrão organoléptico, com VMP de 0,17 mg/L. Na atual versão da norma brasileira, tendo como referência a norma canadense, passou a fazer parte do padrão de substâncias químicas orgânicas que representam risco à saúde, com VMP de 30 µg/L; calculado como a seguir (Health Canada, 2014):

$$VMP = \frac{0,0097 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,029 \text{ mg/L} \approx 30 \mu\text{g/L}$$

$$IDT = \frac{0,097 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d)}{10} = 0,0097 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d) \approx 9,7 \mu\text{g/kg}_{pc}\cdot d$$

IDT = 0,0097 mg/(kg_{pc}.d);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

Tricloroeteno (4 µg/L)

O tricloroeteno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 36/90, com VMP de 20 µg/L até a PRC nº 5/2017, Anexo XX, valor este coincidente com o sugerido na 4^a edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2011). Na atual versão da norma brasileira, tomando como referência a norma canadense, o VMP para tricloroeteno foi fixado em 4µg/L, calculado como a seguir (Health Canada, 2005):

$$VMP = \frac{0,00146 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,00428 \text{ mg/L} \approx 4 \mu\text{g/L}$$

$$IDT = \frac{0,146 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d)}{100} = 0,00146 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d) \approx 1,46 \mu\text{g/(kg}_{pc}\cdot d)$$

IDT baseada em estudo de Dawson *et al.* (1993) com cobaias, com manifestação de malformações; o VMP para tricloroeteno foi fixado em 4 μ g/L, seguindo a abordagem da norma canadense; BMDL₁₀ = 0,146 mg/kg_{pc}; fator de incerteza de 100 para variações intraespécie e interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

fator de alocação = 0,2.

Consumo de água = 4 L/d: volume diário de água consumido por pessoa adulta considerando várias rotas de exposição: ingestão, absorção dérmica e inalação durante o banho.

Por se tratar de uma substância altamente volátil, a OMS também chama atenção para a exposição ao tricloroeteno por inalação e absorção dérmica durante o banho, apesar de não ter embutido esses fatores no cômputo do VMP (WHO, 2022).

Xileno (500 μ g/L)

O xileno compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria no 1.469/2000, com VMP de 0,3 mg/L (300 μ g/L), porém como parte do padrão organoléptico. Na atual versão da norma, o xileno foi incorporado ao padrão de substâncias químicas orgânicas que representam risco à saúde, com VMP de 500 μ g/L, calculado como a seguir (WHO, 2022):

$$\text{VMP} = \frac{0,179 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,537 \text{ mg/L} \approx 500 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$\text{IDT} = \frac{250 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{1000} \times \frac{5}{7} = 0,17857 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \approx 179 \text{ } \mu\text{g}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})$$

IDT = 0,179 mg/(kg_{pc}.d); NOAEL de 250 mg/kg_{pc}.d associado ao decréscimo de peso corporal em ratos; fator de incerteza de 1.000, sendo 100 para variações interespécies e intraespécie e 10 pela fragilidade do desfecho toxicológico;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

fator de alocação = 0,1;

consumo de água = 2 L/d.

2.3 Agrotóxicos e metabólitos que representam risco à saúde

Por meio da Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 295, de 29 de julho de 2019, a Anvisa determina que, em avaliação do risco para resíduos de agrotóxicos em alimentos, quando a Ingestão Diária Máxima Teórica (IDMT) for superior a 80% da Ingestão Diária Aceitável (IDA) (aqui referida como Ingestão Diária Tolerável – IDT) de um determinado ingrediente ativo, a exposição pelo consumo de água também deve ser avaliada a fim de que a ingestão crônica total não represente risco inaceitável (Brasil, 2019). Ou seja, pressupõe-se que a exposição pelo consumo de água represente não mais que 20%.

Essa abordagem converge com a usualmente adotada em normas de qualidade da água, que assumem que a exposição a agrotóxicos via consumo de água represente 10% a 20% da exposição total.

No cálculo de VMPs para agrotóxicos que foram incorporados ao padrão de potabilidade na atual versão da norma, foi adotado “fator de alocação” de 10%, em concordância com a abordagem mais recente da OMS (WHO, 2022) e a favor da segurança (pois valores mais baixos da variável “fator de alocação” resultam em VMPs também mais baixos). Em relação aos agrotóxicos que já compunham o padrão de potabilidade, com VMPs calculados com fator de alocação de 20%, conforme abordagem dos EUA (USEPA, 2018), não houve alteração.

2,4 D (30 µg/L)

Acompanhando os movimentos de atualização das Diretrizes da OMS, o 2,4 faz parte do padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 36/90, com VMP de 30 µg/L desde a Portaria nº 1.469/2000, e assim foi mantido. As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são as seguintes:

$$\text{VMP} = \frac{1 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,03 \text{ mg/L} \approx 30 \text{ µg/L}$$

LOAEL= 1 mg/(kg_{pc}.d), estudo de um ano com cães – lesões histopatológicas nos rins e no fígado; estudo de dois anos com ratos – lesões renais (WHO,2022);

fator de incerteza (FI) = 100 (10 para variações intraespécie; 10 para variações interespécies);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação (Fa) = 0,1.

Alacloro (20 µg/L)

O alacloro já compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde Portaria nº 1.469/2000, com VMP de 20 µg/L, e assim foi mantido.

Este VMP é baseado em modelagem de experimentos dose-resposta e estimativa de risco de tumores nasais de 10⁻⁵ (WHO, 2022).

Aldicarbe + aldicarbésulfona +aldicarbésulfóxido (10 µg/L)

O aldicarbe foi incorporado ao padrão de potabilidade brasileiro na Portaria nº 2.914/2000, com VMP de 10 µg/L para o princípio ativo e seus principais subprodutos de degradação (aldicarbésulfona e aldicarbésulfóxido), e assim se mantém. As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira, a seguir explicitadas, tem referência nas Diretrizes da OMS (WHO, 2022):

$$\text{VMP} = \frac{0,003 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,009 \text{ mg/L} \approx 10 \text{ µg/L}$$

IDT= 0,003 mg/(kg_{pc}.d), inibição da colinesterase em estudo de dose única com voluntários humanos;
 peso corpóreo = 60 kg_{pc};
 consumo de água = 2 L/d;
 fator de alocação = 0,1.

Aldrin + dieldrin (0,03 µg/L)

Desde a Portaria nº 56/77, aldrin e dieldrin fazem parte do padrão de potabilidade brasileiro, então, ambos, com VMP de 1 µg/L. Na Portaria nº 36/90, o VMP foi reduzido a 0,03 µg/L e passou a ser expresso como o somatório aldrin + dieldrin, e assim se mantém. A seguir apresenta-se a fundamentação do VMP da norma brasileira, a mesma da OMS (WHO, 2022):

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,025 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{250} \times 60 \text{ kg} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,00003 \text{ mg/L} \approx 0,03 \mu\text{g/L}$$

IDT provisória¹² = 0,1 µg/(kg_{pc}.d) (total combinado para aldrin e dieldrin),
 NOAEL= 0,025 mg/(kg_{pc}.d), obtido a partir de NOAEL de 1 mg/kg obtido de estudo com cães e de 0,5 mg/kg em ratos, que equivalem a 0,025 mg/kg de peso corporal por dia em ambas as espécies;
 fator de incerteza (FI) = 250 (indícios de carcinogenicidade em ratos) (WHO, 2022);
 peso corpóreo = 60 kg_{pc};
 consumo de água = 2 L/d;
 fator de alocação = 0,01.

Ametrina (60 µg/L)

A ametrina foi incorporada ao padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. O VMP foi fixado em 60 µg/L, seguindo abordagem adotada na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022). As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são as seguintes:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{2 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,06 \text{ mg/L} \approx 60 \mu\text{g/L}$$

NOEL¹⁰= 2 mg/(kg_{pc}.d) (estudo de efeitos reprodutivos em ratos);
 fator de incerteza (FI) = 100 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies);
 peso corpóreo = 60 kg_{pc};
 consumo de água = 2 L/d;
 fator de alocação (Fa) = 0,1.

¹⁰NOEL: do inglês *no observed effect level* (dose para efeito não observado); nível de exposição para o qual não se observam aumentos significativos na frequência ou na severidade dos efeitos entre a população exposta e a população-controle (www.tera.org/iter).

A norma australiana faz referência a um estudo de dois anos com ratos, em que foram observadas lesões no fígado e anemia com dose de 2,2 mg/(kg_{pc}.d). Faz também referência a outro estudo com ratos e coelhos, em que não foram observados efeitos reprodutivos ou de desenvolvimento de fetos, apenas perda de ganho de peso corpóreo com dose de 2mg/(kg_{pc}.d), sendo esse o valor adotado como NOEL (nível do efeito não observado) e a base para determinação da IDT e do VMP em água (NHMRC/NRMMC, 2022).

Atrazina + s-clorotriazinas (deetilatrazina, deisopropilpirazina e diaminoclorotriazina) (2 µg/L)

No Brasil, esta substância faz parte do padrão de potabilidade desde a Portaria nº 1.469/2000, com VMP de 2 µg/L. Esta era a abordagem da OMS até a terceira edição das *Diretrizes de qualidade da água*. No entanto, na quarta edição, a OMS passou a regulamentar a atrazina e seus metabólitos cloro-s-triazina: deetilatrazina, deisopropilpirazina e diaminoclorotriazina.

O VMP, na atual versão da norma, foi mantido em 2 µg/L, incluindo agora os metabólitos cloro-s-triazina. Este VMP segue a abordagem da norma canadense (Health Canada, 1993), com a seguinte base de cálculo:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,5 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{1000} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0015 \text{ mg/L} \approx 2 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 0,5 mg/(kg_{pc}.d), obtido em estudos de reprodução com duas gerações de ratos, em que se observou redução do peso corporal da descendência na geração F2.

Fator de incerteza = 1.000, sendo 10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies e 10 por indícios da atrazina como carcinogênico não genotóxico ou como promotor de interferências no regulamento hormonal de ratos;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Carbendazim (120 µg/L)

O carbendazim foi introduzido no padrão de potabilidade na Portaria nº 2.914/2011. O VMP foi então fixado em 120 µg/L, com base no valor de IDT adotado pela Anvisa (Anvisa, 2023a), e assim permanece na atual versão da norma.

$$\text{VMP} = \frac{0,02 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,12 \text{ mg/L} \approx 120 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,02mg/(kg_{pc}.d);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,2.

Carbofurano (7 µg/L)

O carbofurano foi introduzido no padrão de potabilidade na Portaria nº 2.914/201 com VMP = 7 µg/L. De acordo com a quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), na versão atual da norma brasileira o VMP foi mantido em 7 µg/L, cuja base de cálculo é apresentada a seguir.

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,22 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0066 \text{ mg/L} \approx 7 \mu\text{g/L}$$

LOAEL= 0,22 mg/(kg_{pc}.d); efeitos agudos (reversíveis) em cães observados em um estudo de curta duração (quatro semanas), realizado em complemento a um estudo de 13 semanas em que foi observada inibição da atividade acetilcolinesterase eritrocitária (WHO, 2022);

fator de incerteza = 100, 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Ciproconazol (30 µg/L)

O ciproconazol foi incorporado ao padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. Conforme o cálculo a seguir apresentado, o VMP foi fixado em 30 µg/L, com base no valor de IDT adotado pela Anvisa (Anvisa, 2023b):

$$\text{VMP} = \frac{0,01 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,03 \text{ mg/L} \approx 30 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,01 mg/(kg_{pc}.d);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

O valor de IDT adotado pela Anvisa coincide com o referenciado pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), obtido em estudo de um ano com cães a partir de NOAEL de 1 mg/kgpc.d e FI= 100 (USEPA, 2013).

Clordano (0,2 µg/L)

No Brasil, o clordano faz parte do padrão de potabilidade desde a Portaria nº 56/77, originalmente com VMP de 3 µg/L. Na Portaria nº 36/90, o VMP passa a 0,3 µg/L; na Portaria nº 1.469 /2000 é novamente reduzido, para 0,2 µg/L, e assim permanece. Em convergência com a abordagem expressa na quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), as bases de cálculo do VMP da norma brasileira são as seguintes:

$$VMP = \frac{\frac{0,05 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,01}{2 \text{ L/d}} = 0,00015 \text{ mg/L} \approx 0,2 \mu\text{g/L}$$

IDT provisória = 0,5 µg/(kg_{pc}.d);

NOAEL= 0,05mg/(kg_{pc}.d); associado a aumento do peso do fígado, níveis séricos de bilirrubina e incidência de inchaço hepatocelular em ratos;

fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,01.

Clorotalonil (45 µg/L)

O VMP para clorotalonil foi fixado em 45 µg/L, seguindo a abordagem da norma australiana (NHMRC, NRMMC, 2022). As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são as seguintes:

$$VMP = \frac{\frac{1,5 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,045 \text{ mg/L} \approx 45 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 1,5 mg/(kg_{pc}.d); nível de efeito não observado associado a lesões no rim e no estômago; obtido em estudo de longo prazo (dois anos) em camundongos e cães (NHMRC, NRMMC, 2022);

fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Clorpirimifós + clorpirimifós-oxon (30 µg/L)

O clorpirimifós, mais seu metabólito clorpirimifós-oxon, foi incorporado ao padrão de potabilidade na Portaria nº 2.914/2000, com VMP de 30 µg/L. De acordo com os cálculos a seguir descritos e seguindo a abordagem da quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), este VMP foi mantido.

$$VMP = \frac{\frac{1 \text{ mg/(kg}_{pc}\cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,03 \text{ mg/L} \approx 30 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 1 mg/(kg_{pc}.d), associado à inibição da atividade de acetilcolinesterase cerebral em estudos em camundongos, ratos e cães; fator de incerteza de 100 (10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies); ou

NOAEL= 0,1 mg/(kg_{pc}.d), inibição da atividade acetilcolinesterase de eritrócito observada em estudo com indivíduos humanos expostos por nove dias; fator de incerteza de 10 (para variações intraespécie);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

DDT + DDD + DDE (1 µg/L)

DDD + DDT+ DDE compõem o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 36/90 (anteriormente, na Portaria nº 56/77, o padrão era expresso apenas em termos de DDT). O VMP de 1 µg/L para DDD + DDT+ DDE vem desde a Portaria nº 2.914/2011, com a base de cálculo a seguir descrita (WHO, 2022):

$$\text{VMP} = \frac{\frac{1 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,01}{1 \text{ L/d}} = 0,001 \text{ mg/L} \approx 1 \mu\text{g/L}$$

IDT provisória¹² = 0,01 mg/(kg_{pc}.d);

NOAEL= 1 mg/(kg_{pc}.d); associado à observação de toxicidade do desenvolvimento em ratos (WHO, 2022);

fator de incerteza = 100: 10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 10 kg_{pc}: peso corpóreo de uma criança, pelo fato de crianças serem expostas a maiores quantidades de produtos químicos em relação ao seu peso corporal e por causa da preocupação com a bioacumulação do DDT;

Consumo de água = 1 L/d: estimativa de consumo de água por crianças;

fator de alocação = 0,01.

Difenoconazol (30 µg/L)

O difenoconazol foi incorporado ao padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. O VMP foi fixado em 30 µg/L, seguindo informações toxicológicas da Autoridade Europeia para Segurança Alimentar (EFSA, 2011). As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são descritas a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{1 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,03 \text{ mg/L} \approx 30 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 1 mg/(kg_{pc}.d), obtido em estudo de dois anos em ratos;

fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Dimetoato + ometoato (1,2 µg/L)

O dimetoato, juntamente com seu metabólito ometoato, passou a integrar o padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. Seguindo a abordagem adotada na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022), o VMP para o somatório de dimetoato e ometoato foi fixado em 1,2 µg/L, valor estimado com base no ometoato em função de sua maior toxicidade. As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são as seguintes:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,04 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0012 \text{ mg/L} \approx 1,2 \mu\text{g/L}$$

NOEL= 0,04 mg/(kg_{pc}.d) para ometoato; obtido de estudo de dois anos de duração com ratos, no qual verificou-se inibição da acetilcolinesterase (NHMRC/NRMMC, 2022); fator de incerteza = 100; sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Diuron (20 µg/L)

O diuron faz parte do padrão de potabilidade da norma brasileira desde a Portaria nº 2.914/2011, então com VMP de 90 µg/L. Na atual versão da norma, seguindo a abordagem adotada na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022) e conforme os cálculos apresentados a seguir, o VMP foi fixado em 20 µg/L:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,7 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,021 \text{ mg/L} \approx 20 \mu\text{g/L}$$

NOEL= 0,7 mg/(kg_{pc}.d), baseado em estudo de seis meses com ratos, em que se observou redução da concentração de hemoglobina e aumento dos reticulócitos (NHMRC/NRMMC, 2022);

fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Epoxiconazol (60 µg/L)

O epoxiconazol passou a integrar o padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. Com base em dados toxicológicos publicados pela USEPA (2006b), o VMP foi fixado em 60 µg/L, cuja base de cálculo se apresenta a seguir:

$$VMP = \frac{\frac{2 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,06 \text{ mg/L} \approx 60 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 2 mg/(kg_{pc}.d), obtido de estudo de carcinogenicidade em ratos, com duração de dois anos (USEPA 2006b);

fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Fipronil (1,2 µg/L)

O fipronil passou a integrar o padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP foi fixado em 1,2 µg/L, seguindo a abordagem adotada na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022), com a base de cálculo a seguir apresentada:

$$VMP = \frac{\frac{0,02 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,0012 \text{ mg/L} \approx 1,2 \mu\text{g/L}$$

NOEL= 0,02 mg/(kg_{pc}.d);

fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,2.

Em estudos de longo prazo em camundongos, ratos e cães, efeitos no sistema nervoso (irritabilidade, hiperatividade e vocalização) foram observados em ratos com dose de 0,06 mg/kg.dia, e em cães (convulsões, contração facial e desorientação) com 2 mg/kg bw/dia. Nefropatia e aumento do peso do fígado e tireoide associados à hipertrofia e hiperplasia foram observados em todas as espécies. O menor NOEL foi 0,02 mg/kg.d no estudo com ratos com duração de dois anos e é a base para a determinação do VMP (NHMRC/NRMMC, 2022).

Flutriafol (30 µg/L)

O flutriafol também passou a integrar o padrão de potabilidade na Portaria nº888/2021. Com base no valor de IDT adotado pela Anvisa (Anvisa, 2023c), conforme demonstrado a seguir, o VMP foi fixado em 30 µg/L.

$$\text{VMP} = \frac{\frac{1 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,03 \text{ mg/L} \approx 30 \text{ µg/L}$$

NOAEL= 1 mg/(kg_{pc}.d);

fator de incerteza= 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a OMS, na *Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues* de 2011, referendam o valor de IDT de 0,01 mg/(kg_{pc}.d) com base em NOAEL de 1 mg/(kg_{pc}.d) (FI = 100), identificado em estudo de dois anos com ratos e associado a aumento das alterações de gordura e aumento do peso do fígado (LOAEL = 10 mg/(kg_{pc}.d)) (FAO, WHO, 2012). Este é também o valor de IDT assumido pela European Food Safety Authority (EFSA, 2014), e coincide com o valor (IDT) indicado pela Anvisa (Anvisa, 2023c).

Glifosato + Ampa (500 µg/L)

O glifosato faz parte do padrão de potabilidade desde a Portaria nº 1.469/2000, com VMP 500 µg/L. Na Portaria nº 2.914/2000 este mesmo VMP passou a ser expresso para o somatório das concentrações de glifosato e seu principal metabólito (Ampa).

Embora a OMS (WHO, 2022) aponte que glifosato e Ampa apresentam baixa toxicidade e não estabeleça valor guia com base no argumento de que ocorrem em água para consumo humano em concentrações muito inferiores daquela que causa preocupação para a saúde, estimada em 900 µg/L, com base em um NOAEL de 32 mg/(kg_{pc}.d) e fator de incerteza de 100 (para variação interespécie e intraespécie), optou-se pela manutenção do VMP em 500 µg/L, tendo em vista as informações sobre carcinogenicidade do glifosato em processo de revisão pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC, 2017).

Hidroxiatrazina (120 µg/L)

Hidroxiatrazina é também um metabólito da atrazina, mas costuma ser tratada em separado no padrão de potabilidade por apresentar efeito tóxico distinto da atrazina (WHO, 2022). Tomando como referência a quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), o VMP para hidroxiatrazina foi fixado em 120 µg/L; as bases de cálculo desse VMP são apresentadas a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{1 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{25} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,12 \text{ mg/L} \approx 120 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 1 mg/(kg_{pc}.d), identificado em estudo de 24 meses com ratos, em que se observou toxicidade renal com dose de 7,8 mg/kg de peso corporal por dia (WHO, 2022); fator de incerteza = 25, baseado em considerações cinéticas (WHO, 2022); peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,1.

Lindano (gama HCH) (2 µg/L)

O lindano compõe o padrão de potabilidade desde a Portaria nº 36/90. O VMP de 2 µg/L vem desde a Portaria nº 1.469/2000. Esse valor limite foi mantido pela Portaria nº 888/2021. Em consonância com a abordagem da quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), apresentam-se a seguir as bases de cálculo do VMP da norma brasileira:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,47 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,01}{2 \text{ L/d}} = 0,0014 \text{ mg/L} \approx 2 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 0,47 mg/(kg_{pc}.d), baseado em estudos de toxicidade e carcinogenicidade em ratos com duração de dois anos, nos quais foram identificados aumento de incidência de hipertrofia hepatocelular, aumento do peso do fígado e do baço, bem como aumento da mortalidade em doses mais altas (WHO, 2022); fator de incerteza = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies; peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,01.

Malationa (60 µg/L)

A malationa passou a integrar o padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP foi fixado em 60 µg/L, seguindo a abordagem adotada na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022). As bases de cálculo do VMP da norma brasileira são apresentadas a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{2 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,06 \text{ mg/L} \approx 60 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 2 mg/(kg_{pc}.d); estudo de dois anos com ratos, inibição da colinesterase (NHMRC/NRMMC, 2022);

fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Mancozebe + ETU (8 µg/L)

O mancozebe faz parte do padrão de potabilidade desde a Portaria nº 2.914/2011, então com VMP de 12 µg/L. Na Portaria nº 888/2021 o VMP foi alterado para 8 µg/L, passando a ser expresso como o somatório das concentrações de mancozebe e seu principal metabólito – etilenotioureia (ETU). Como o mancozebe se hidrolisa rapidamente em ETU, o VMP é calculado com base em dados de toxicidade de ETU. Tomando como referência a norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022), a seguir são apresentadas as bases de cálculo do VMP da norma brasileira:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,25 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,01}{2 \text{ L/d}} = 0,0075 \text{ mg/L} \approx 8 \mu\text{g/L}$$

LOEL¹¹ = 0,25 mg/(kg_{pc}.d), obtido de estudo de dois anos com administração de ETU em ratos; manifestação de hiperplasia da tireoide, TSH elevada e diminuição da triiodotironina e tiroxina (NHMRC/NRMMC, 2022);

fator de incerteza = 1.000 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies, 10 pelo uso de LOAEL no lugar de NOAEL);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

¹¹LOEL: do inglês *lowest observed effect level* (menor dose para efeito observado); dose ou concentração mais baixa para a qual se observam aumentos significativos na frequência ou na severidade de efeitos entre a população exposta e a população-controle (www.tera.org/iter).

Metamidofós + acefato (7 µg/L)

Metamidofós faz parte do padrão de potabilidade desde a Portaria nº 2.914/2011, com VMP de 12 µg/L. Na Portaria nº 888/2021 o VMP foi alterado para 7 µg/L, passando a ser expresso como o somatório das concentrações de metamidofós e acefato; na realidade, metamidofós (com uso não autorizado no Brasil) é um metabólito do acefato. De acordo com a abordagem da norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022), o VMP para metamidofós + acefato foi fixado com base em dados de toxicidade do acefato.

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,22 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0066 \text{ mg/L} \approx 7 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 0,22 mg/(kg_{pc}.d); estudos com ratos durante dois anos; diminuição da colinesterase no cérebro, no plasma e nos eritrócitos (NHMRC/NRMMC, 2022); fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies); peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,1.

Metolacloro (10 µg/L)

O metolacloro compõe o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000, sempre com VMP de 10 µg/L. As bases de cálculo do VMP da norma brasileira, essencialmente as mesmas da OMS (WHO, 2022), são apresentadas a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{3,5 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{1000} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0105 \text{ mg/L} \approx 10 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 3,5 mg/(kg_{pc}.d); obtido em estudo de um ano com cães – diminuição no peso do fígado); fator de incerteza = 1.000, sendo 10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies e 10 por conta de preocupações com carcinogenicidade; peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,1.

Metribuzim (25 µg/L)

O metribuzim foi incorporado ao padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira, e o cálculo do VMP teve como referência a norma canadense (Health Canada, 2020).

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,83 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0249 \text{ mg/L} \approx 25 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 0,83 mg/(kg_{pc}.d); obtido em estudo de dois anos com cães; relativo a efeitos no fígado (Health Canada, 2020);

fator de incerteza (FI) = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação (Fa) = 0,1.

Molinato (6 µg/L)

O molinato integra o padrão de potabilidade desde a Portaria nº 1.469/2000, sempre com VMP de 6 µg/L. A base de cálculo do VMP da norma brasileira, demonstrada a seguir, tem como referência as Diretrizes da OMS (WHO, 2022).

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,2 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,006 \text{ mg/L} \approx 6 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 0,2 mg/(kg_{pc}.d); valor obtido em estudo com ratos, associado à toxicidade reprodutiva;

fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Paraquate (13 µg/L)

O paraquate passou a fazer parte do padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP para paraquate foi fixado em 13 µg/L, seguindo a abordagem adotada na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022). As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são as seguintes:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,45 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0135 \text{ mg/L} \approx 13 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 0,45 mg/(kg_{pc}.d); estudo de um ano em cães, no qual foi observado aumento da incidência de lesões pulmonares associadas à pneumonite crônica (NHMRC/NRMMC, 2022); fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie; 10 para variações interespécies); peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,1.

Picloram (60 µg/L)

Picloram também passou a fazer parte do padrão de potabilidade na Portaria nº 888/221. O VMP foi fixado em 60 µg/L, seguindo a abordagem da norma canadense (Health Canada, 1988). As bases de cálculo para o VMP da norma brasileira são apresentadas a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{20 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,06 \text{ mg/L} \approx 60 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 20 mg//(kg_{pc}.d); associado à manifestação de efeitos nos rins e no fígado em estudo com ratos;

fator de incerteza = 1.000, sendo 10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies e 10 devido a deficiências na base de dados;

peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,1.

Profenofós (0,3 µg/L)

Protufenós foi incorporado ao padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. O VMP, cujo cálculo se apresenta a seguir, tem referência na norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022).

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,0072 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,00022 \text{ mg/L} \approx 0,3 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 0,0072 mg/(kg_{pc}.d); valor obtido em estudo de seis meses com cães; relativo à inibição da colinesterase no cérebro;

fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies); peso corpóreo = 60 kg_{pc}; consumo de água = 2 L/d; fator de alocação = 0,1.

Propargito (30 µg/L)

Propargito também foi incorporado ao padrão de potabilidade na atual versão da norma brasileira. O VMP foi calculado a partir do valor de IDT adotado pela Anvisa (Anvisa, 2023d).

$$\text{VMP} = \frac{0,01 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1 \\ = 0,03 \text{ mg/L} \approx 30 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,01 mg/(kg_{pc}.d);
peso corpóreo = 60 kg_{pc};
consumo de água = 2 L/d;
fator de alocação = 0,1.

A FAO/OMS, na *Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues* de 1999, referenda o valor de IDT de 0,01 mg/(kg_{pc}.d) com base em LOAEL de 3 mg/(kg_{pc}.d) (FI = 300), relativo à manifestação de tumores em ratas (FAO, WHO, 1999).

Protoconazol + destio - proticonazol (3 µg/L)

Protoconazol é mais um agrotóxico que foi incorporado ao padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. Como o protoconazol tende a ser rapidamente convertido em proticonazol-destio, que vem a ser mais persistente e mais tóxico que o proticonazol, o VMP é expresso em termos do somatório dessas duas substâncias. O VMP da norma brasileira foi calculado com base no valor de IDT adotado pela Anvisa para o protoconazol (Anvisa, 2023e), que coincide com o valor registrado pela USEPA (2007a).

$$\text{VMP} = \frac{0,001 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1 \\ = 0,003 \text{ mg/L} \approx 3 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,001 mg/(kg_{pc}.d);
peso corpóreo = 60 kg_{pc};
consumo de água = 2 L/d;
fator de alocação (Fa) = 0,1.

O valor de IDT tem como referência efeitos crônicos observados em um estudo com ratos (com base em histopatologia hepática), do qual foram extraídas as seguintes informações: NOAEL= 1,1 mg/(kg_{pc}.d); FI = 1.000 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies e 10 devido às incertezas relativas ao dados) (USEPA, 2007).

Simazina (2 µg/L)

A simazina integra o padrão de potabilidade desde a Portaria nº 1.469/2000, sempre com VMP de 2 µg/L. A base de cálculo do VMP da norma brasileira, explicitada a seguir, tem como referência as Diretrizes da OMS (WHO, 2022).

$$VMP = \frac{\frac{0,52 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0016 \text{ mg/L} \approx 2 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 0,52 mg/(kg_{pc}.d); estudo de longo prazo com ratos – alterações de peso e em parâmetros hematológicos, incremento de tumores mamários;

fator de incerteza = 1.000, sendo 10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies e 10 pelos indícios de carcinogenicidade não genotóxica;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Tebuconazol (180 µg/L)

Tebuconazol foi incluído no padrão de potabilidade brasileiro na Portaria nº 2.914/2011, com VMP de 180 µg/L. O cálculo desse VMP, mantido na Portaria nº 888/2021, parte do valor de IDT assumido pela Anvisa (Anvisa, 2023f).

$$VMP = \frac{\frac{0,03 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot d)}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,18 \text{ mg/L} \approx 180 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,03 mg/(kg_{pc}.d);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,2.

A reunião da *Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues* de 2010 (FAO, WHO, 2015) referenda este valor de IDT de 0,03 mg/(kg_{pc}.d); com base em: NOAEL de 2,9 mg/kgpc.d, obtido de dois estudos em cães, com um um ano de duração cada; (ii) manifestação de alterações histopatológicas nas glândulas suprarrenais; (iii) LOAEL de 4,4 mg/(kg_{pc}.d); (iv) fator de segurança de 100 (Ministry of Health, 2019b).

Terbufós (1,2 µg/L)

O terbufós também foi incluído no padrão de potabilidade na Portaria nº 2.914/2011, com VMP de 1,2 µg/L, o qual foi mantido na Portaria nº 888/2021. Também neste caso o cálculo do VMP parte do valor de IDT assumido pela Anvisa (Anvisa, 2023g).

$$VMP = \frac{0,0002 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot d) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,2}{2 \text{ L/d}} = 0,0012 \text{ mg/L} \approx 1,2 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,0002 mg/(kg_{pc}.d);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,2.

A IDT assumida pela Anvisa coincide com a sugerida pela norma australiana, que faz referência a um valor de NOAEL de 0,0025 mg/(kg_{pc}.d) com fator de incerteza de 10, obtido em um estudo de seis meses em cães, com manifestação de inibição da colinesterase (NHMRC/NRMMC, 2022).

Tiametoxam (36 µg/L)

O tiametoxam passou a compor o padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP da norma brasileira, cuja base de cálculo é apresentada a seguir, tem como referência informações toxicológicas disponibilizadas pela USEPA (2017c).

$$\text{VMP} = \frac{1,2 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1 \\ = 0,036 \text{ mg/L} \approx 36 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 1,2 mg/(kg_{pc}.d), associado à atrofia tubular em testículos, observada em estudo de reprodução com duas gerações de ratos (USEPA 2017c);

fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Tiodicarbe (90 µg/L)

O tiódicarbe também passou a compor o padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP foi fixado a partir do valor de IDT assumido pela Anvisa (Anvisa, 2023h).

$$\text{VMP} = \frac{0,03 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,09 \text{ mg/L} \approx 90 \mu\text{g/L}$$

IDT = 0,03 mg/(kg_{pc}.d);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

O valor de IDT de 0,03 mg/(kg_{pc}.d) é referenciado pela USEPA (1998) com base em: (i) NOEL de 3,3 mg/(kg_{pc}.d), identificado em estudo de toxicidade crônica com ratos e associado a aumento de incidência de hematopose extramedular em machos e diminuição da colinesterase nas hemárias em fêmeas; (ii) fator de incerteza de 100.

Tiram (6 µg/L)

Tiram é mais um agrotóxico incluído no padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP (6 µg/L) tem como referência a norma australiana (NHMRC/NRMMC, 2022). A seguir apresentam-se as bases de cálculo para o VMP da norma brasileira.

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,4 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}}.\text{d})}{200} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,006 \text{ mg/L} \approx 6 \mu\text{g/L}$$

IDT = 2 µg/(kg_{pc}.d);

NOEL= 0,4 mg/(kg_{pc}.d); estudo de dois anos com cães, nos quais foram observados distúrbios neurológicos, anemia e alterações no fígado (NHMRC/NRMMC, 2022);

fator de incerteza = 200, sendo 10 para variação intraespécie, 10 para variação interespécies e 2 para incertezas em relação à carcinogenicidade (NHMRC/NRMMC, 2022);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Trifluralina (20 µg/L)

A trifluralina consta no padrão de potabilidade da norma brasileira desde a Portaria nº 1.469/2000, sempre com VMP de 20 µg/L. As bases de cálculo do VMP da norma brasileira são essencialmente as mesmas da OMS (WHO, 2022), apresentadas a seguir:

$$\text{VMP} = \frac{\frac{0,75 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}}.\text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,0225 \text{ mg/L} \approx 20 \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 0,75 mg/(kg_{pc}.d); estudo em cães com um ano de duração, manifestação de aumento de peso do fígado e aumento da metahemoglobina (WHO, 2022);

fator de incerteza = 100;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

2.4 Desinfetantes e subprodutos da desinfecção que representam risco à saúde

2,4,6 triclorofenol (0,2 mg/L)

2,4,6-triclorofenol é um subproduto da cloração e faz parte do padrão de potabilidade da norma brasileira desde a Portaria nº 36/90. O VMP de 0,2 mg/L vem desde a Portaria nº 1.469/2000, e assim foi mantido na Portaria nº 888/2021. Esse valor, coincidente com o sugerido pela OMS, é baseado na modelagem de dados dose-resposta de experimentos com ratos e na estimativa de risco de câncer de 10⁻⁵ (leucemia) (WHO, 2022).

2,4-diclorofenol (0,2mg/L)

2,4 diclorofenol é também um subproduto da cloração. Foi incluído no padrão de potabilidade na atual versão da norma. Conforme os cálculos a seguir, e tendo como referência a norma australiana, o VMP foi fixado em 0,2 mg/L (NHMRC, NRMMC, 2022):

$$\text{VMP} = \frac{\frac{4,5 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}}.\text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,1}{2 \text{ L/d}} = 0,135 \text{ mg/L} \approx 0,2 \mu\text{g/L}$$

NOEL = 4,5 mg/(kg_{pc}.d); estudo em ratos com duração de dois anos (EXON; KOLLER, 1985; citados em NHMRC, NRMMC, 2022);

fator de incerteza (FI) = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,1.

Ácidos haloacéticos total (0,08 mg/L)

Os ácidos haloacéticos (AHA), juntamente com os trihalometanos, estão entre os principais subprodutos da cloração e foram incluídos no padrão de potabilidade da norma brasileira na Portaria nº 2.914/2011. O VMP é estabelecido para o somatório dos nove principais AHA com potencial de serem formados como subproduto da cloração. Seu valor (0,08 mg/L) está associado a risco adicional de câncer, ao longo de toda a vida, em torno de 10⁻⁵, mais especificamente em relação ao ácido dicloroacético (Health Canada, 2008a).

Bromato (0,01 mg/L)

O bromato pode ser formado durante a desinfecção com ozônio quando da presença de íons brometo na água. O bromato também pode estar presente em soluções de hipoclorito. O brometo de sódio, naturalmente presente no cloreto de sódio, pode ser oxidado a bromato em sistemas que utilizam a geração eletroquímica de hipoclorito, geralmente em concentrações que resultarão em níveis muito abaixo do VMP (WHO, 2022).

O bromato foi incorporado ao padrão de potabilidade da norma brasileira na Portaria nº 2.914/2011. Desde então se mantém VMP de 0,01 mg/L, valor este correspondente à estimativa de risco adicional de câncer, em toda a vida, da ordem de 10⁻⁵ (WHO, 2022).

Cloraminas total (4 mg/L)

Reações do cloro com amônia na água podem formar, como subprodutos, cloraminas, incluindo monocloraminas, dicloraminas e tricloraminas. A monocloramina pode ainda ser utilizada como desinfetante. Na Portaria nº 1.469/2000 o VMP era estabelecido para monocloramina, que, de fato, é o principal subproduto entre as cloraminas. A partir da Portaria nº 2.914/2011, o VMP (4 mg/L) passou a ser expresso em relação a “cloraminas total”, isto é, o somatório de todas as cloraminas.

Como mostrado a seguir, calculado com base em informações toxicológicas referentes à monocloramina, o cálculo do VMP resultaria, de fato, em concentração de 3 mg/L (WHO, 2022).

$$VMP = \frac{0,094 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 1}{2 \text{ L/d}} = 2,82 \text{ mg/L} \approx 3 \text{ mg/L}$$

IDT = 0,094 mg/(kg_{pc}.d);

NOAEL = 9,4 mg/(kg_{pc}.d), associado à redução de peso corpóreo em estudo de dois anos com ratos;

fator de incerteza (FI) = 100, sendo 10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 1.

Entretanto, procurando acomodar critérios de eficiência da desinfecção e controle da formação de subprodutos, o VMP da norma brasileira foi estabelecido em 4 mg/L. Ressalta-se, porém, que este VMP se refere ao total de cloraminas, enquanto o modelo de cálculo antes descrito é baseado em monocloramina.

Clorito (0,7 mg/L)

Clorito é o principal subproduto da desinfecção com dióxido de cloro. Entretanto, também é originado durante o armazenamento de soluções de hipoclorito. Nesse caso, faz-se necessária especial atenção às condições operacionais. À medida que a solução envelhece e a concentração de cloro residual livre diminui, torna-se necessário dosar mais produto para atingir a concentração desejada de cloro residual, consequentemente ocorre aumento da concentração de clorito na água distribuída (WHO, 2022).

Faz parte do padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000, inicialmente com VMP igual a 0,2 mg/L, e posteriormente na Portaria nº 2.914/2011, alterado para 1 mg/L. De acordo com a abordagem da quarta edição das Diretrizes da OMS (WHO, 2022), e como demonstrado a seguir, o VMP foi ajustado para 0,7 mg/L na Portaria nº 888/2021.

$$VMP = \frac{\frac{3 \text{ mg}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{pc} \times 0,8}{2 \text{ L/d}} = 0,72 \text{ mg/L} \approx 0,7 \text{ mg/L}$$

NOAEL = 3 mg/(kg_{pc}.d); estudo de toxicidade reprodutiva com ratos, manifestação de redução do peso do fígado (WHO, 2022);

fator de incerteza = 100 (10 para variações intraespécie e 10 para variações interespécies);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,8.

Clorato (0,7 mg/L)

Clorato é também um subproduto da desinfecção com dióxido de cloro, tendo sido incorporado ao padrão de potabilidade na atual versão da norma. Assim como o clorito, o clorato pode ser gerado durante o armazenamento de soluções de hipoclorito (WHO, 2022).

A partir da terceira edição das *Diretrizes da qualidade da água* (WHO, 2008), a OMS passa a especificar valor-limite de 0,7 mg/L para clorato. Na quarta edição, informações toxicológicas mais recentes permitiram estimar o valor máximo para clorato de 0,3 mg/L, com a seguinte fundamentação: (i) *benchmark dose* ($BMDL_{10}$) de 1,1 mg/(kg_{pc}.d) associada a efeitos não neoplásicos na tireoide, observados em estudo de carcinogenicidade em ratos; (ii) fator de incerteza = 100; (iii) IDT = 0,001 mg/(kg_{pc}.d); (iv) consumo de água = 2 L/dia; (v) peso corpóreo = 60 kg_{pc}; (vi) fração da exposição atribuída à água = 80% (WHO, 2022). Porém, como destacado em WHO (2022), o objetivo de atendimento a esse limite de clorato poderia comprometer a eficácia da desinfecção com dióxido de cloro; assim, a OMS manteve a indicação de valor máximo provisório de 0,7 mg/L (WHO, 2022). Essa foi também a abordagem assumida na Portaria GM/MS nº 888/2021.

Ademais, a agência de saúde canadense determina VMP para clorato igual a 1 mg/L, baseado em: (i) NOAEL = 30 mg/(kg_{pc}.d), obtido em estudo de toxicidade com duração de noventa dias, em que foram observadas alterações na glândula tireoide de ratos (McCauley et al., 1995); (ii) fator de incerteza = 1.000 (100 vezes para variações inter e intraespécies e 10 vezes pela curta duração do estudo); (iii) IDT = 0,03 mg/kg pc.dia; (iv) consumo de água = 1,5 L/dia; (v) peso corpóreo = 70 kg; (vi) fração da exposição atribuída à água = 80% (Health Canada, 2008b).

Cloro (5 mg/L)

O VMP para cloro livre foi mantido em 5 mg/L, assim especificado no padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000. A seguir apresenta-se a fundamentação do VMP da norma brasileira, essencialmente a mesma da OMS (WHO, 2022).

$$VMP = \frac{0,150 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}}.\text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 1}{2 \text{ L/d}} = 4,5 \text{ mg/L} \approx 5 \text{ mg/L}$$

IDT = 0,150 mg/(kg_{pc}.d);

NOAEL = 15 mg/(kg_{pc}.d); ausência de toxicidade em estudo de dois anos com roedores (WHO, 2022);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 1.

N-nitrosodimetilamina (0,0001 mg/L)

Este subproduto da desinfecção com cloramina passou a compor o padrão de potabilidade na Portaria nº 888/2021. O VMP de 0,0001 mg/L está associado à manifestação de cistoadenomas biliares hepáticos em ratas (WHO, 2022).

Trihalometanos total (0,1 mg/L)

Juntamente com os AHA, os trihalometanos (THM) estão entre os principais subprodutos da cloração; constam no padrão de potabilidade da norma brasileira desde a Portaria nº 36/90, sempre com VMP de 0,1 mg/L, estabelecido para a soma dos cinco principais THM. O VMP da norma brasileira tem a mesma fundamentação da norma canadense (Health Canada, 2006b).

$$\text{VMP} = \frac{\frac{13 \text{ mg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d})}{100} \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,8}{4,11 \text{ L/d}} = 0,072 \text{ mg/L} \approx 0,1 \text{ mg/L}$$

LOAEL = 13 mg/(kg_{pc}.d); associado ao desenvolvimento de lipomas (cistos) hepáticos em cães;

fator de incerteza (FI) = 2.100, sendo 100 para variações intraespécie, 10 para variações interespécies, sete vezes pelo fato de o tempo de exposição (7,5 anos) ter sido menor que o tempo de vida dos cães e três vezes para o uso do LOAEL no lugar do NOAEL;

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 4,11 Leq/d (consumo médio de água por adulto, valor ajustado para exposição por múltiplas vias, incluindo ingestão e inalação durante o banho);

fator de alocação = 0,8.

Ao fim, mais uma vez na perspectiva do balanceamento entre critérios de factibilidade de atendimento ao padrão nas estações de tratamento e de eficácia da desinfecção, o VMP pra TTHM, calculado em 0,07 mg/L, foi arredondado para 0,1 mg/L, no entendimento ainda de que isso tem pouco impacto sobre os riscos à saúde (Health Canada, 2006b). Ademais, embora o VMP seja referente a TTHM, o cálculo do VMP acima apresentado baseia-se em informações sobre o clorofórmio (o THM mais comumente encontrado em água para consumo humano).

2.5 Padrão de cianotoxinas da água para consumo humano

Microcistina (1,0 µg/L)

O parâmetro microcistina compõem o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000. O VMP da norma brasileira tem como referência a norma australiana (NHMRC, NRMMC, 2022), com a fundamentação a seguir descrita:

$$\text{VMP} = \frac{0,040 \text{ µg}/(\text{kg}_{\text{pc}} \cdot \text{d}) \times 60 \text{ kg}_{\text{pc}} \times 0,9}{2 \text{ L/d}} = 1,08 \text{ µg/L} \approx 1,0 \text{ µg/L}$$

IDT = 0,040 µg/(kg_{pc}.d);

NOAEL = 40 µg/(kg_{pc}.d); estudo de 13 semanas com camundongos, manifestação de patologia hepática;

fator de incerteza de 1.000 (100 para variabilidade interespécies e intraespécie e 10 para deficiências do banco de dados);

fração da IDT atribuída ao consumo de água = 0,9;

consumo de água = 2 L/dia;

peso corpóreo = 60 kg_{pc}.

Saxitoxinas (3,0 µg/L)

As saxitoxinas também compõem o padrão de potabilidade brasileiro desde a Portaria nº 1.469/2000, como recomendação. O VMP da norma brasileira tem como referência a norma australiana (NHMRC, NRMMC, 2022), com a fundamentação a seguir descrita:

$$VMP = \frac{124 \text{ } \mu\text{g STX eq} \times 0,5}{2 \text{ L/d} \times 10} = 3,1 \text{ } \mu\text{g/L} \approx 3,0 \text{ } \mu\text{g/L}$$

LOAEL = 124 µg STX-eq, referente à informações disponíveis sobre intoxicação humana;

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,5;

fator de incerteza = 10, pelo uso de LOAEL em vez de NOAEL.

Cilindropermopsinas (1,0 µg/L)

Estas cianotoxinas também constam como recomendação na Portaria GM/MS nº 1.469/2000, como recomendação. Novamente o VMP da norma brasileira tem como referência a norma australiana (NHMRC, NRMMC, 2018), com a fundamentação a seguir descrita:

$$VMP = \frac{\frac{30 \text{ } \mu\text{g}/(\text{kg}_{pc} \cdot \text{d})}{1000} \times 60 \text{ } \text{kg}_{pc} \times 0,9}{2 \text{ L/d}} = 0,81 \text{ } \mu\text{g/L} \approx 1,0 \text{ } \mu\text{g/L}$$

NOAEL= 30 µg/d; estudos com camundongos, com duração de 10 e 11 semanas; histopatologias hepáticas, alterações de peso de órgãos corporais e do nível da enzima serum;

fator de incerteza = 1.000 (10 para variabilidade interespécies, 10 para variabilidade intraespécie e 10 para limitações do banco de dados);

peso corpóreo = 60 kg_{pc};

consumo de água = 2 L/d;

fator de alocação = 0,9.

2.6 Padrão organoléptico de potabilidade

Alumínio (0,2 mg/L)

Valores mais elevados podem conferir coloração à água e/ou promover a formação e depósitos de hidróxido de alumínio no sistema de distribuição, com aparência/cor gelatinosa esbranquiçada (WHO, 2022).

Amônia (como N) (1,2 mg/L)

Valores mais elevados estão associados a manifestação de odor (WHO, 2022).

Cloreto (250 mg/L)

Valores mais elevados estão associados a manifestação de gosto e a potencial de corrosão em sistemas de distribuição de água (WHO, 2022).

Cor aparente (15 uH)

Valores acima do VMP são detectáveis (aparência) pela maioria dos consumidores (WHO, 2022).

1,2 diclorobenzeno (0,001 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto (WHO, 2022).

1,4 diclorobenzeno (0,0003 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de odor (WHO, 2022).

Dureza total (300 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto, dificuldade de formação de espuma e precipitação de carbonatos ao longo da rede (WHO, 2022).

Ferro (0,3 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto e cor (WHO, 2022).

Gosto e odor (intensidade 6)

Intensidade de gosto e odor de fraco a moderado.

Manganês (0,1 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar sabor indesejável à água e manchas em utensílios e roupas (NHMRC, NRMMC, 2022).

Monoclorobenzeno (0,02 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto e odor (WHO, 2022).

Sódio (200 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto (WHO, 2022).

Sólidos dissolvidos totais (500 mg/L)

Padrão da resolução Conama 357/2005 para águas doces e valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto e deposição de sólidos nas tubulações (Health Canada, 2022).

Sulfato (250 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto (WHO, 2022).

Sulfeto de hidrogênio (0,05 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto e odor (WHO, 2022).

Turbidez (5 uT)

Valores acima do VMP são detectáveis (aparência) pela maioria dos consumidores (NHMRC, NRMMC, 2022).

Zinco (5 mg/L)

Valores acima do VMP podem provocar manifestação de gosto e cor (WHO, 2022).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Carbendazim. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/c/4227json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Ciproconazol. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/c/4235json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Flutriafol. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023c. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/f/4345json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Propargito. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023d. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/p/4472json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Protiococonazol. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023e. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/p/4494json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Tebuconazol. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023f. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/t/4538json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Terbufós. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023g. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/t/4542json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Tiodicarbe. In: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Monografias de agrotóxicos**. Brasília, DF: Anvisa, 2023h. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/t/4536json-file-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; KELLER, R. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: GONÇALVES, R. F. (coord.). **Desinfecção de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: Abes: RiMa, 2003. p. 27-88. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabRicardo.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

BASTOS, R. K. X; BEVILACQUA, P. D.; HELLER, L.; VIEIRA, M. B. C. M.; BRITO, L. A. Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da qualidade parasitológica da água. Entre o desejável e o possível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 21, João Pessoa. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Abes, 2001. CD-ROM.

BASTOS, R. K. X; BRANDÃO, C. C. S; CERQUEIRA, A. C. Tratamento de água e remoção de protozoários. In: PÁDUA, V. L. (coord.). **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. p. 109-150. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_1.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 252 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Comentários sobre a Portaria MS no 518/2004**: subsídios para implementação. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005a. 92 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/comentarios_portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

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. 51 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Guia prático de inspeção sanitária em formas de abastecimento de água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. 64 p. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svs/vigilancia-ambiental/guia_abastecimento_agua_consumo_humano.pdf/view. Acesso em: 8 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. 84 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

BRENNIMAN, G. R; LEVY, P. S. Epidemiological study of barium in Illinois drinking water supplies. In: CALABRESE, E. J; TUTHILL, R. W.; CONDIE, L. (ed.). **Inorganics in water and cardiovascular disease**. Princeton, NJ: Princeton Publishing Co., 1985. p. 231-240.

BRUCKNER, J. V. et al. Oral toxicity of carbon tetrachloride: Acute, subacute, and subchronic studies in rats. **Fundamental and Applied Toxicology**, v. 6, n. 1, p. 16-34, 1986. DOI: 10.1016/0272-0590(86)90260-5.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução Conama no 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Brasília, DF: Conama, 2005.

DAWSON, B. V. et al. Cardiac teratogenesis of halogenated Hydrocarbon-contaminated drinking water. **J. Am. Coll. Cardiol.**, v. 21, n. 6, p. 1466-1472, 1993. DOI: 10.1016/0735-1097(93)90325-u.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance difenoconazole. **EFSA Journal**, v. 9, n. 1, 2011. DOI: 10.2903/j.efsa.2011.1967.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Reasoned opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for flutriafol according to article 12 of Regulation (EC) n° 396/2005. **EFSA Journal**, v. 12, n. 5, 2014. DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3687

EXON, J. H.; KOLLER, L. D. Toxicity of 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol and 2,4,6-trichlorophenol. In: JOLLEY, R. L. et al. (ed.) **Water chlorination: chemistry, environmental impact and health effects**. Chelsea, Michigan: CRC Press, 1985. v. 5, p. 307-330.

FERON, V. J. et al. Lifespan oral toxicity study of vinyl chloride in rats. **Food Cosmet. Toxicol.**, v. 19, p. 317-333, 1981.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Pesticide residues in food – 1999: Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. **FAO plant production and protection paper**, Rome, 1999. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb2672en/CB2672EN.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Pesticide residues in food – 2011**: Joint Meeting FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Geneva: WHO, 2012. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75147/9789241665278_eng.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Pesticide residues in food – 2015: Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. **FAO Plant Production and Protection Paper**, Roma, n. 223, 2015. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Report2015/web_JMPR_2015_Report_Draft_Nov_21v2.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **1,4-dioxane in drinking water**: guideline technical document for public consultation. [S. I.]: Health Canada, 2018a. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-1-4-dioxane-drinking-water/pub-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Picloram. [S. I.]: Health Canada, 1988. Editado em 1990. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-picloram.html>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Atrazine. [S. I.]: Health Canada, 1993. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-atrazine-eau/alt/water-atrazine-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Arsenic. Ottawa: Health Canada, 2006a. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-arsenic-eau/alt/water-arsenic-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Trihalomethanes. Ottawa: Health Canada, 2006b. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-trihalomethanes-eau/alt/water-trihalomethanes-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Haloacetic Acids. Ottawa: Health Canada, 2008a. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-haloacetic-haloacetique-eau/alt/water-haloacetic-haloacetique-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Chlorite and Chlorate. Ottawa: Health Canada, 2008b. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-chlorite-chlorate-eau/alt/water-chlorite-chlorate-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Benzene. Ottawa: Health Canada, 2009. Disponível em: https://publications.gc.ca/collections/collection_2011/sc-hc/H128-1-09-589-eng.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Turbidity. Ottawa: Health Canada, 2012. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-turbidity-turbidite-eau/alt/water-turbidity-turbidite-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Vinyl Chloride. Ottawa: Health Canada, 2013. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-vinyl-chloride-chlorure-vinyle-eau/alt/water-vinyl-chloride-chlorure-vinyle-eau-eng.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: 1,2-Dichloroethane. Ottawa: Health Canada, 2014a. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-1-2-dichloroethane.html>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Toluene, Ethylbenzene and Xylenes. Ottawa: Health Canada, 2014b. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-toluene-eau/alt/water-toluene-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: guideline technical document: Benzo[a]pyrene. Ottawa: Health Canada, 2016. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-benzo-alpha-pyrene/pub-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: supporting documentation: Trichloroethylene. Ottawa: Health Canada, 2005. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-trichloroethylene-eau/alt/water-trichloroethylene-eau-eng.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality**: summary table. Ottawa: Health Canada, 2022. Disponível em: https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/summary-tables-sept-2022-eng.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

HEALTH CANADA. **Metribuzin in drinking water**: guideline technical document for public consultation. Ottawa: Health Canada, 2020. Disponível em: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/programs/consultation-metribuzin-drinking-water/document/Metribuzin-consultation-ENG-June-15-2020.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH OF CANCER. **Some organophosphate insecticides and herbicides**. Lyon: IARC, 2017. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, v. 112. Disponível em: <https://publications.iarc.fr/549>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MACKENZIE, R. D. et al. Chronic toxicity studies. II. Hexavalent and trivalent chromium administered in drinking water to rats. **American Medical Association Archives of Industrial Health**, v. 18, p. 232-234, 1958.

MCCAULEY, P. T. et al. The effects of subchronic chlorate exposure in Sprague-Dawley rats. **Drug. Chem. Toxicol.**, v. 18, n. 2-3, p. 185-199, 1995.

MINISTRY OF HEALTH (Nova Zelândia). **Guidelines for drinking-water quality management for New Zealand**: Volume 3 – The datasheets: chemical and physical determinants: Part 2.1: Inorganic chemicals. [S. l.]: Ministry of Health, 2019a. Disponível em: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.taumataarowai.govt.nz%2Fassets%2FUploads%2FMinistry-of-Health-drinking-water-datasheets%2Fdwg_vol3_datasheets_-_chemical_and_physical_determinants-part_2-1_inorganic_chemicals.docx&wdOrigin=BROWSELINK. Acesso em: 8 ago. 2023.

MINISTRY OF HEALTH (Nova Zelândia). **Guidelines for drinking-water quality management for New Zealand**: Volume 3 – The datasheets: chemical and physical determinants: Part 2.3: Pesticides [S. l.]: Ministry of Health. 2019b. Disponível em: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.taumataarowai.govt.nz%2Fassets%2FUploads%2FMinistry-of-Health-drinking-water-datasheets%2Fdwg_vol3_datasheets_-_chemical_and_physical_determinants-part_2-3_pesticides.docx&wdOrigin=BROWSELINK. Acesso em: 8 ago. 2023.

MINISTRY OF HEALTH (Nova Zelândia). Protozoal compliance. In: MINISTRY OF HEALTH. **Guidelines for drinking-water quality management for New Zealand**. [S. l.]: Ministry of Health, 2019c. Disponível em: <https://www.taumataarowai.govt.nz/assets/Uploads/Guidance/Ministry-of-Health-Drinking-Water-Quality-Guidelines-for-New-Zealand.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

MORTON, S. J. **The hepatic effects of dietary di-2-ethylhexyl phthalate**. 1979. Dissertação (Doutorado) – Johns Hopkins University, Ann Arbor, 1979.

NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL; NATIONAL RESOURCE MANAGEMENT MINISTERIAL COUNCIL. **Australian drinking water guidelines 6**. Camberra: Commonwealth of Australia, 2011. Versão 3.8, atualizado em set. 2022. Disponível em: <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines#block-views-block-file-attachments-content-block-1>. Acesso em: 8 ago. 2023.

SANTOS, A. R. A rede laboratorial de saúde pública e o SUS. **Inf. Epidemiol. Sus**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 7-14, jun. 1997. Disponível em http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16731997000200002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 8 ago. 2023.

SCHROEDER, H. A.; MITCHENER, M.; NASON, A. P. Zirconium, niobium, antimony, vanadium and lead in rats: Lifeterm studies. **Journal of Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 59-68, 1970.

THOMPSON, T. et al. **Chemical safety of drinking water**: assessing priorities for risk management. Geneva: World Health Organization, 2007. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43285>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Cyproconazole; pesticide tolerances. Washington D.C. **Federal Register**, v. 78, n. 120, 21 jun. 2013. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2013-06-21/pdf/2013-14914.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Drinking Water Standards and Health Advisories**. Washington, DC: USEPA, 2018. Edição de 2018. Disponível em: <https://19january2021snapshot.epa.gov/sites/static/files/2018-03/documents/dwtable2018.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidance manual for compliance with the filtration and disinfection requirements for public water systems using surface water sources**. Washington, DC: USEPA, 1991. Disponível em https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/guidance_manual_for_compliance_with_the_filtration_and_disinfection_requirements.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for carcinogen risk assessment**. Washington, DC: USEPA, 2005b. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-09/documents/cancer_guidelines_final_3-25-05.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Membrane Filtration Guidance Manual**. Washington, DC: USEPA, 2005a. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901V0500.PDF?Dockey=901V0500.PDF>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Primary Drinking Water. Regulations: long term 2 enhanced surface water treatment rule; Final Rule. **Federal Register**, v. 71, n. 3, 5 jan. 2006a. Disponível em <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2006-01-05/pdf/06-4.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Occurrence Data from the Unregulated Contaminant Monitoring Rule**. UCMR 3 (2013-2015) Occurrence Data. [S. l.]: USEPA, 2017b. Disponível em: <https://www.epa.gov/dwucmr/occurrence-data-unregulated-contaminant-monitoring-rule#3>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Pesticide fact sheet:** Epoxiconazole. Washington, DC: USEPA, 2006b. Disponível em: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-123909_01-Aug-06.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Pesticide fact sheet:** Prothioconazole. Washington, DC: USEPA, 2007. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100BIKY.PDF?Dockey=P100BIKY.PDF>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Reregistration eligibility decision (RED):** Thiodicarb. Washington, DC: USEPA, 1998. Disponível em: <https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/2675red.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Thiamethoxam; pesticide tolerances. Washington D.C. **Federal Register**, v. 82, n. 30, 15 fev. 2017c. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2017/02/15/2017-03075/thiamethoxam-pesticide-tolerance>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Toxicological review of benzo[a]pyrene.** Washington, DC: USEPA, 2017a. Disponível em: <https://iris.epa.gov/static/pdfs/0136tr.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Vinyl chloride; CASRN 75-01-4.** [S. l.]: USEPA, 2000. Chemical Assessment Summary. Disponível em: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/1001_summary.pdf. Acesso em: 8 ago. 2023.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

Wester, P. W.; VAN DER HEIJDEN, C. A; VAN ESCH, G. J. Carcinogenicity study with epichlorohydrin (CEP) by gavage in rats. **Toxicology**, v. 36, p. 325-339, 1985.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Carbon tetrachloride in drinking-water:** background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO, 2004b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Epichlorohydrin in drinking-water:** Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO, 2004a.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality.** 3. ed. Geneva: WHO, 2008. v. 1 – recommendations, incorporating the first and second addenda. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547611>. Acesso em: 8 ago. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality.** 4. ed. Geneva: WHO, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>. Acesso em: 8 ago. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2017. Incorporating the first addendum. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 8 ago. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2022. Incorporating the first and second addenda. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>. Acesso em: 8 ago. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 2. ed. Geneva, WHO, 1993. v. 1 – Recommendations. Disponível em: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/drinking-water-quality-guidelines/previous-editions>. Acesso em: 8 ago. 2023.

Conte-nos o que pensa sobre esta publicação. **Clique aqui** e responda à pesquisa.

Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde
bvsms.saude.gov.br



MINISTÉRIO DA
SAÚDE

Governo
Federal