

A REGULAMENTAÇÃO DOS POLUENTES EMERGENTES NO CONTEXTO INTERNACIONAL DO REÚSO POTÁVEL DE ÁGUA

Mickaela Midon da Paixão⁽¹⁾

Engenheira Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), assessora técnica da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, seção Rio de Janeiro (ABES-Rio). Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Renata de Oliveira Pereira⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Civil pela mesma instituição. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora associada da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Ana Silvia Pereira Santos⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Doutora pela mesma instituição. Professora Adjunta da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Diretora Executiva do Instituto Reúso de Água

Endereço⁽¹⁾: Praça Petrolândia, Casa 02 – Jardim Primavera - Duque de Caxias – RJ – CEP: 25223-450
Tel: (21) 98309-5480 - e-mail: mickaelapaixao@hotmail.com

RESUMO

Introdução: Um dos principais desafios científicos para a institucionalização do reúso potável de água é o risco sanitário em função da presença dos contaminantes de preocupação emergente, uma vez que a contaminação microbiológica é um problema cientificamente resolvido. **Métodos:** Neste contexto, o estudo avaliou o cenário global em relação à regulamentação para o reúso potável direto e indireto, destacando a preocupação com os poluentes emergentes em documentos legais mandatórios e orientativos não mandatórios. Para isso, foi utilizado o método de revisão da literatura, com um recorte temporal entre os anos de 2018 e 2022. **Resultados:** A análise dos artigos científicos selecionados gerou um entendimento amplo do cenário internacional de regulamentação de reúso potável. Posteriormente foram selecionados 18 documentos regulatórios relacionados ao reúso potável no mundo: 10 de caráter legal, 3 de caráter orientativo e 5 de duplo caráter. No total, somente 6 dos documentos analisados indicam padrões para poluentes emergentes, com destaques para diferentes classes, em função da abordagem, da modalidade e da região. **Conclusão:** Neste sentido, o reúso potável de água requer uma estrutura regulatória bem definida e adequada às características locais e regionais, de modo a permitir e orientar a sua aplicação de maneira segura. Aparentemente, a regulamentação da via indireta, anteriormente à via direta, parece ser um caminho mais acessível. Neste sentido, ganha-se experiência, enquanto a área científica apresenta resultados mais contundentes para novos avanços.

PALAVRAS-CHAVE: Água de Abastecimento, Desreguladores endócrinos, Microcontaminantes, Micropoluentes.

INTRODUÇÃO

A institucionalização da agenda 2030 pela Organização das Nações Unidas (ONU), criou 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como um plano de ação global, visando os aspectos humano, ambiental e econômico. O ODS 6 define metas e ações para garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos (ONU, 2015).

Dentre as soluções propostas para alcançar as metas do ODS6 encontra-se o reúso de água para consumo humano (reúso potável), que pode ser direto ou indireto. O reúso potável indireto (RPI) consiste no lançamento dos efluentes tratados em corpos d'água para que possam ser diluídos no manancial e captados a jusante, enquanto no reúso potável direto (RPD) os efluentes são encaminhados diretamente à ETA ou ao ponto de utilização (CETESB, 2022). Neste sentido, Hespanhol (2015) afirma que o reúso da água surge como uma alternativa para os sistemas de tratamento de água, principalmente em grandes regiões metropolitanas e em áreas com maior vulnerabilidade hídrica. Inclusive, Frijins et al. (2016) afirmam que a produção de água potável a partir de água para reúso pode ter um custo menor quando comparado ao custo de importação de água de áreas vizinhas e mais distantes.

Rachel Carson (1969), em seu livro “Primavera Silenciosa”, afirma que novos acontecimentos no mundo acompanham o ritmo insensato do ser humano em vez de seguir a velocidade de regeneração da natureza, permitindo a reposição de recursos fundamentais para a humanidade e para o ambiente. Rachel, referindo-se a produtos químicos que se disseminaram mundialmente, utiliza o termo “biocidas” aludindo ao dano que tais produtos podem causar à vida. Este conjunto de produtos químicos inclui fármacos, produtos de higiene pessoal ou doméstica, pesticidas, hormônios, compostos industriais, entre outros. Atualmente, estes compostos químicos são classificados de acordo com a USEPA (2014), como contaminantes de preocupação emergente. Estes contaminantes estão sendo detectados, cada vez mais, em baixos níveis em diversas matrizes ambientais. Há, neste caso, uma preocupação de que esses compostos possam ter um grande impacto no ambiente e segundo USGS (2019), o cenário se agrava quando a presença dessas substâncias em corpos d'água, compromete sua qualidade para consumo humano.

Dentro do grupo de poluentes emergentes há um conjunto de compostos que são capazes de alterar o sistema endócrino conhecido como: desreguladores endócrinos (DE). Esse grupo tem sido um dos mais estudados devido aos potenciais efeitos estrogênicos e carcinogênicos. O consumo de água contaminada é um dos fatores que permitem o contato dessas substâncias com o ser humano, visto que processos convencionais de tratamento de água não são capazes de eliminar a presença de parte considerável desse grupo (SANTOS *et al.*, 2021).

Atualmente, a discussão sobre a remoção de poluentes emergentes cresce de forma acentuada, em uma taxa de aproximadamente 17% por ano. A expressividade do tema cresce desde 2016, chegando ao auge em 2020. Entre os países que mais publicaram artigos sobre o assunto estão China, Espanha, Estados Unidos, Brasil e Portugal (RIGUETO, 2021).

A fim de reduzir o impacto de micropoluentes na saúde humana e no meio ambiente, há um crescente número de regulações para essa classe de poluentes (ALVES, 2016). No contexto do reúso potável são estas leis que autorizam e dão as condições mínimas para que se torne possível a distribuição e o consumo da água para reúso.

Nesse contexto, durante muitos anos, o principal problema em relação à água de abastecimento foi a contaminação fecal, associada à transmissão de diversas doenças de veiculação hídrica. Mais recentemente, os micropoluentes ganharam destaque, associados a outros tipos de comorbidades, conforme já mencionado.

Diante da problemática que envolve a escassez hídrica e os eventos cada vez mais severos de seca em várias regiões do mundo, os desafios futuros da água são muitos. Entre eles, destaca-se o abastecimento doméstico, por envolver maior rigor em relação à qualidade e apresentar demandas cada vez mais elevadas. Assim, o reúso de água para fins potáveis vem ganhando destaque nos últimos anos. No entanto, sua aplicação está associada a um elevado risco de saúde pública, considerando-se que esta é para ingestão. O problema da contaminação fecal é cientificamente resolvido, embora as aplicações práticas em todo o mundo ainda sejam deficitárias. Porém a questão dos micropoluentes é urgente.

OBJETIVO

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a regulamentação existente no mundo para o reúso potável direto e indireto, bem como documentos norteadores e orientativos institucionais, para o mesmo fim. Ainda, o trabalho destaca a participação dos micropoluentes nestes documentos, de forma a criar um cenário de entendimento mais amplo sobre essa abordagem na regulação mundial.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma intensa revisão da literatura sobre regulamentação de reúso potável de água no mundo, com o objetivo de delimitar padrões de qualidade de água para os principais poluentes emergentes. Para isto, foram considerados os seguintes principais aspectos, conforme demonstrado e detalhado na Figura 1.

- Busca de artigos científicos na base de dados do Google Acadêmico, considerando um recorte temporal desde 2018 até 20 de outubro de 2022;
- Triagem dos artigos selecionados, considerando, títulos e resumos relacionados ao tema da pesquisa;
- Identificação de países/regiões citados nos artigos selecionados, que atualmente regulam o reúso potável de água no mundo;
- Busca dos documentos reguladores oficiais de cada região que consideram padrões de controle para poluentes emergentes, em casos de reúso potável de água.

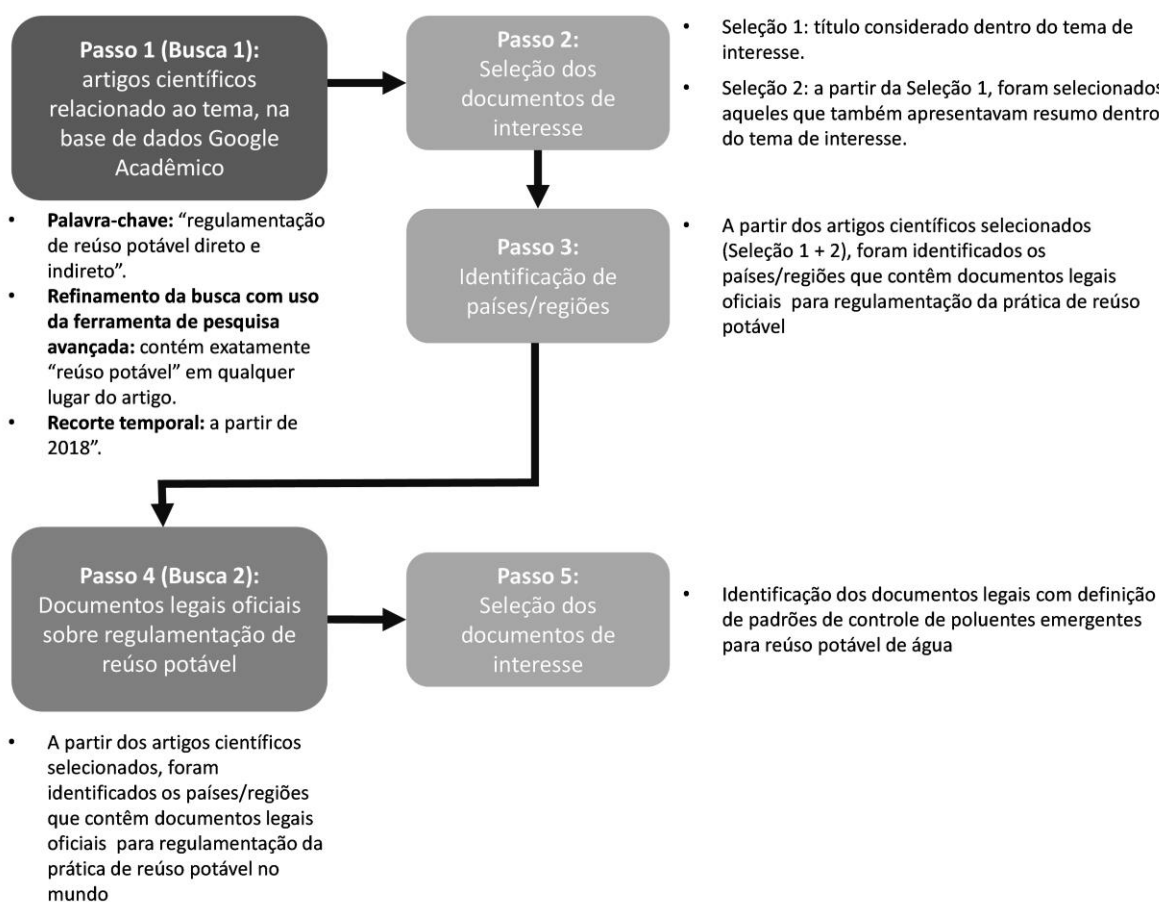


Figura 1: Descrição da metodologia utilizada para seleção dos documentos na revisão de literatura

Fonte: A autora (2022).

A partir do recorte metodológico apresentado na Figura 1 foi possível compreender o atual cenário regulatório de reúso potável de água no mundo. Após a leitura dos artigos, foi criada uma lista de países/regiões que regulamentam a prática, considerando tanto o direto como o indireto. Além da abordagem legal, foram identificados documentos orientativos de instituições internacionais que apresentam diretrizes e critérios para o mesmo fim, porém sem efeito legal. Completando a seleção inicial, foram incluídos outros documentos regulatórios, que não foram mencionados nos artigos selecionados, mas que eram de conhecimento prévio dos autores.

Para elaboração do conteúdo de discussão, foram então extraídas as seguintes informações dos documentos selecionados: 1) ano, 2) tipo de documento, 3) tipo de regulamentação (reuso direto, indireto ou ambos), e 4) em qual deles há regulamentação para poluentes emergentes.

RESULTADOS OBTIDOS

Conforme apresentado na Figura 2 foram encontrados, inicialmente, 110 artigos [Passo 1 (Busca 1) do recorte metodológico]. Dentre eles foram selecionados 16 artigos científicos contendo informações precisas de aspectos legais [Passo 2], que geraram o entendimento do cenário internacional de regulamentação de reúso potável [Passo 3]. Posteriormente foram selecionados documentos legais de interesse no tema [Passo 4], que levaram à definição de uma lista de 18 documentos orientativos e/ou regulatórios de reúso potável no mundo. Dentre eles, somente 6 adotam padrões de controle para poluentes emergentes.



Figura 2: Resultado da metodologia de busca e seleção de documentos

Fonte: A autora (2022).

Na Tabela 1 podem ser observados os 18 documentos resultantes da revisão da literatura, considerando ano de publicação, indicação para reúso potável direto (RPD) ou indireto (RPI) e, definição ou não de padrões de controle para poluentes emergentes, classificados em:

- Diretriz – para os documentos sem valor legal; ou
- Lei – para os documentos relacionados a atos legislativos.

Tabela 1: Documentos oficiais sobre reúso potável no mundo e a regulamentação de poluentes emergentes

Documento	Tipo de documento	Publicação	RPI	RPD	Padrões para poluentes emergentes
Namíbia	Diretriz e lei	1968	Não	Sim	Não
Novo México (EUA)	Lei	2001	Sim	Não	Não
Austrália	Diretriz e lei	2008	Sim	Não	Sim
Virgínia (EUA)	Lei	2008	Sim	Não	Não
Oregon (EUA)	Lei	2009	Sim	Sim	Não
Montana (EUA)	Lei	2009	Sim	Não	Não
Massachusetts (EUA)	Lei	2009	Sim	Não	Não
Carolina do Norte (EUA)	Lei	2011	Sim	Não	Não
EPA	Diretriz	2012	Não	Sim	Não
Pensilvânia (EUA)	Lei	2012	Sim	Não	Não
Texas (EUA)	Diretriz e lei	2015	Sim	Sim	Sim
WaterReuse	Diretriz	2015	Sim	Sim	Sim
OMS	Diretriz	2017	Sim	Sim	Sim
Califórnia (EUA)	Diretriz e lei	2018	Sim	Não	Sim
Nevada (EUA)	Lei	2018	Sim	Não	Não
Oklahoma (EUA)	Lei	2018	Sim	Não	Não
Flórida (EUA)	Diretriz e lei	2020	Sim	Não	Sim
Washington (EUA)	Lei	2022	Sim	Sim	Não

Legenda: RPI: reúso potável indireto; RPD: reúso potável direto; OMS – Organização Mundial de Saúde; EPA – Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos); WaterReuse Associação Norte-Americana. Fonte: a autora.

Com a observação da Tabela 1, os principais resultados obtidos são:

- Somente os documentos com valor legal (“lei” ou “diretriz e lei”) somam 15 documentos; enquanto outros considerados apenas diretrizes institucionais, somam 3.
- Daqueles documentos considerados “leis”, 14 regulam somente RPI e 1, regula somente RPD; 3 regulam ambas as práticas.
- No total, somente 6 dos documentos analisados indicam padrões para poluentes emergentes; destes, 4 são documentos legais e 2 são diretrizes.
- A maioria dos documentos analisados (12 deles) não indicam padrões para poluentes emergentes.
- São 2 os documentos específicos para RPD e nenhum deles estabelece valores para controle de poluentes emergentes. O primeiro é a legislação da Namíbia, criada em 1968, época em que o conhecimento científico sobre o tema ainda era limitado. O segundo, referente a diretrizes da USEPA (2021), versa somente sobre a importância do controle e monitoramento dos poluentes emergentes.

As Figuras 3 e 4 apresentam, juntas, um importante entendimento sobre o contexto da regulamentação do reúso potável. A Figura 3 mostra uma divisão dos regulamentos legais em relação ao tipo de reúso potável (direto/indireto); neste caso, observa-se que de maneira geral, o RPI tem abordagem mais ampla. Por outro lado, a Figura 4 mostra uma divisão dos regulamentos legais que indicam padrões para poluentes emergentes por tipo de reúso potável (direto/indireto); 75% deles são exclusivos para RPI e nenhum deles é somente para RPD.

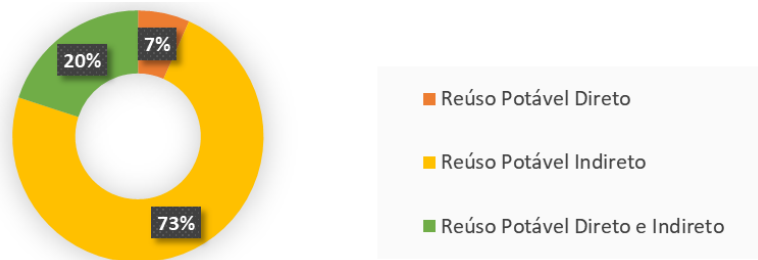


Figura 3: Documentos com valor legal em relação ao tipo de reúso potável
 Fonte: A autora (2022)

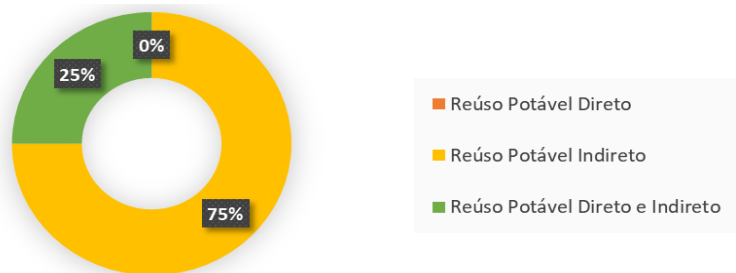


Figura 4: Padrões para poluentes emergentes por tipo de reúso potável
 Fonte: A autora (2022)

Dos 18 documentos analisados, 3 regulam tanto reúso potável direto quanto indireto além dos documentos orientativos da OMS (2017) e WateReuse (2015) que dão diretrizes para ambos os tipos de reúso. Desses 5 documentos que abrangem os 2 tipos de reúso potável, somente o Texas (2015), OMS (2017) e WateReuse (2015) estipulam padrões para poluentes emergentes. Ao todo 11 documentos são específicos para reúso potável indireto, todos com poder legislativo. Destes, somente Califórnia (2018), Austrália (2008) e Flórida (2020) possuem parâmetros de controle para poluentes emergentes.

São 2 os documentos específicos para reúso potável direto e nenhum deles estabelece valores para controle de poluentes emergentes. O primeiro é a legislação da Namíbia, criada em 1968 época em que havia poucas pesquisas e o conhecimento científico sobre os poluentes de preocupação emergente e seus efeitos no sistema endócrino de certas classes desses compostos, ainda eram limitados. O segundo, composto pelas diretrizes da USEPA (2021), versa sobre a importância do controle e monitoramento dos poluentes emergentes, colocando em evidência o risco à saúde destes compostos no RPD. O documento cita as pesquisas e diretrizes utilizadas para a formulação das legislações da Austrália e Califórnia, porém a agência não estipula, por si só, valores de controle para tais compostos.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

As instituições que publicaram diretrizes orientativas para a prática de reúso potável são: Organização Mundial da Saúde (OMS), Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) e a Associação americana WateReuse. Estas diretrizes não possuem caráter mandatório; elas apenas sugerem parâmetros de controle e dão outras diretrizes para reúso potável.

O caso da Namíbia é emblemático, com a implantação da primeira planta (Gorengab) de reúso potável direto do mundo, em 1968. A Gorengab foi projetada com o objetivo de cumprir critérios e diretrizes para água potável, definidos pela OMS, em 1963 (WHO, 2017), pois naquela época não havia legislação sobre o assunto. A Austrália foi o primeiro país a desenvolver Diretrizes Nacionais para reúso potável indireto (2008), com a criação da fase 2 das diretrizes australianas para a reúso de água (NRMMC-EPHC-NHMRC, 2008). O documento inclui valores limites para a concentração de 86 produtos farmacêuticos em água para reúso.

Os EUA não possuem legislação federal referente ao reúso potável. No entanto, 13 dos seus estados já regulamentaram a prática, para reúso potável direto e indireto. O Texas foi o primeiro estado a regulamentar o

reúso potável direto, em 2015; mas neste caso, não indica padrões para poluentes emergentes. Rigueto (2021), mostra que o tema, de fato, ganhou expressividade em 2016.

O estado do Texas, e as instituições WateReuse e OMS são os únicos (dentre a base de dados consultada) que definem limites para poluentes emergentes (reúso direto e indireto), da seguinte forma:

- OMS: Dos 67 compostos, 19 são químicos industriais e 32 são pesticidas, deixando clara a sua preocupação com o controle de pesticidas.
- Texas: dos 19 compostos, os 4 fármacos e os 3 aditivos alimentares fazem desses grupos os de maior recorrência.
- WateReuse: os fármacos são a classe com mais compostos controlados, com 7 dos 17 indicados.

Os estados da Califórnia e Flórida, além da Austrália, definem padrões para poluentes emergentes somente para reúso potável indireto:

- Califórnia: dos 18 compostos, 8 são desreguladores endócrinos, fazendo com que este seja o grupo com maior presença.
- Austrália: documento com o maior número de compostos controlados (121); 86 são fármacos demonstrando preocupação com os seus efeitos
- Flórida: 10 dos 22 compostos listados também são fármacos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Diante do exposto, observa-se claramente uma preocupação com a questão da regulamentação do reúso potável (direto ou indireto) e com a problemática que envolve os poluentes de preocupação emergente. No entanto, pelo fato de a discussão acerca destes compostos ser recente até mesmo para o abastecimento de água a partir de fontes convencionais, no caso das fontes de origem alternativa, como o reúso de água, os debates ainda são tímidos.

Países que vivem em situações de estresse hídrico, como Namíbia e Austrália, naturalmente protagonizaram o cenário de regularização da prática de reúso potável no mundo, estabelecendo seus documentos legais em 1968 e 2006, respectivamente. No entanto, somente a Austrália indica padrões para os compostos emergentes e somente para o reúso potável indireto

Nos EUA, somente os estados do Texas, Flórida e Califórnia definiram padrões para poluentes emergentes na prática de reúso potável, entre 2015 e 2020. Este cenário evidencia a escassez de legislações para o reúso potável, agravando-se a situação quando se discute em relação dos micropoluentes emergentes.

As classes em destaque considerando o reuso direto e indireto foram pesticidas, fármacos e químicos industriais. Já, para o reuso indireto houve uma predominância para a regulamentação do grupo dos fármacos, com a Califórnia salientando os compostos que causam desregulação endócrina.

Neste sentido, o reúso potável de água requer uma estrutura regulatória bem definida e adequada às características locais e regionais, de modo a permitir e orientar a sua aplicação de maneira segura. Em relação às demais modalidades de reúso de água, destaca-se a preocupação em relação aos poluentes emergentes que podem causar agravos à saúde dos usuários e beneficiados.

Outro destaque importante se relaciona à abordagem do reúso potável. É sabido que a prática por via indireta, conceitualmente oferece menor risco e neste sentido, as legislações e/ou diretrizes acabam sendo mais presentes para este caso. O reúso potável direto requer um rigor ainda maior. Aparentemente, a regulamentação da via indireta, anteriormente à via direta, parece ser um caminho mais acessível. Neste sentido, ganha-se experiência, enquanto a área científica apresenta resultados mais contundentes para novos avanços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Sobre normalização. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/normalizacao/sobre>. Acesso em: 4 nov. 2022.
2. ALVES, T; GIRARDI, R; PINHEIRO, A. *Micropoluentes orgânicos: ocorrência, remoção e regulamentação*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319028922_Micropoluentes_organicos_ocorrencia_remocao_e_regulamentacao. Acesso em: 4 nov. 2022.
3. CALIFÓRNIA. Water quality control policy for recycled water. 2018.
4. CAROLINA DO NORTE. Reclaimed water. 2011.
5. CARSON, R. *Primavera Silenciosa*. 2ª edição. São Paulo: Portico, 1969.
6. CETESB. Reuso de água | Águas Interiores. 2022.
7. FLÓRIDA. Framework for the Implementation of Potable Reuse in Florida. 2020.
8. HESPANHOL, I. *Reuso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes*. Revista USP, n. 106, p. 79-94, 2015.
9. MASSACHUSETTS. Reclaimed water permit program and standards. 2009.
10. MONTANA. Permitting and Operator Assistance. Disponível em: <https://deq.mt.gov/water/assistance>. Acesso em: 4 nov. 2022.
11. NEVADA. Water controls. Disponível em: <https://www.leg.state.nv.us/NAC/NAC-445A.html>. Acesso em: 4 nov. 2022.
12. NOVO MÉXICO. Natural resources and wildlife administration and use of water – General Provisions - Underground storage and recovery. 2001.
13. NRMCC-EPHC-NHMRC. Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks: Phase 2. Canberra, Australia, 2008.
14. OKLAHOMA. Indirect potable reuse for surface water augmentation. 2018.
15. OREGON. Implementing Oregon's Recycled Water Rules. 2009.
16. PENNSYLVANIA. Pennsylvania Department of Environmental Protection. 2012.
17. RIGUETO, C; ALESSANDRETTI, I; DETTMER, A. *Remoção de contaminantes emergentes de águas residuais por adsorção: um review*. In: Anais do I Web Encontro Nacional de Engenharia Química. Anais. Diamantina (MG) online, 2021.
18. SANTOS, J; CORRÊA, L; FERNANDES, P; Bottrel, S; Pereira, R. *Avaliação preliminar da remoção de atividade estrogênica de uma mistura de desreguladores endócrinos em água utilizando carvão ativado granular*. Gesta, v. 9, n. 3, p. 92-107. 2021.
19. TEXAS. Direct Potable Reuse Resource Document. 2015.
20. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for Water Reuse. 2012.
21. VIRGINIA. Water Reclamation and Reuse Regulation. 2008.
22. WASHINGTON. Reclaimed water use. 2022.
23. WATEREUSE ASSOCIATION. Framework for Direct Potable Reuse. 2015.
24. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Potable reuse: Guidance for producing safe drinking-water. 2017. Acesso em: 4 nov. 2022.