

## **Contaminantes Emergentes em Águas Brutas e Tratadas no Brasil: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

**RAQUEL ALVES PESSANHA**

**MARIÂNGELA DUTRA DE OLIVEIRA**

**MARIA ELISA MEIRELLES SIZOTE**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO - IFES

### **Resumo**

Sabe-se que a água é um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da sociedade, sendo o elemento que mais interfere na saúde humana. Além disso, também age como veículo transmissor de poluentes químicos e patógenos, podendo representar risco à saúde para os indivíduos que entrem em contato direto ou que a consumam. (DE SOUZA et al, 2022). A água que atende aos padrões de potabilidade, estabelecidos na Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), e esteja adequada para o consumo humano sob o ponto de vista da legislação, pode estar conter poluentes que ainda não foram inseridos na legislação e que representam perigo à saúde humana (SOARES, SOUZA E SOUZA, 2019). A USEPA (United States Environmental Protection Agency) elucida esses poluentes como “contaminantes emergentes”, isto é, substâncias pretendentes à regulamentação, embora ainda não tenham sido regulamentadas nem contempladas em programas de monitoramento de rotina no mundo (DE SOUZA et al, 2022). Os contaminantes emergentes preocupam e atraem a atenção da comunidade científica devido à sua ampla utilização no dia a dia da população, visto que estão contidos na composição de cosméticos, plastificantes (microplásticos), produtos de uso e higiene pessoal (cremes e protetores solares), compostos farmacêuticos ativos (antibióticos e hormônios), fertilizantes, defensivos agrícolas e em drogas ilícitas (GONÇALVES, 2012). A presença destes contaminantes ocorre, sobretudo, por meio da ingestão/uso e, posteriormente, metabolização e excreção pelo homem (GONÇALVES, 2012). O destino da excreta é o esgoto doméstico, o qual é tratado e o efluente lançado no corpo hídrico receptor. Entretanto, os tratamentos primário e secundário de esgoto são insuficientes para remover completamente os contaminantes emergentes, acarretando, por conseguinte, na contaminação do corpo hídrico receptor (rios e reservatórios). Esses são usados como manancial de água bruta para o abastecimento público, com transferência desses compostos para as Estações de Tratamento de Água que também não são capazes de remover completamente esses contaminantes (FARTO et al., 2019). Neste contexto, para a manutenção da qualidade de vida humana e dos ecossistemas, notadamente os hídricos, urge a necessidade de investigar, reunir, avaliar e sintetizar os estudos existentes sobre estas substâncias deletérias presentes em águas destinadas ao consumo do homem, visto que se trata de um assunto ainda com muitas lacunas a serem preenchidas. À vista disso, a presente pesquisa objetiva realizar uma Revisão Sistemática da Literatura procurando explicar e analisar pesquisas nacionais e internacionais, publicadas entre 2015 e 2024, sobre a investigação e avaliação de contaminantes emergentes em águas brutas e tratadas para consumo humano no Brasil.

### **Palavras Chave**

Contaminante Emergente, Tratamento de Água, Consumo Humano

**Agradecimento a órgão de fomento**

Manifestamos nossa profunda gratidão ao IFES pelo inestimável apoio concedido à presente investigação, cuja temática aborda os contaminantes emergentes em águas brutas e tratadas. A relevância deste estudo para a saúde pública e a preservação ambiental reflete-se diretamente na qualidade de vida da população, e sua viabilização somente foi possível graças ao incentivo a pesquisas que buscam aprimorar o tratamento de água e enfrentar os desafios hídricos no Brasil.

# CONTAMINANTES EMERGENTES EM ÁGUAS BRUTAS E TRATADAS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da sociedade, sendo o elemento que mais interfere na saúde humana. Além disso, também age como veículo transmissor de poluentes químicos e patógenos, podendo representar risco à saúde para os indivíduos que entrem em contato direto ou que a consumam. (DE SOUZA et al, 2022).

A água que atende aos padrões de potabilidade, estabelecidos na Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), e esteja adequada para o consumo humano sob o ponto de vista da legislação, pode estar conter poluentes que ainda não foram inseridos na legislação e que representam perigo à saúde humana (SOARES, SOUZA E SOUZA, 2019). A USEPA (United States Environmental Protection Agency) elucida esses poluentes como “contaminantes emergentes”, isto é, substâncias pretendentes à regulamentação, embora ainda não tenham sido regulamentadas nem contempladas em programas de monitoramento de rotina no mundo (DE SOUZA et al, 2022).

Os contaminantes emergentes preocupam e atraem a atenção da comunidade científica devido à sua ampla utilização no dia a dia da população, visto que estão contidos na composição de cosméticos, plastificantes (microplásticos), produtos de uso e higiene pessoal (cremes e protetores solares), compostos farmacêuticos ativos (antibióticos e hormônios), fertilizantes, defensivos agrícolas e em drogas ilícitas (GONÇALVES, 2012).

A presença destes contaminantes ocorre, sobretudo, por meio da ingestão/uso e, posteriormente, metabolização e excreção pelo homem (GONÇALVES, 2012). O destino da excreta é o esgoto doméstico, o qual é tratado e o efluente lançado no corpo hídrico receptor. Entretanto, os tratamentos primário e secundário de esgoto são insuficientes para remover completamente os contaminantes emergentes, acarretando, por conseguinte, na contaminação do corpo hídrico receptor (rios e reservatórios). Esses são usados como manancial de água bruta para o abastecimento público, com transferência desses compostos para as Estações de Tratamento de Água que também não são capazes de remover completamente esses contaminantes (FARTO et al., 2019).

Neste contexto, para a manutenção da qualidade de vida humana e dos ecossistemas, notadamente os hídricos, urge a necessidade de investigar, reunir, avaliar e sintetizar os estudos existentes sobre estas substâncias deletérias presentes em águas destinadas ao consumo do homem, visto que se trata de um assunto ainda com muitas lacunas a serem preenchidas (PESSANHA, 2021).

À vista disso, a presente pesquisa objetiva realizar uma Revisão Sistemática da Literatura procurando explicar e analisar pesquisas nacionais e internacionais, publicadas entre 2015 e 2024, sobre a investigação e avaliação de contaminantes emergentes em águas brutas e tratadas para consumo humano no Brasil.

## 2 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

O presente estudo adotou a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) como método técnico de pesquisa, utilizando os Oito Passos propostos por Okoli (2019). Para a busca foi utilizada a plataforma digital Portal CAPES, mantida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no Brasil.

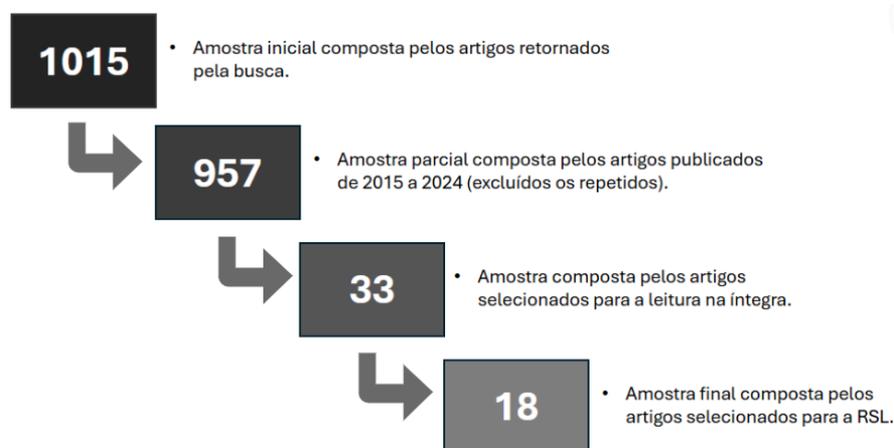
Foram selecionados artigos submetidos a revisão por pares, publicados no intervalo temporal de 2015 a 2024, que apresentavam informações sobre as concentrações quantitativas

de contaminantes emergentes encontrados em águas subterrâneas, superficiais e tratadas no Brasil, além das metodologias empregadas para análise dos contaminantes, tipo de tratamento empregado e sua eficiência de remoção. Foram excluídos os artigos de revisão encontrados neste período. Os resultados foram tabulados e analisados com base nas legislações nacionais.

## 2 RESULTADOS PRÉVIOS

A amostra inicial consistiu em 1015 artigos, dos quais foram removidos os duplicados, resultando em 957 artigos elegíveis para a fase de triagem preliminar. Nesta fase, procedeu-se à análise dos títulos, autores e resumos dos artigos, com a exclusão daqueles que não atendiam aos critérios de seleção estabelecidos. Ao final deste processo, 33 artigos foram selecionados para leitura integral, dos quais 18 foram incluídos na RSL para extração de dados, conforme os critérios de inclusão previamente definidos.

Figura 1 - Fluxograma das etapas de seleção dos artigos levantados e selecionados pela Revisão Sistemática da Literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O Quadro 1 apresenta os 18 artigos lidos com seus títulos, autores, periódicos e bases, ordenados pela data de publicação.

Ao longo do período avaliado, o ano de 2018 destacou-se com 6 publicações, o equivalente a 33,33% do total de publicações de 2015 a 2024 (Figura 2).

No decorrer da análise dos estudos, foram examinados contaminantes emergentes em um total de 113 amostras, sendo 89 desses referentes a água bruta e 24 a água tratada. As águas superficiais brutas (ABsup) foram as mais frequentemente avaliadas, abrangendo 65 pontos de amostragem, correspondendo a 58% do total (Figura 3).

Os contaminantes avaliados até o presente momento foram categorizados em 5 diferentes classes: compostos de uso industrial, fármacos, hormônios, pesticidas e produtos de higiene pessoal.

As técnicas analíticas empregadas nos estudos analisados até o momento foram cromatografia líquida, cromatografia gasosa e técnica voltamétrica.

Até o momento as tecnologias de tratamento empregadas para potabilização da água foram do tipo simplificado (cloração e fluoretação) para água subterrânea, e o tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação) para águas superficiais.

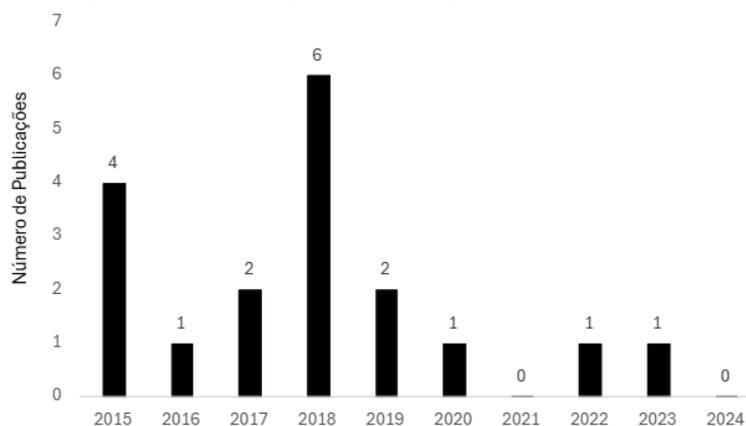
Quadro 1 – Artigos selecionados na Revisão Sistemática para leitura e extração de dados  
(continua)

Artigo	Autor(es)	Título (inglês)	Periódico de publicação
<b>A01 (ZOCOLO et al., 2015)</b>	Guilherme J. Zocolo, Glauco P. dos Santos, Josiane Vendemiatti, Francine I. Vacchi, Gisela de A. Umbuzeiro e Maria Valnice B. Zanoni	Using SPE-LC-ESI-MS/MS Analysis to Assess Disperse Dyes in Environmental Water Samples	Journal of Chromatographic Science
<b>A02 (SOLANO et al., 2015)</b>	Marize de L. M. Solano, Cassiana C. Montagner, Carolina Vaccari, Wilson F. Jardim, Janete A. Anselmo-Franci, Ruither de O. G. Carolino, João F. L. Luvizutto, Gisela de A. Umbuzeiro e João L. V. de Camargo	Potential endocrine disruptor activity of drinking water samples	Endocrine Disruptors
<b>A03 (ROCHA et al., 2015)</b>	Monyque P. da Rocha, Priscila L. R. Dourado, Mayara de S. Rodrigues, Jorge L. Raposo Jr., Alexeia B. Grisolia e Kelly Mari P. de Oliveira	The influence of industrial and agricultural waste on water quality in the Água Boa stream (Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil)	Environmental Monitoring and Assessment
<b>A04 (SILVA; EMÍDIO; MARCHI, 2015)</b>	Claudia P. da Silva, Elissandro S. Emídio e Mary Rosa R. de Marchi	The occurrence of UV filters in natural and drinking water in São Paulo State (Brazil)	Environmental Science and Pollution Research
<b>A05 (COSTA et al., 2016)</b>	Normara Yane M. da Costa, Geraldo R. Boaventura, Daniel S. Mulholland, Daniel F. Araújo, Ricardo C. A. Moreira, Kelson C. F. Faial, Eudes de O. Bomfim	Biogeochemical mechanisms controlling trophic state and micropollutant concentrations in a tropical artificial lake	Environment Earth Sciences
<b>A06 (MACHADO et al., 2017)</b>	Carolina S. Machado, Brisa M. Fregonesi, Renato I. S. Alves, Karina A. A. Tonani, Jordi Sierra, Bruno S. Martinis, Beatriz S. Celere, Montse Mari, Marta Schuhmacher, Martí Nadal, Jose L. Domingo e Susana SeguraMuñoz	Health risks of environmental exposure to metals and herbicides in the Pardo River, Brazil	Environmental Science and Pollution Research
<b>A07 (MIRANDA et al., 2017)</b>	Luciane Miranda, Vanessa C. Pereira, Christiane S. Machado, Yohandra R. Torres, Vanessa E. dos Anjos e Sueli P. Quináia	Direct Determination of Nimesulide in Natural Waters and Wastewater by Cathodic Stripping Voltammetry	Archives of Environmental Contamination and Toxicology
<b>A08 (SOUSA et al., 2018)</b>	Diana Nara R. de Sousa, Antonio Aparecido Mozeto, Renato L. Carneiro e Pedro Sergio Fadini	Spatio-temporal evaluation of emerging contaminants and their partitioning along a Brazilian watershed	Environmental Science and Pollution Research
<b>A09 (ROCHA et al., 2018)</b>	Monyque P. da Rocha, Priscila L. R. Dourado, Claudia Andrea L. Cardoso, Liliam S. Cândido, Joelson G. Pereira, Kelly Mari P. de Oliveira e Alexeia B. Grisolia	Tools for monitoring aquatic environments to identify anthropic effects	Environmental Monitoring and Assessment
<b>A10 (MARTA-SANCHES et al., 2018)</b>	Ana Victoria Marta-Sanchez, Sergiane S. Caldas, Antunielle Schneider, Sônia Maria V. Sanches Cardoso e Ednei Gilberto Primel	Trace analysis of parabens preservatives in drinking water treatment sludge, treated, and mineral water samples	Environmental Science and Pollution Research
<b>A11 (PETEFFI et al., 2018)</b>	Giovana P. Peteffi, Juliane Deise Fleck, Igor M. Kael, Viviane Girardi, Raquel Bündchen, Daiane M. Krajeski, Meriane Demoliner, Francini P. Silva, Débora C. da Rosa, Marina V. Antunes e Rafael Linden	Caffeine levels as a predictor of Human mastadenovirus presence in surface waters—a case study in the Sinos River basin—Brazil	Environmental Science and Pollution Research
<b>A12 (BARROS et al., 2018)</b>	André Luis C. de Barros, Felix F. Schmidt, Sérgio F. de Aquino e Robson José de C. F. Afonso	Determination of nine pharmaceutical active compounds in surface waters from Paraopeba River Basin in Brazil by LTPEHPLC-ESI-MS/MS	Environmental Science and Pollution Research

Quadro 1 – Artigos selecionados na Revisão Sistemática para leitura e extração de dados (conclusão)

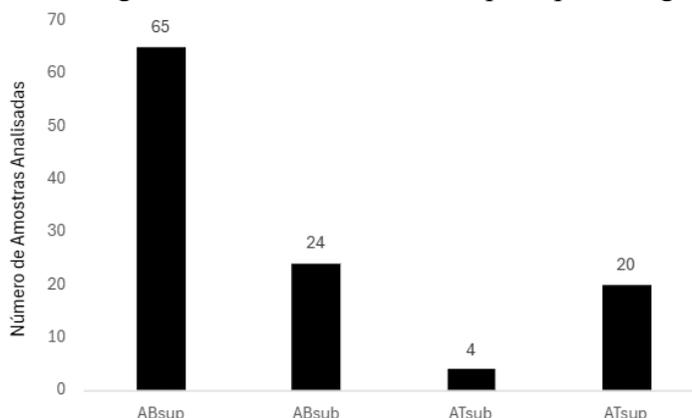
Artigo	Autor(es)	Título (inglês)	Periódico de publicação
A13 (SODRÉ; CAVALCANTI, 2018)	Fernando F. Sodr� e Cinthia M. P. Cavalcanti	Method Development for Assessing Carbamazepine, Caffeine, and Atrazine in Water Sources from the Brazilian Federal District Using UPLC-QTOF/MS	International Journal of Analytical Chemistry
A14 (MAYNARD et al., 2019)	Isabella F. N. Maynard, Eliane B. Cavalcanti, Larissa L. da Silva, El�ine A. J. Martins, Maria Aparecida F. Pires, Marcelo L. de Barros, Eni Cardoso e Maria N. Marques	Assessing the presence of endocrine disruptors and markers of anthropogenic activity in a water supply system in northeastern Brazil	Journal of Environmental Science and Health
A15 (ARA�JO et al., 2019)	Frederico G. de Araujo, Glauco F. Bauerfeldt, Marcia Marques e Eduardo M. Martins	Development and Validation of an Analytical Method for the Detection and Quantification of Bromazepam, Clonazepam and Diazepam by UPLC-MS/MS in Surface Water	Bulletin of environmental contamination and toxicology
A16 (STEFANO et al., 2022)	Paulo Henrique Prado Stefano, Ari Roisenberg, Matheus Rossi Santos, Mariana Amaral Dias, Cassiana Carolina Montagner	Unraveling the occurrence of contaminants of emerging concern in groundwater from urban setting: A combined multidisciplinary approach and self-organizing maps	Chemosphere
A17 (SCHMITT et al., 2023)	Graziela Ta�s Schmitt, Marcelo Oliveira Caetano, Vin�cius Martins Marques, Amanda Gonçalves Kieling, Marie Launay, L. Muniz, Luciana Paulo Gomes	Comparison of 17�-estradiol, bisphenol-A and caffeine concentration levels before and after the water treatment plant	Journal of Water & Health
A18 (LUCAS, et al., 2020)	Evandro de Oliveira Lucas, Jana�ina Tauil Bernardo, Marilise Oliveira Mesquita, Jos� Ant�nio Kr�eff Schmitz	Contamination of water resources by pesticides in the central region of Rio Grande do Sul, Brazil	Research, Society and Development

Figura 2 - Distribuição quantitativa das publicações por ano



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 3 - Pontos de amostragem levantados distribuídos por tipos de água avaliados



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Notas: ABsub = água bruta subterrânea; ABsup = água bruta superficial; ATsub = água subterrânea tratada; ATsup = água superficial tratada.

Os contaminantes avaliados até o presente momento foram categorizados em 5 diferentes classes: compostos de uso industrial, fármacos, hormônios, pesticidas e produtos de higiene pessoal.

### 3 CONCLUSÃO

O artigo científico prosseguirá com extração dos dados quantitativos concernentes às concentrações de contaminantes emergentes. Ademais, serão minuciosamente examinadas as metodologias empregadas para a sua quantificação incluindo maior detalhamento sobre o tratamento empregado para potabilização da água e sua eficiência na remoção desses contaminantes. Por fim os valores encontrados na água bruta e tratada serão comparados com a legislação ambiental vigente.

Já é possível observar que, embora exista o risco potencial à saúde humana relacionada ao consumo de contaminantes emergentes na água, foram poucos os estudos que os avaliaram a sua presença em águas tratadas.

### REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 888. Revisão da Norma de Potabilidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020a. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2020/arquivos/Documentodecontextualizaosobreoprocessodereviso.pdf>>. Acesso em 1º jul. 2021.

DE SOUZA, D. A. et al. A importância da água dentro do conceito de saúde única. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 5, n. 6, 2022.

FARTO, C, et al. Contaminantes emergentes no brasil na década 2010-2019 – parte ii: tecnologias de tratamento e eficiências de Remoção em ETE e ETA. *Doaj (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*, 2021.

GONÇALVES, E. S. Ocorrência e distribuição de fármacos, cafeína e bisfenol-a em alguns corpos hídricos no estado do Rio de Janeiro – Universidade Federal Fluminense, 2012

OKOLI, C. Guia Para Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. Tradução de David Wesley Amado Duarte; Revisão técnica e introdução de João Mattar. **EaD em Foco**, v. 9, n. 1, 40 p., 2019.

PESSANHA, R. A. Contaminantes emergentes em águas brutas e tratadas destinadas ao consumo humano no brasil: uma revisão sistemática da literatura. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal do Espírito Santo, 2021

SOARES, A. F. S.; SOUZA E SOUZA, L. P. Contaminação das águas de abastecimento público por poluentes emergentes e o direito à saúde. *Revista de Direito Sanitário*, v. 20, n. 2, 2020.