

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *LATO SENSU*
ESPECIALIZAÇÃO EM PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

RENAN RICARDO RITTER

MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO:
BREVE REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS DESAFIOS DOS SISTEMAS
CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO

ERECHIM

2025

RENAN RICARDO RITTER

**MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO:
BREVE REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS DESAFIOS DOS SISTEMAS
CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim como requisito para obtenção do título de Especialista em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dra. Deise Paludo

Erechim

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Ritter, Renan Ricardo

MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO: BREVE REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS DESAFIOS DOS SISTEMAS CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO / Renan Ricardo Ritter. -- 2025.

24 f.

Orientadora: Doutora Deise Paludo

Co-orientadora: Doutora Magali Kemmerich

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Especialização em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, Erechim,RS, 2025.

1. Microplásticos. 2. Água potável. 3. Tratamento convencional. 4. Contaminantes emergentes. I. Paludo, Deise, orient. II. Kemmerich, Magali, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

RENAN RICARDO RITTER

**MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO:
BREVE REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS DESAFIOS DOS SISTEMAS
CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* Especialização em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim como requisito para obtenção do título de Especialista em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 1º/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Deise Paludo – UFFS
Orientadora

Prof. Dr. Liérson Borges de Castro – UNIPAMPA
Avaliador

Prof. Dr. João Paulo Peres Bezerra – UFFS
Avaliador

**MICROPLÁSTICOS EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO:
BREVE REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS DESAFIOS DOS SISTEMAS
CONVENCIONAIS DE TRATAMENTO**

Renan Ricardo Ritter¹
Magali Kemmerich²
Deise Paludo³

RESUMO

A crescente presença de microplásticos (MPs) em mananciais de abastecimento representa um risco potencial à saúde humana e aumenta a preocupação sobre a eficácia dos sistemas convencionais de tratamento de água para remoção desses contaminantes emergentes. Este trabalho realizou uma revisão sistemática da literatura nas bases *Web of Science* e *Scopus*, identificando 28 estudos que abordam três aspectos centrais: (i) a eficácia das etapas de coagulação, sedimentação e filtração, cujas remoções variam de 52 % a 99 %; (ii) a formação de subprodutos tóxicos durante a desinfecção na presença de MPs como trihalometanos e haloacetnitrilas; e (iii) inovações tecnológicas com potencial de escala, como meios filtrantes modificados e coagulantes naturais. Os resultados evidenciam a necessidade de padronização metodológica, avanço tecnológico e atualização regulatória para garantir a potabilidade da água diante da contaminação por MPs.

Palavras-chave: microplásticos; água potável; tratamento convencional; contaminantes emergentes.

ABSTRACT

The increasing presence of microplastics (MPs) in drinking-water sources poses a potential risk to human health and intensifies concerns about the effectiveness of conventional treatment systems in removing these emerging contaminants. This study presents a systematic literature review carried out in the Web of Science and Scopus databases, identifying 28 studies that address three central aspects: (i) the efficiency of coagulation, sedimentation and filtration steps, with removal rates ranging from 52 % to 99 %; (ii) the formation of toxic by-products during disinfection when MPs are present such as trihalomethanes and haloacetnitriles; and (iii) technological innovations with scale-up potential, such as modified filter media and natural coagulants. The findings highlight the need for standard methods, technological advancement and regulatory updates to ensure drinking-water safety in the face of MP contamination.

Keywords: microplastics; drinking water; conventional treatment; emerging contaminants.

¹ Discente do Curso de Pós-graduação *lato sensu* em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Técnico Químico da Companhia Riograndense de Saneamento. E-mail: renan.ritter@corsan.com.br

² Coorientadora. Professora do Magistério Superior e Pesquisadora - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Doutora em Química. E-mail: magali.kemmerich@uffs.edu.br

³ Orientadora. Professora do Magistério Superior e Pesquisadora - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. Doutora em Ciência do solo. E-mail: deise.paludo@uffs.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a presença de contaminantes na água passou a se intensificar no século XIX, impulsionada principalmente pela poluição urbana e industrial. Nessa época, os cientistas Louis Pasteur e Robert Koch também demonstraram a relação entre água contaminada e surtos de doenças, como a cólera e a febre tifóide (Hartemann; Montiel, 2025). Porém, somente em 1958, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou seu primeiro guia internacional para a qualidade da água potável, com foco inicial em parâmetros microbiológicos e químicos (WHO, 2017). No Brasil, o primeiro padrão oficial de potabilidade da água foi instituído em 1977, por meio da Portaria nº 56 do Ministério da Saúde (Brasil, 1977), estabelecendo critérios mínimos para a garantia da qualidade da água destinada ao consumo humano.

Mesmo que a contaminação de recursos hídricos não seja uma questão nova para as autoridades públicas, com a crescente modernização surge uma demanda progressiva por produtos de consumo, resultando em novos poluentes no meio ambiente. Muitos desses compostos ainda não foram estudados em detalhes, principalmente devido à falta de padrões adequados para técnicas de análise instrumental (Ng'eno; Shikuku, 2020). Dentre estes novos poluentes estão os chamados Contaminantes Emergentes (CEs), como: agrotóxicos, fármacos, produtos de higiene pessoal, desreguladores endócrinos, microplásticos e retardantes de chama. Estes compostos estão presentes no meio ambiente há um longo período, entretanto, só foram identificados e caracterizados recentemente, devido ao desenvolvimento de metodologias analíticas mais sofisticadas, como a espectroscopia de Micro-Raman, que permite identificar diferentes tipos de polímeros em micro escala (Siegel *et al.*, 2021).

Microplásticos (MPs) são partículas poliméricas com dimensões inferiores a 5 mm, e podem ser divididos em dois tipos principais, de acordo com suas fontes (WHO, 2019). Os MPs primários incluem itens como garrafas plásticas, embalagens, cosméticos, tecidos sintéticos, pneus, tintas, acabamentos e muitos produtos de higiene pessoal. Já os MPs secundários são produzidos devido à degradação química e física de polímeros maiores (Das *et al.*, 2024).

Uma grande variedade de materiais poliméricos de diferente composição química, densidade, forma e tamanho está presente nos compartimentos ambientais: água, solo e atmosfera. Assim, a contaminação das águas destinadas ao abastecimento público por microplásticos é um tema que tem despertado crescente interesse nas últimas décadas, devido aos potenciais riscos à saúde humana (Chaturvedi *et al.*, 2025; Koelmans *et al.*, 2019). Sua presença em água potável, embora ainda não totalmente quantificada em termos de impactos toxicológicos diretos, representa uma preocupação crescente entre pesquisadores e autoridades regulatórias. A ecotoxicidade dos MPs afeta a saúde dos organismos aquáticos expostos por meio de uma variedade de mecanismos, como diminuição do crescimento, mau funcionamento do sistema reprodutivo e efeitos na qualidade da eclosão dos ovos, prejudicando a vida aquática de maneiras físicas, químicas e biológicas (Das *et al.*, 2024). Ainda, evidências científicas indicam que os microplásticos podem ingressar nos organismos de diferentes níveis tróficos por meio das cadeias alimentares, inclusive receptores humanos (Mrowiec, 2020). Estudos têm identificado que os microplásticos presentes na água podem liberar aditivos químicos como plastificantes e estabilizantes, aumentando o potencial de exposição humana a substâncias neuroendócrinas e hepatotóxicas (Haleem *et al.*, 2024; Pivokonsky *et al.*, 2018).

A área superficial de alguns MPs confere uma grande capacidade de adsorção para contaminantes orgânicos, como fármacos, agroquímicos e hidrocarbonetos (Bagheri; Heidari;

Gholamhosseini, 2024). Além disso, o intemperismo e a modificação da superfície por meio do atrito ou precipitação de minerais e matéria orgânica também fornecem a formação de superfície adequada e carregada eletricamente para a adsorção de íons metálicos (Holmes; Turner; Thompson, 2014). Desta forma, características como toxicidade, biodisponibilidade e propriedades químicas, podem ser alteradas por interações entre MPs e estes outros contaminantes, potencialmente criando novos riscos desconhecidos para a saúde animal e os ecossistemas (Bagheri; Heidari; Gholamhosseini, 2024).

Os sistemas convencionais de tratamento de água, projetados historicamente para remover contaminantes macroscópicos e patógenos microbiológicos, incluem etapas como coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. No entanto, esses processos podem não ser totalmente eficazes na remoção de partículas plásticas de pequenas dimensões, em especial aquelas menores que 10 µm (Li *et al.*, 2020). Essa limitação impõe desafios adicionais aos operadores de sistemas de abastecimento e amplia a necessidade de avaliar criticamente o desempenho das tecnologias atualmente empregadas. Embora existam diversos estudos sobre microplásticos em águas superficiais e em sistemas de tratamento de esgoto, o conhecimento específico acerca de sua presença e remoção em estações de tratamento de água potável (ETAs) convencionais ainda é incipiente.

Com exceção das listas de substâncias prioritárias da União Europeia (EU) e da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), a legislação disponível globalmente sobre os CEs no meio ambiente é restrita (European Commission, 2013; USEPA, 2024). Ainda que métodos analíticos avançados tenham aprimorado os relatórios globais, informações adicionais são necessárias para compilar dados sobre sua ocorrência, legislação vigente, tecnologias de tratamento e riscos associados à saúde humana (Meena *et al.*, 2025). Assim, embora UE e USEPA sejam referências globais na identificação de contaminantes emergentes, nenhuma delas estabelece atualmente padrões de qualidade ou limites para microplásticos em águas de abastecimento (WHO, 2019).

No Brasil, a legislação que trata dos parâmetros de qualidade da água potável (água para abastecimento humano) atualmente é a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que em seu anexo XX, estabelece os padrões de qualidade da água para consumo humano, trazendo as substâncias químicas orgânicas e inorgânicas monitoradas, os Valores Máximos Permitidos (VMP), a frequência de monitoramento e a referência toxicológica (quando aplicável) (Brasil, 2021). Microplásticos ainda não são regulados diretamente na legislação brasileira para água potável, porém, essa Portaria prevê que novos parâmetros possam ser incluídos futuramente, conforme avaliações de risco e avanços científicos.

Esse trabalho propõe a realização de uma revisão sistemática da literatura sobre a ocorrência e potencial de remoção de microplásticos em águas destinadas ao abastecimento humano, com foco na eficiência dos sistemas convencionais de tratamento. Busca-se obter um panorama das estratégias de tratamento, das limitações observadas e das recomendações para aprimoramento das práticas e políticas de gestão da qualidade da água.

2 METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se em uma revisão sistemática realizada nas bases de dados eletrônicos *Web of Science* e *Scopus*, selecionadas por sua ampla cobertura de publicações científicas internacionais. A metodologia adotada consistiu em identificar, avaliar e interpretar as pesquisas já existentes, com o intuito de sintetizar o conhecimento atual sobre a presença e a remoção de microplásticos (MPs) em sistemas convencionais de tratamento de água potável, seguindo as diretrizes do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic*

Reviews and Meta-Analyses) para garantir transparência e reprodutibilidade no processo de seleção dos estudos (Page *et al.*, 2021)

Os termos de busca utilizados foram: “*microplastic AND (drinking water OR potable water) AND conventional treatment*”. A busca foi realizada até maio de 2025, sem restrição quanto à data inicial de publicação e restringiu-se aos campos: título, resumo e palavras-chave.

A partir da busca inicial, que resultou 73 publicações sendo 46 provenientes da base *Scopus* e 27 da base *Web of Science*, A triagem inicial foi realizada por meio da leitura dos títulos e resumos, a fim de verificar a aderência das publicações aos critérios de inclusão e exclusão, definidos da seguinte forma:

- Foram incluídas publicações que atendiam ao menos um dos seguintes critérios:
 - ✓ Investigavam especificamente a presença, o comportamento ou a remoção de microplásticos em águas destinadas ao abastecimento humano (água potável ou água bruta tratada);
 - ✓ Avaliavam a eficácia ou os desafios dos sistemas convencionais de tratamento de água (ex.: coagulação, floculação, filtração, sedimentação, desinfecção);
 - ✓ Apresentavam dados primários ou revisões relevantes para o tema.
- Foram excluídas as publicações que:
 - ✓ Abordavam exclusivamente o tratamento de efluentes ou águas residuárias (esgoto), sem foco em água potável;
 - ✓ Investigavam apenas microplásticos em ambientes naturais (rios, lagos, oceanos) sem relação com sistemas de tratamento de água para abastecimento;
 - ✓ Abordaram exclusivamente métodos ou tecnologias para tratamento avançado, como, por exemplo, filtração por membranas;
 - ✓ Não apresentavam dados relevantes ou estavam fora do escopo (como artigos de opinião ou ensaios teóricos).

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, o escopo final da revisão foi composto por 28 publicações, sendo 17 comuns às duas bases, 10 da base *Scopus* e um da *Web of Science*. Esses estudos foram tabulados e sistematizados em planilha eletrônica e analisados em função dos desafios que os MPs impõem aos sistemas convencionais de tratamento de água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As publicações analisadas nesta revisão sistemática, sintetizadas no Quadro 1, investigam a ocorrência e características de MPs em águas destinadas ao consumo humano, bem como na avaliação de sua remoção por diferentes etapas de tratamento nos sistemas convencionais. As investigações foram realizadas em estações de tratamento de água (ETAs) em escala real e em ambientes controlados de laboratório. Essas pesquisas contribuem para o entendimento dos desafios associados aos MPs no contexto do abastecimento público com ênfase em sistemas convencionais de tratamento de água potável.

As ETAs convencionais apresentaram eficácia na remoção de MPs da água bruta, relatadas entre 52% e mais de 99% (Cherniak *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2020). Estudos específicos de diferentes regiões confirmaram a eficiência na remoção, com taxas descritas de 98% nos Estados Unidos (Seay *et al.*, 2025), 93% na Espanha (Dalmau-Soler *et al.*, 2021) e 99% em

plantas de Paris (Barbier *et al.*, 2022). Entretanto, a eficiência de remoção pode variar e apresentar menores taxas como avaliado em estações na China: 72,7 - 83% (Han *et al.*, 2024).

Diversos autores analisaram separadamente as etapas de tratamento para identificar as mais efetivas na remoção de MPs. Taxas de remoção na ordem de 70 a 89% foram identificadas na etapa de coagulação, floculação e sedimentação (Seay *et al.*, 2025), o uso de coadjuvantes como a poliacrilamida ou alginato de sódio com um coagulante a base de alumínio aumentaram a remoção de MPs específicos como o polietileno tereftalato (PET) (Zhang *et al.*, 2021).

A etapa de filtração também se mostrou importante na remoção de MPs em estações de tratamento convencionais. Em uma planta de Barcelona, 78% da remoção de MPs ocorreu nesta etapa. Este efeito de retenção se deve à adsorção na superfície do leito filtrante, em geral composto por grãos de areia (Dalmau-Soler *et al.*, 2021). Entretanto, partículas menores (10 µm – 45 µm) podem apresentar baixa taxa de retenção em sistemas convencionais de filtração (Cherniak *et al.*, 2022). A eficiência da filtração está associada a fatores como o tamanho e o formato das partículas, sendo que as fibras, por apresentarem formato fino e alongado, foram encontradas em maior quantidade na água tratada em comparação com MPs de proporções esféricas (Radityaningrum *et al.*, 2021).

Com o intuito de aumentar a eficiência da filtração, uma das publicações investigou em laboratório a retenção de MPs por um sistema de filtragem utilizando areia carregada com óxido de ferro. Em comparação com os sistemas convencionais, o meio filtrante aprimorado apresentou resultados satisfatórios, com redução da porcentagem de MPs presentes no efluente de 53,52% para 0,79% para partículas de 200 nm (0,2 µm), e de 39,40% para 2,81% para partículas de 1000 nm (1,0 µm), indicando potencial de aplicação escalável em ETAs para mitigar a presença de MPs no abastecimento público (Luo *et al.*, 2025). Outras inovações avaliadas incluem coagulantes naturais como quitosana (Thathsarani *et al.*, 2025) e proteína de Moringa (Panigrahi *et al.*, 2024).

Outro problema associado ao risco de MPs em águas de tratamento é o uso de desinfetantes para torná-la potável. A utilização de compostos clorados pode exacerbar a toxicidade dos MPs remanescentes do tratamento convencional e resultar na geração de subprodutos de desinfecção (SPD) como trihalometanos e haloacetônitrilas, além de promover a degradação superficial e liberação de matéria orgânica dissolvida (Liu *et al.*, 2023). O uso da pré-ozonização também se revelou inconveniente, pois este processo altera significativamente as propriedades físico-químicas dos MPs, levando ao aumento de SPDs, principalmente utilizando a cloração subsequente (Hao *et al.*, 2023).

De maneira geral, as pesquisas evidenciam a urgente necessidade de protocolos padronizados de amostragem, quantificação e caracterização para aprimorar o monitoramento de MPs em águas de abastecimento público. Em um dos estudos, criou-se um amostrador automático, capaz de bombear e filtrar grandes volumes de água (até 1000 L), capturando MPs em diferentes etapas de ETAs e ETEs (Foglia *et al.*, 2024).

Atualmente, não existe regulação que estabeleça a remoção ou Valor Máximo Permitido (VMP) de MPs em água potável. Em uma perspectiva global, a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconheceu o problema, mas observa a falta de padrões formais e solicita mais pesquisas e desenvolvimento regulatório. A compreensão incompleta dos riscos à saúde causados pela ingestão de MPs ainda é uma lacuna no conhecimento científico e essa incerteza atrasa ainda mais a regulamentação, visto que as avaliações de risco ainda não são conclusivas ou padronizadas (Chaturvedi *et al.*, 2025). Estimativas de ingestão de MPs foram estimadas por dois grupos de pesquisa, com grande variação na exposição de adultos da ordem de 1 partícula/ ano (Negrete Velasco *et al.*, 2023) até 22,3–36,8 partículas/kg/dia e para bebês até

75 partículas/kg/dia (Han *et al.*, 2024), sugerindo potenciais riscos diferenciados por faixa etária e vulnerabilidade variável para grupos específicos da população. Nesse ponto, destaca-se a necessidade de estudos epidemiológicos e toxicológicos para compreender os impactos à saúde da exposição crônica e de curto prazo a MPs.

Embora o descarte de águas residuais represente uma fonte pontual significativa de contaminantes emergentes, incluindo microplásticos, em ecossistemas aquáticos, sua determinação nessas fontes, especialmente em países com economias emergentes, permanece limitada. Já em países mais desenvolvidos economicamente, alguns métodos avançados de tratamento físico-químico têm sido aplicados, juntamente com testes de toxicidade após cada etapa do tratamento, o que resulta na remoção de alguns compostos tóxicos, apesar das implicações financeiras e temporais (Ng'eno; Shikuku, 2020). É importante uma visão sistêmica sobre o assunto, incluindo não somente tecnologias para o combate em estações de tratamento, mas políticas de redução e gerenciamento desses resíduos. Mais de 90% dos MPs removidos durante o tratamento de água estão concentrados no lodo e águas de retrolavagem (Seay *et al.*, 2025), correndo o risco destes MPs retornarem ao meio ambiente, alimentando o ciclo de poluição. Aqui destaca-se a necessidade de estabelecer padrões para os MPs na água potável, criar metodologias padronizadas de testes e detecção e implementar políticas de gerenciamento destes resíduos ao longo de seu ciclo de vida.

Na maioria dos países em desenvolvimento, a ênfase está no controle de poluentes convencionais e na proteção das águas superficiais, que dependem inteiramente do tratamento de águas residuais municipais e de padrões amplamente impostos a fontes pontuais industriais, enquanto fontes difusas têm sido amplamente ignoradas e o progresso não é estimulado. Mais recentemente, a ênfase tem se deslocado lentamente para o controle de contaminantes não tradicionais e a proteção das águas superficiais, e o diálogo entre acadêmicos, ambientalistas, especialistas em saúde e agências de legislação tende a aumentar (Chaturvedi *et al.*, 2025; Ng'eno; Shikuku, 2020). Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos analíticos e técnicas de remoção, além da geração contínua de dados científicos atualizados e o monitoramento destes compostos exigem um volume maior de financiamento.

Quadro 1 – Publicações selecionadas para análise e resumo dos principais resultados.

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Awan <i>et al.</i> , 2024. Canadá	Avaliar a remoção de MPs com tamanhos variados por meio de testes de jarros convencionais e comparar os resultados com um sistema de bancada de fluxo contínuo.	Identificar valores de pH e dosagens de alúmen ideais para a redução de MPs, em variedade de condições de coagulação. Tipos e tamanhos de MPs avaliados: PE de 30 µm e 135 µm, PS de 50 µm.	A maior remoção de MPs foi observada com a produção de flocos grandes e de fácil sedimentação de hidróxido de alumínio; a remoção total de MPs foi menor durante os ensaios de fluxo contínuo em comparação com os testes de jarros; independentemente do tipo e tamanho do MP. Observadas fortes correlações entre concentração de MP e redução da turbidez; correlações significativas na comparação do tamanho do floco e a concentração de flocos com diâmetro efetivo >100 µm com a redução de MPs.
Barbier <i>et al.</i> , 2022. França	Avaliar a contaminação por MPs da água bruta e potável em três estações de tratamento na região de Paris, na França.	Comparar três plantas de tratamento de água, sendo que apenas uma delas utiliza processos de microfiltração e nanofiltração, além da coagulação-floculação, filtração em areia e filtração com carvão ativado granular. A distribuição de água potável também foi investigada em três pontos da rede.	Concentrações variando de 7,4 a 45,0 MP/L foram encontradas na água bruta e entre 0,003 MP/L a 0,260 MP/L na água potável (taxa geral de remoção >99%); PE, PP e PET foram os principais polímeros. Nenhum MP foi detectado em quatro das seis amostras após a nanofiltração. As concentrações na rede de distribuição foram, em geral, maiores do que na saída da estação correspondente. Os resultados sugerem que os processos de membrana de microfiltração e nanofiltração são mais eficientes do que os processos de tratamento convencionais e que pode ocorrer uma recontaminação dentro da própria rede de distribuição.
Bayarkhuu; Byun, 2022. Coreia do Sul	Monitorar o comportamento de nano e MPs (PS de 0,1, 1 e 10 µm) em processos de coagulação e sedimentação, por meio da turbidez.	Otimização das condições de coagulação e sedimentação (tipo de coagulante, dose, tempo de sedimentação e matriz aquosa) para partículas nano e MP, monitorando a turbidez baixo volume (15 mL).	A eficiência de remoção de NPs estimada a partir da medição da turbidez foi altamente comparável à obtida em um teste de jarro convencional (600 mL) após a sedimentação completa dos flocos. A abordagem apresentada é de baixo custo e direta, permitindo uma rápida otimização do processo de coagulação/sedimentação para a remoção eficaz de nano e MPs da água.
Cherian <i>et al.</i> , 2023. Canadá	Avaliar o desempenho de dispositivos POU (Ponto de Uso) de fluxo contínuo, com relação à remoção de MPs.	Determinar a eficiência do dispositivo POU na remoção de fragmentos de PET e PVC (30-1000 µm e concentrações de 36-64 partículas/L), incluindo aqueles que utilizam combinações de carvão ativado granular (CAG), troca iônica (IX) e microfiltração (MF).	Os dispositivos POU que incorporam microfiltração (MF) tiveram maior eficiência na remoção de fragmentos de PVC e PET, em relação ao dispositivo que incorpora apenas CAG e IX; o dispositivo com MF de menor tamanho nominal de poro (0,2 µm) apresentou o melhor desempenho. Dispositivos POU que incorporam barreiras de tratamento físico podem ser ideais para a remoção de MPs da água potável. Considerando que o consumo humano representa uma pequena parcela do consumo doméstico de água, os POU podem proporcionar a remoção adicional antes do consumo.

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Cherniak <i>et al.</i> , 2022. Canadá	Analisar a remoção de MPs e outras partículas antropogênicas (> 10 µm) de águas superficiais por uma ETA convencional em grande escala.	Análise de amostras de uma ETA convencional (coagulação com hidróxido de alumínio, floculação, filtração com antracito e areia e cloração); além de amostras coletadas de filtros biológicos em escala piloto (antracito e areia ou CAG) operados com ou sem ozonização e em uma gama de diferentes TEVs.	A maioria das partículas (> 80%) foi identificada como fibras de 10 a 45 µm; os MPs eram predominantemente PES, enquanto as partículas antropogênicas não plásticas eram principalmente de celulose. O tratamento convencional em larga escala removeu 52% das partículas antropogênicas, onde coagulação, floculação e sedimentação foram responsáveis pela maior remoção (70%). Nenhuma das configurações de filtro piloto examinadas resultou em quantidade significativamente menor de MPs quando comparada à filtração convencional em larga escala.
Dalmau-Soler <i>et al.</i> , 2021. Espanha	Determinar a presença de MPs ao longo da bacia do rio Llobregat (Catalunha, Espanha) e estudar seu comportamento e eliminação ao longo da ETA.	Aplicar diferentes protocolos de amostragem e preparo de amostras para determinar MPs na água do rio e na ETA; identificar potenciais fontes de MPs em cada etapa do tratamento através de estudo de migração.	MPs foram detectados em 5 dos 7 pontos ao longo da bacia do Llobregat, com predominância de PES e PP; a eficiência geral de remoção foi de 93 ± 5%, sendo que filtração em areia foi a etapa-chave na remoção de MPs (78 ± 9%); a ultrafiltração/osmose reversa (tratamento avançado) foi mais eficaz para a remoção de MPs do que a etapa de ozonização/filtração por carbono (tratamento convencional aprimorado).
Foglia <i>et al.</i> , 2024. Espanha	Validar e testar um amostrador projetado para detecção de MPs em matrizes de água.	Investigar os papéis específicos de processos convencionais químicos e físicos na remoção de MPs, além das formas, classes de tamanho e tipologias de polímeros nos MPs extraídos.	A água potável bruta e as águas residuais apresentam concentrações de MPs de 2–11 e de 480–801 MPs/m ³ , respectivamente, e remoções de MPs de 47–78% e de 84–98%, respectivamente; os tamanhos detectados variam principalmente de 0,5 a 0,1 mm em águas potáveis, e de 5 a 1 mm em águas residuais. Foram investigados os papéis específicos de processos químicos e físicos convencionais na remoção de microplásticos. Separação sólido-líquido, flotação e filtração foram considerados principais processos de remoção de MPs, com taxas de 47-78% para água potável.
Han <i>et al.</i> , 2024. China	Investigar e rastrear MPs em um sistema de água potável de uma megacidade no leste da China. Entender como diferentes processos de tratamento contribuem para a redução de MPs.	Determinar a ocorrência e o destino de MPs em duas estações de tratamento, uma com métodos avançados de tratamento e outra com métodos convencionais. Foram analisadas a abundância, o tamanho e os tipos de MPs encontrados na água bruta e tratada. Estimar a ingestão diária de MPs que a população consome na cidade em estudo.	Os MPs encontrados em todas as amostras de água bruta, com concentrações de 4599 a 5134 partículas/L. O processo avançado de tratamento na ETA 1 apresentou maior eficiência de remoção (83%) em comparação ao processo convencional na ETA 2 (73%). A ozonização combinada com filtração carvão ativado granular foi mais eficaz na ETA 1 (52,7%), enquanto a filtração com areia foi mais eficaz na ETA 2 (47,5%). Os processos de coagulação e sedimentação em ambos sistemas removeram o maior número de MPs. A filtração com areia atingiu 100% de remoção de MPs >100 µm, porém, foi menos eficaz para MPs entre 2 e 5 µm. A ingestão diária de MP para adultos por meio de água tratada foi estimada em 22,3-36,8 itens/kg/dia.

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Hao <i>et al.</i> , 2023. China/Macau	Investigar os efeitos do pré-tratamento com ozônio na formação de subprodutos de desinfecção (SPD) associando a cloração e os MPs, especificamente o poliuretano termoplástico (TPU) e o polietileno (PE).	Avaliar como a ozonização altera as propriedades físico-químicas dos MPs de TPU e PE e como essas alterações influenciam a geração de SPD em processo combinado de ozonização-cloração. Analisar a formação de trihalometano (THM) e o papel dos íons brometos na produção de SPD bromados.	A ozonização altera significativamente as propriedades físico-químicas dos MPs, com maior efeito no TPU comparado ao PE. O TPU teve alteração de cor e cristalinidade e uma mudança pronunciada do potencial zeta, sugerindo aumento de hidrofilicidade de grupos funcionais mais oxidados. A pré-ozonização aumentou a formação de SPD durante a cloração subsequente, ocorreu produção de clorofórmio para o TPU, enquanto para PE este efeito foi mínimo. Na presença de íons brometo, o rendimento de SPD bromados aumentou substancialmente. O estudo concluiu que a ozonização aumenta a suscetibilidade dos MPs à fragmentação e oxidação, levando ao aumento da formação de SPD, especialmente na presença de brometo. Observado que o TPU, por sua estrutura complexa e grupos funcionais, é mais propenso a formar SPD do que o PE.
He <i>et al.</i> , 2022. China	Avaliar a remoção de MPs (PE) e norfloxacino (NOR) usando cloreto de polialumínio (PAC) e poliacrilamida aniônica (PAM).	Explorar os mecanismos por trás da remoção desses poluentes por meio da coagulação, avaliando como a presença de NOR afeta a remoção de PE e vice-versa. Examinar a influência do meio, como pH, íons coexistentes e matéria orgânica.	Em um sistema composto, a eficiência de remoção foi aumentada de 9,6 (somente PE) para 29,1% (PE+NOR), utilizando PAC e PAM, sendo esse aumento na remoção de PE atribuído à neutralização de carga e adsorção mais fortes, provavelmente devido à formação de um complexo PE-NOR-Al. Por outro lado, a eficiência de remoção de NOR diminuiu ~ 4,1% no sistema composto (PE+NOR) em comparação com o sistema único (somente NOR), devido à competição do PE pelos hidrolisados de PAC com carga positiva por meio da neutralização de carga. Condições de pH 7-8 produziram melhores eficiências de remoção para PE e NOR em comparação com condições fracamente ácidas ou fortemente alcalinas. A presença de certos íons coexistentes (Ca ²⁺ e Mg ²⁺) reduziu significativamente a eficiência de remoção de PE e NOR, enquanto os íons sulfato e carbonato tiveram pouco impacto. O ácido húmico, representando a matéria orgânica, aumentou consideravelmente a remoção de PE e NOR devido ao seu efeito de ponte na formação de flocos.
Islam <i>et al.</i> , 2023. Bangladesh.	Estudar a eficiência de remoção de MPs em três grandes ETAs em Bangladesh.	Avaliar as concentrações de MPs na água bruta e tratada nas ETAs que utilizam diferentes processos de tratamento. Examinar a morfologia da superfície e os tipos de polímeros, bem como os metais pesados adsorvidos em sua superfície.	ETAs em Bangladesh apresentaram alta eficiência na remoção de MPs (98-99%). As concentrações de MPs na água bruta das plantas de Saidabad (ETA 1 e 2) foram de 25,7 ± 9,8 e 26,01 ± 9,8 itens/L, enquanto Padma apresentou entre 6,2 ± 1,6 itens/L. Após o tratamento, as concentrações de MPs foram significativamente reduzidas para 0,3 ± 0,03; 0,4 ± 0,01 e 0,05 ± 0,02 itens/L, respectivamente. As conclusões do estudo destacam que os

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
			<p>processos de tratamento convencionais utilizados nas ETAs investigadas são eficazes na remoção de microplásticos na faixa de tamanho de 20 µm a 5000 µm. Os MPs predominantes encontrados foram fragmentos e fibras, sendo os polímeros mais comuns o PP e o PE. Uma constatação importante é que os MPs remanescentes na água tratada apresentaram superfícies ásperas e envelhecidas, com contaminação por metais pesados como chumbo, cádmio, cromo, arsênio, cobre e zinco, sendo justificável novos estudos sobre a toxicidade dos MPs e tecnologias avançadas de tratamento de água.</p>
<p>Li <i>et al.</i>, 2020. China</p>	<p>Analisar a ocorrência, remoção e potenciais ameaças associadas a MPs em fontes de água potável.</p>	<p>Revisão sistemática da literatura visando estudar a presença de MPs em fontes de água convencionais, focando em métodos de amostragem que melhor representem estes contaminantes emergentes.</p>	<p>Análise de 53 publicações determinou a concentração média de $2,2 \times 10^3$ partículas/m³ em fontes de água bruta com tamanho > 50 µm. A maioria dos MPs (>10 µm) é removida após processos de coagulação, sedimentação e filtração, com taxas de remoção > 80% para MPs > 1 µm. Foram destacadas duas ameaças dependentes do tamanho dos MPs, uma em que MPs maiores podem atuar como vetores para o acúmulo de bactérias patogênicas e a disseminação de genes de resistência a antibióticos, outra que a fotodegradação de MPs pode levar a liberação de nanoplasticos, impactando na qualidade da água e podendo formar subprodutos de desinfecção.</p>
<p>Liu <i>et al.</i>, 2023. China</p>	<p>Destacar os riscos que os micro-nanoplasticos (M-NPs) podem ocasionar na água tratada, em especial após a desinfecção.</p>	<p>Revisão da literatura pretendendo verificar os efeitos dos diferentes tipos de desinfecção associados aos M-NPs.</p>	<p>Diante de desinfetantes utilizados em ETAs como o cloro, ozônio e radiação UV, os M - NPs podem oferecer riscos ao liberar matéria orgânica dissolvida e formar SPD. Os M-NPs podem ser mais prejudiciais após a desinfecção, devido a lixiviação de matéria orgânica e aditivos usados na fabricação destes polímeros. Ainda, este processo pode levar à formação de trihalometanos e haloacetnitrilas. A radiação UV e ozônio podem degradar os M-NPs em compostos orgânicos mais tóxicos. Devido ao uso crescente de plástico pela sociedade, o artigo propõe estudos mais aprofundados e uso de novas tecnologias para garantir a segurança da água potável.</p>
<p>Luo <i>et al.</i>, 2025. China</p>	<p>Investigar a retenção de MPs usando areia carregada com ferro em sistemas de filtragem de areia.</p>	<p>Modificar a areia de quartzo com revestimento de óxido de ferro, alterando a carga superficial da areia, criando uma forte atração eletrostática com MPs de carga negativa.</p>	<p>A areia impregnada com Fe mostrou-se mais eficaz na retenção de MPs menores comparado ao filtro comum. Eficácia atribuída à inversão do potencial zeta da areia, de negativo para positivo, após a impregnação com Fe, devido à atração eletrostática com MPs de carga negativa. Com base nos testes, o novo material foi considerado uma alternativa viável para aplicação em ETAs para remoção de MPs de tamanho reduzido (200 nm a 1000 nm).</p>

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Ma <i>et al.</i> , 2019. China	Avaliar a eficiência de remoção de MPs de PE utilizando coagulantes a base de alumínio e ferro e posterior nanofiltração.	Utilizar os sais de coagulantes mais usuais a base de alumínio e ferro em teste de jarros para verificar a eficiência de remoção de MPs de PE. Ainda foram utilizados poliacrilamida aniônica (PAM) e variações de pH nos testes para avaliação da eficiência de remoção.	Os coagulantes a base de alumínio demonstraram maior eficiência na remoção de MPs se comparado ao de ferro, alcançando até 36,98% de remoção para partículas de PE com diâmetro < 0,5mm. Fatores como força iônica e turbidez tiveram impacto mínimo, enquanto o pH afetou as características dos flocos. A PAM aumentou significativamente a eficiência de remoção, enquanto as membranas de ultrafiltração rejeitaram efetivamente o PE, porém apresentaram incrustação com partículas menores e dosagens mais altas de coagulante.
Na <i>et al.</i> , 2021. Coreia do Sul	Estudar a remoção de MPs de poliestireno (PS) através de processos convencionais de tratamento de água.	Simular os processos de filtração e desinfecção por UV convencionais para avaliar a eficiência de remoção de MPs de PS de diferentes tamanhos.	MPs maiores são removidos com maior facilidade durante a coagulação e sedimentação (77,4-95,3% para MPs entre 20-90 µm e 33-41,1% para MPs de 10 µm). O tipo de coagulante, o pH e a matéria orgânica também afetam a coagulação. A filtração em areia retém MPs >20 µm principalmente por meio de filtração, porém MPs menores que isto passaram pelo sistema de filtração. O tratamento com UV/H ₂ O ₂ intensifica a fragmentação e a lixiviação, liberando compostos orgânicos de baixo peso molecular na amostra. Em comparação, a fragmentação no sistema UV/H ₂ O ₂ foi mais intensa que no sistema somente com UV.
Panigrahi <i>et al.</i> , 2024. Estados Unidos	Investigar o uso da proteína derivada de <i>Moringa oleifera</i> e da areia revestida com proteína da mesma como coagulantes naturais para remoção de MPs puros e intemperizados por UV.	Testar em laboratório o coagulante natural obtido da semente da Moringa para avaliar a eficácia na remoção de MPs em comparação com coagulantes químicos.	A proteína catiônica de <i>Moringa oleifera</i> , tanto na forma de suspensão quanto na forma de areia revestida com proteína, demonstrou um desempenho de remoção de microplásticos (MPs) de polietileno (PE) puros e intemperizados por UV comparável ao coagulante de alumínio e à poliacrilamida sintéticos convencionais. O intemperismo UV melhorou a remoção de MPs, provavelmente pela melhora da superfície química.
Radityaningrum <i>et al.</i> , 2021. Indonésia	Investigar a contaminação por MPs no Rio Surabaya, Indonésia, utilizado como fonte de água bruta para ETAs.	Coletar amostras de água em vários estágios do processo de tratamento de água em duas ETAs e identificar os MPs presentes, destacando os aspectos quantitativos e qualitativos dos MPs detectados.	Foram encontrados MPs em todas as amostras de água, tanto na água bruta do rio Surabaya, quanto na água tratada - ETAS 1 e 2. A concentração de MPs foi de 26,8-35 partículas/L na bruta e 8,5-12,3 partículas/L na água tratada. Foram identificados principalmente PE, PP e LPDE na água bruta. A eficiência de remoção no processo ficou em 54% na ETA 1 e 76% na ETA 2. Embora ocorra a remoção utilizando tecnologias convencionais, o processo não garante a remoção total.

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Radityaningrum; Trihadiningrum; Soedjono, 2023. Indonésia	Avaliar o desempenho de duas ETAs em Java Oriental, Indonésia, na remoção de MPs.	Coletar amostras de água em duas ETAs para posterior análise, quantificar e determinar as características dos MPs na água. Calcular a eficiência de remoção de MPs em diferentes estágios do tratamento de água.	A eficiência geral de remoção dos MPs foi de 66% na ETA 1 e 62% na ETA 2. A água tratada apresentou um residual de $5,45 \pm 0,28$ partículas/L na ETA 1, enquanto a ETA 2 apresentou $3,75 \pm 2,83$ partículas/L. MPs menores ($1-350 \mu\text{m}$) apresentaram menor eficiência de remoção em comparação com MPs maiores ($351 \mu\text{m} - 5 \text{mm}$). O processo convencional não remove totalmente os MPs da água ao final do processo, são necessários novos estudos e tecnologias para a remoção completa dos MPs em ETAs.
Seay <i>et al.</i> , 2025. Estados Unidos	Avaliar a quantidade e as características dos MPs em diferentes estágios de um processo convencional de tratamento de água, inclusive no meio sólido.	Realizar amostragem em quatro etapas representativas em uma grande ETA em Detroit, EUA, que opera com processos convencionais: água bruta, decantada, filtrada e água tratada pronta para distribuição e em dois meios sólidos, meio filtrante e lodo de resíduo.	Encontradas altas concentrações de MPs na água bruta 11.421 partículas/L, o sistema apresentou eficiência na remoção de 98%. Mais de 70% dos MPs tinham tamanho $< 30 \mu\text{m}$, enquanto a maioria ($>80\%$) dos MPs eram fibras ($\sim 50\%$) e fragmentos ($\sim 32\%$). O PE foi o plástico mais prevalente (45%), seguido por variantes de PE (26%), PVA-co-PE (7%), PBA (3%) e PVC (3%). MPs removidos ficaram retidos nos resíduos sólidos: lodo e meio filtrante, destacando a importância da gestão adequada dos resíduos da ETA.
Shao <i>et al.</i> , 2020. China	Compreender os efeitos da pré-oxidação com oxidantes mais comumente usados no tratamento de água nas propriedades dos MPs de PE.	Testar em laboratório três oxidantes, permanganato de potássio, hipoclorito de sódio e ozônio, em concentrações padrões estabelecidos para tratamento e avaliar as mudanças nas propriedades físico-químicas de MPs de PE.	A pré-oxidação dos MPs de PE com os três oxidantes alterou as características de superfície (aumento), grupo funcional (enfraquecimento dos picos C-H) e capacidade de adsorção de poluentes orgânicos (aumento nos grupos menos polares ou apolares). Apesar da alteração das propriedades, não houve influência significativa na remoção dos MPs.
Siegel <i>et al.</i> , 2021. Alemanha	Desenvolver e validar um método para determinação da remoção de MPs em águas superficiais através da análise do lodo de ETAs.	Adotar uma amostragem integrativa baseada na análise da água bruta e do lodo da ETA. Desta forma, obter valores representativos ao longo do tempo em comparação com métodos tradicionais de amostragem para análise de MPs.	A concentração de MP no rio Warnow, derivada da análise do lodo da ETA foi de 196 ± 42 partículas/ m^3 , enquanto nos métodos convencionais de amostragem a concentração foi de 233 ± 36 partículas/ m^3 , não havendo diferenças significativas entre os dois métodos. Foram identificados 12 tipos diferentes de polímeros, sendo prevalentes PE -37,8%, PP -31,0% e PS -24,4%. A abordagem integrativa demonstrou-se eficaz para determinar a abundância de MPs em sistemas de água superficiais, com vantagens no monitoramento de longo prazo, superando limitações de amostragens pontuais quanto à variabilidade temporal e espacial na carga de MPs.
Skaf <i>et al.</i> , 2020.	Investigar a remoção de MPs de tamanho micrométrico	Avaliar a eficácia da coagulação com sais de alumínio frente a MPs de tamanho	A dosagem de alumínio entre 5 e 10 mg/L (típicas para tratamento de água potável) foram altamente eficazes na remoção de microesferas de MP (1-5

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Singapura	utilizando coagulação com sais de alumínio e o impacto dos surfactantes sobre esta remoção.	reduzido (1 a 5 μm de diâmetro) e a influência de surfactantes comuns, como os encontrados em detergentes, no processo de coagulação.	μm , densidade 1,3 g/cm^3) e microfibras de PE (5 μm de diâmetro, cortadas em 0,1 mm) da água, alcançando turbidez residual < 1,0 NTU, mesmo com turbidez inicial ~16 NTU. A presença de 20 mg/L de surfactantes (tanto não iônicos, como F68, quanto aniônicos, como Alconox, Tide, All®) alteraram o potencial zeta dos MPs, mas não prejudicaram significativamente a eficiência de remoção em doses de alúmen de até 10 mg/L.
Thathsarani <i>et al.</i> , 2025. Austrália	Investigar a remoção de fibras microplásticas da água, comparando o cloreto de alumínio com quitosana como coagulantes.	Comparar experimentalmente a remoção de fibras MPs através de coagulação-floculação seguida de sedimentação (CFS) e coagulação-floculação combinada com flotação usando microbolhas (CFm). Foram testadas matrizes de água com surfactantes (simulação de detergente) e água com ácido húmico (simular matéria orgânica) com dois coagulantes distintos ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e Quitosana).	A CFS com $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ obteve a maior remoção de turbidez (indicativa da remoção de fibras de MP) na presença de ácido húmico. A quitosana como coagulante em CFm também apresentou alto desempenho. A quitosana foi mais eficiente em dosagens mais baixas em comparação com o $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, especialmente em métodos híbridos envolvendo microbolhas, indicando seu potencial como uma alternativa verde e sustentável. Em água deionizada com surfactante (simulando a presença de detergente), as fibras de MP se sedimentam naturalmente, tornando os coagulantes tradicionais menos eficazes. A quitosana contribuiu para melhores mecanismos de remoção baseados na neutralização de carga, em vez de apenas na sedimentação.
Negrete Velasco <i>et al.</i> , 2022. Suíça	Avaliar a contaminação por MPs e fibras sintéticas na ETA de Genebra, Suíça, a partir de uma estação piloto.	Utilizar uma estação de tratamento em escala piloto que replica a principal estação de tratamento de Genebra para avaliar a contaminação por MPs e a eficiência de remoção.	A concentração média de MPs na água bruta do Lago Genebra foi de 95 ± 49 MPs/ m^3 e fibras sintéticas $15 \pm 7,7$ fibras/ m^3 . A coagulação teve um impacto limitado na remoção de MPs, mas melhorou significativamente a remoção de fibras sintéticas, praticamente eliminando-as da água potável final na presença do coagulante. O tratamento convencional de água potável (filtração em areia e carvão ativado) é altamente eficaz na remoção da maioria dos microplásticos (≥ 63 μm) e fibras sintéticas da água bruta. A remoção geral típica excede 89% e pode ultrapassar 96% com a coagulação.
Negrete Velasco <i>et al.</i> , 2023. Suíça	Avaliar a eficiência de remoção de MPs em uma ETA convencional em Genebra, Suíça.	Amostragem em larga escala e análise abrangente (volumes > 1m^3) em diferentes etapas do tratamento de água. Analisar MPs e fibras sintéticas com tamanhos ≥ 63 μm por espectroscopia no infravermelho (FTIR).	A eficiência do tratamento convencional com filtração por areia e CAG é alta na remoção de microplásticos ≥ 63 μm , embora fibras sintéticas persistam em baixas concentrações. O risco de ingestão de MPs para os consumidores é muito baixo, estimando-se que um adulto ingere aproximadamente 1 partícula de MPs ≥ 63 μm por ano ao consumir 1,5 L/dia de água tratada desta estação.

REFERÊNCIA / ORIGEM	OBJETIVOS	ABORDAGEM	PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES
Zhang <i>et al.</i> , 2021. China	Investigar a remoção de MPs de PET usando cloreto de polialumínio (PAC) com auxiliares de coagulação: poliacrilamida aniônica (PAM), alginato de sódio (AS) e ácido silícico ativado (ASA).	Compreender os mecanismos de coagulação em cada sistema, utilizando técnicas analíticas avançadas. Avaliar e comparar a eficácia de cada auxiliar (PAM, AS e ASA).	O uso apenas de PAC apresentou eficiência de remoção muito baixa para MPs PET (~30-35%), mostrando-se insuficiente para tratar esse poluente de forma adequada em condições convencionais de tratamento de água. A adição de coagulantes auxiliares aumentou a remoção de PET, especialmente sob dosagens elevadas, destacando-se o PAM para altas dosagens e ASA para uso convencional.
Ziembowicz; Kida; Koszelnik, 2023. Polônia	Avaliar e otimizar o processo de coagulação convencional assistido com detergente para remoção de MPs de PE e PVC.	Verificar em laboratório a eficiência de remoção de diferentes tipos de PE e PVC frente ao uso de $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ e $FeCl_3 \cdot 6H_2O$. Em algumas etapas, um surfactante foi adicionado no experimento para avaliação.	As partículas de PVC foram removidas com mais eficiência do que as partículas de PE durante a coagulação, a maior eficiência de remoção do PVC foi atribuída à sua maior densidade e agregação, em oposição às partículas de PE mais flutuantes e hidrofóbicas. O coagulante de alumínio ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$) foi geralmente mais eficaz do que o coagulante de ferro ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) na remoção de microplásticos de PE e PVC. O pH neutro foi ideal para a remoção dos MPs de PE e PVC. O desempenho diminuiu significativamente em condições mais ácidas (pH 3, 5) ou alcalinas (pH 9). A coagulação assistida por detergente aumentou a eficiência de remoção de MPs individuais e mistos, tornando essa abordagem promissora para estações de tratamento de água.

Legenda: AS - Alginato de sódio; ASA - Ácido silícico ativado; CAG - Carvão Ativado Granular; ETA - Estação de Tratamento de Água; Fe – Ferro; IX - Troca Iônica; LPDE - polietileno de baixa densidade; MF - Microfiltração; MP - Microplástico; NP: Nanoplástico; PAC - cloreto de polialumínio; PAM - poliacrilamida aniônica; PE - Polietileno; PES - Poliéster; PET - Polietileno Tereftalato; POU - Ponto de Uso; PP - Polipropileno; PS - Poliestireno; PVC - Policloreto de Vinila; TEVs - Tempos de Contato em Leito Vazio; THM - Trihalometano; TPU - poliuretano termoplástico; SPD - subprodutos de desinfecção.

Fonte: os autores (2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos oferecem diversas contribuições significativas para a compreensão do comportamento das partículas de microplásticos em sistemas de água potável, desde a avaliação da eficácia das ETAs até a identificação de lacunas no conhecimento científico sobre o tema e a proposição de estratégias futuras. Mesmo com incertezas toxicológicas, mitigar a exposição de MPs é um princípio preventivo e deve ser adotado.

As futuras pesquisas devem priorizar o desenvolvimento de tecnologias avançadas e verdes para a remoção de MPs, como coagulantes naturais e biodegradáveis; soluções inovadoras devem priorizar a retenção de MPs inferiores a 10 µm devido a maior mobilidade no sistema de tratamento. A criação e o uso de materiais biodegradáveis na fabricação de plásticos como celulose, lignina e amido, com o intuito de reduzir a poluição futura é uma necessidade urgente.

Apesar das crescentes evidências da prevalência e dos riscos potenciais dos MPs, as estruturas regulatórias permanecem incompletas e lentas em seu desenvolvimento, a falta de padronização na amostragem e detecção dos MPs impede essa regulamentação. Avançar em estudos epidemiológicos e ensaios toxicológicos de longo prazo também é essencial para quantificar riscos reais e definir valores orientadores. Os estudos analisados evidenciam que a superação dessas lacunas regulatórias é apresentada como uma etapa crítica para a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental diante dos desafios emergentes da poluição plástica.

Por fim, o enfrentamento da poluição por microplásticos em água potável demanda ação integrada: (i) pesquisa aplicada para ferramentas analíticas padronizadas; (ii) inovação em tratamentos economicamente viáveis; (iii) políticas de redução na fonte, incluindo materiais plásticos biodegradáveis; e (iv) marcos regulatórios baseados em evidências. Tal agenda exige colaboração multidisciplinar e internacional de cientistas ambientais, hidrólogos, engenheiros, biotecnólogos e agentes políticos para abordar de maneira sistêmica as lacunas científicas, tecnológicas e sociais deste problema.

REFERÊNCIAS

AWAN, Malik M.A.; MALKOSKE, Tyler; ALMUHTARAM, Husein; ANDREWS, Robert C. Microplastic removal in batch and dynamic coagulation-flocculation-sedimentation systems is controlled by floc size. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 909, no. June 2023, p. 168631, 2024. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.168631. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168631>.

BAGHERI, Sara; HEIDARI, Amir Ali; GHOLAMHOSSEINI, Amin. Microplastics: Challenges and roles as a vector – A literature review. **Aquaculture Reports**, [s. l.], vol. 39, no. November, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102521>.

BARBIER, Jean Sebastien; DRIS, Rachid; LECARPENTIER, Caroline; RAYMOND, Vivien; DELABRE, Karine; THIBERT, Sylvie; TASSIN, Bruno; GASPERI, Johnny. Microplastic occurrence after conventional and nanofiltration processes at drinking water treatment plants: Preliminary results. **Frontiers in Water**, [s. l.], vol. 4, 2022. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.886703>.

BAYARKHUU, Bolormaa; BYUN, Jeehye. Optimization of coagulation and sedimentation conditions by turbidity measurement for nano- and microplastic removal. **Chemosphere**, [s. l.], vol. 306, no. July, p. 135572, 2022. DOI 10.1016/j.chemosphere.2022.135572. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135572>.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 56, de 14 de março de 1977**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 15 mar. 1977.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 84, p. 88–126, 5 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-315095226>. Acesso em: 4 jul. 2025.

CHATURVEDI, Sadashiv; KUMAR, Amit; MIN, Liu; KUMAR, Rupesh. A Perspective on Green Solutions and Future Research Paths for Microplastic and Nanoplastic Contamination in Drinking Water. **Clean - Soil, Air, Water**, [s. l.], vol. 53, no. 1, p. 1–6, 2025. <https://doi.org/10.1002/clen.202400104>.

CHERIAN, Ashlyn G.; LIU, Zeyuan; MCKIE, Michael J.; ALMUHTARAM, Husein; ANDREWS, Robert C. Microplastic Removal from Drinking Water Using Point-of-Use Devices. **Polymers**, [s. l.], vol. 15, no. 6, 2023. <https://doi.org/10.3390/polym15061331>.

CHERNIAK, Samuel L.; ALMUHTARAM, Husein; MCKIE, Michael J.; HERMABESSIERE, Ludovic; YUAN, Chuqiao; ROCHMAN, Chelsea M.; ANDREWS, Robert C. Conventional and biological treatment for the removal of microplastics from drinking water. **Chemosphere**, [s. l.], vol. 288, no. P2, p. 132587, 2022. DOI 10.1016/j.chemosphere.2021.132587. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132587>.

DALMAU-SOLER, Joan; BALLESTEROS-CANO, Rubèn; BOLEDA, M^a Rosa; PARAIRA, Miquel; FERRER, Núria; LACORTE, Silvia. Microplastics from headwaters to

tap water: occurrence and removal in a drinking water treatment plant in Barcelona Metropolitan area (Catalonia, NE Spain). **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], vol. 28, no. 42, p. 59462–59472, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13220-1>.

DAS, Akankshya; RAY, Smiti Kana; MOHANTY, Madhusmita; MOHANTY, Jyotirmayee; DEY, Sudeshna; DAS, Alok Prasad. Ecotoxicity of microplastic wastes and their sustainable management: A review. **Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, [s. l.], vol. 6, no. May, p. 144–152, 2024. DOI 10.1016/j.enceco.2024.05.003. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2024.05.003>.

EUROPEAN COMMISSION. **Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy**. Official Journal of the European Union, L226, p. 1–17, 2013. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013L0039>. Acesso em: 6 jul. 2025.

FOGLIA, Alessia; PITTURA, Lucia; VIVANI, Veronica; SGROI, Massimiliano; DE SIMONI, Lucia; EUSEBI, Anna Laura; GORBI, Stefania; REGOLI, Francesco; FATONE, Francesco. Microplastics in urban water cycles: Looking for a more scientific approach for sampling and characterization in wastewater and drinking water treatment plants. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 952, no. May, p. 175919, 2024. DOI 10.1016/j.scitotenv.2024.175919. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175919>.

HALEEM, Noor; KUMAR, Pradeep; ZHANG, Cheng; JAMAL, Yousuf; HUA, Guanghui; YAO, Bin; YANG, Xufei. Microplastics and associated chemicals in drinking water: A review of their occurrence and human health implications. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 912, no. September 2023, p. 169594, 2024. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.169594. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169594>.

HAN, Ziwei; JIANG, Jiali; XIA, Jing; YAN, Chicheng; CUI, Changzheng. Occurrence and fate of microplastics from a water source to two different drinking water treatment plants in a megacity in eastern China. **Environmental Pollution**, [s. l.], vol. 346, no. February, p. 123546, 2024. DOI 10.1016/j.envpol.2024.123546. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123546>.

HAO, Tianwei; MIAO, Manhong; WANG, Tong; XIAO, Yihang; YU, Bingqing; ZHANG, Min; NING, Xiaoyu; LI, Yao. Physicochemical changes in microplastics and formation of DBPs under ozonation. **Chemosphere**, [s. l.], vol. 327, no. March, p. 138488, 2023. DOI 10.1016/j.chemosphere.2023.138488. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138488>.

HARTEMANN, Philippe; MONTIEL, Antoine. History and Development of Water Treatment for Human Consumption. **Hygiene**, [s. l.], vol. 5, no. 1, p. 1–10, 2025. <https://doi.org/10.3390/hygiene5010006>.

HE, Jinsong; ZHANG, Ye; NI, Fan; TIAN, Dong; ZHANG, Yanzong; LONG, Lulu; HE, Yan; CHEN, Chao; ZOU, Jianmei. Understanding and characteristics of coagulation removal of composite pollution of microplastic and norfloxacin during water treatment. **Science of the**

Total Environment, [s. l.], vol. 831, no. October 2021, p. 154826, 2022. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.154826. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154826>.

HOLMES, Luke A.; TURNER, Andrew; THOMPSON, Richard C. Interactions between trace metals and plastic production pellets under estuarine conditions. **Marine Chemistry**, [s. l.], vol. 167, p. 25–32, 2014. DOI 10.1016/j.marchem.2014.06.001. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marchem.2014.06.001>.

ISLAM, Muhammad Saiful; ISLAM, Zahidul; JAMAL, A. H.M.Shofiul Islam Molla; MOMTAZ, Nasima; BEAUTY, Sadia Afrin. Removal efficiencies of microplastics of the three largest drinking water treatment plants in Bangladesh. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 895, no. June, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165155>.

KOELMANS, Albert A.; MOHAMED NOR, Nur Hazimah; HERMSEN, Enya; KOOI, Merel; MINTENIG, Svenja M.; DE FRANCE, Jennifer. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. **Water Research**, [s. l.], vol. 155, p. 410–422, 2019. DOI 10.1016/j.watres.2019.02.054. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>.

LI, Yue; LI, Weiyang; JARVIS, Peter; ZHOU, Wei; ZHANG, Junpeng; CHEN, Jiping; TAN, Qiaowen; TIAN, Yu. Occurrence, removal and potential threats associated with microplastics in drinking water sources. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [s. l.], vol. 8, no. 6, p. 104527, 2020. DOI 10.1016/j.jece.2020.104527. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104527>.

LIU, Shuan; DING, Haojie; SONG, Yunqian; XUE, Yinghao; BI, Mohan; WU, Meirou; ZHAO, Chun; WANG, Min; SHI, Jun; DENG, Huiping. The potential risks posed by micro-nanoplastics to the safety of disinfected drinking water. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], vol. 450, no. February, p. 131089, 2023. DOI 10.1016/j.jhazmat.2023.131089. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131089>.

LUO, Changjian; YU, Ying; TANG, Yuchen; DONG, Zhiqiang; QIU, Yuping. Enhanced retention of small-sized microplastics by iron-containing sand filtration system: Effectiveness and mechanisms. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], vol. 489, no. February, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137678>.

MA, Baiwen; XUE, Wenjing; HU, Chengzhi; LIU, Huijuan; QU, Jiuhui; LI, Liangliang. Characteristics of microplastic removal via coagulation and ultrafiltration during drinking water treatment. **Chemical Engineering Journal**, [s. l.], vol. 359, no. November 2018, p. 159–167, 2019. DOI 10.1016/j.cej.2018.11.155. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.155>.

MEENA, Vinay; SWAMI, Deepak; CHANDEL, Aman; JOSHI, Nitin; PRASHER, Shiv O. Selected emerging contaminants in water: Global occurrence, existing treatment technologies, regulations and associated risk. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], vol. 483, no. November 2024, p. 136541, 2025. DOI 10.1016/j.jhazmat.2024.136541. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136541>.

MROWIEC, Bozena. Microplastic-environmental and drinking water problem. **Desalination**

and Water Treatment, [s. l.], vol. 186, no. September 2019, p. 65–71, 2020. DOI 10.5004/dwt.2020.25327. Available at: <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25327>.

NA, Sang Heon; KIM, Min Ji; KIM, Jun Tae; JEONG, Seongpil; LEE, Seunghak; CHUNG, Jaeshik; KIM, Eun Ju. Microplastic removal in conventional drinking water treatment processes: Performance, mechanism, and potential risk. **Water Research**, [s. l.], vol. 202, p. 117417, 2021. DOI 10.1016/j.watres.2021.117417. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117417>.

NEGRETE VELASCO, Angel; RAMSEIER GENTILE, Stéphan; ZIMMERMANN, Stéphane; LE COUSTOMER, Philippe; STOLL, Serge. Contamination and removal efficiency of microplastics and synthetic fibres in a conventional drinking water treatment plant in Geneva, Switzerland. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 880, no. March, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163270>.

NEGRETE VELASCO, Angel; RAMSEIER GENTILE, Stéphan; ZIMMERMANN, Stéphane; STOLL, Serge. Contamination and Removal Efficiency of Microplastics and Synthetic Fibres in a Conventional Drinking Water Treatment Plant. **Frontiers in Water**, [s. l.], vol. 4, no. April, p. 1–17, 2022. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.835451>.

NG'ENO, Emily; SHIKUKU, Victor Odhiambo. **Emerging Contaminants**. [S. l.: s. n.], 2020. p. 172–192. DOI 10.4018/978-1-7998-1871-7.ch010. Available at: <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-7998-1871-7.ch010>.

PAGE, M. J., MCKENZIE, J. E., BOSSUYT, P. M., BOUTRON, I., HOFFMANN, T. C., MULROW, C. D., ... MOHER, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

PANIGRAHI, Chinmayee; KAMAL, Suprio; QIN, Ji; ZIEMANN, Sarah; RAHMAN, Ehsanur; HOUSE, Margaret; DUTCHER, Cari; XIONG, Boya. Removal of Pristine and UV-Weathered Microplastics from Water: Moringa oleifera Seed Protein as a Natural Coagulant. **Environmental Engineering Science**, [s. l.], vol. 41, no. 11, p. 477–489, 2024. <https://doi.org/10.1089/ees.2024.0135>.

PIVOKONSKY, Martin; CERMAKOVA, Lenka; NOVOTNA, Katerina; PEER, Petra; CAJTHAML, Tomas; JANDA, Vaclav. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 643, p. 1644–1651, 2018. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>.

RADITYANINGRUM, Arlini Dyah; TRIHADININGRUM, Yulinah; MAR'ATUSHOLIHAN; SOEDJONO, Eddy Setiadi; HERUMURTI, Welly. Microplastic contamination in water supply and the removal efficiencies of the treatment plants: A case of Surabaya City, Indonesia. **Journal of Water Process Engineering**, [s. l.], vol. 43, no. June, p. 102195, 2021. DOI 10.1016/j.jwpe.2021.102195. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102195>.

RADITYANINGRUM, Arlini Dyah; TRIHADININGRUM, Yulinah; SOEDJONO, Eddy Setiadi. Performance of Conventional Drinking Water Treatment Plants in Removing Microplastics in East Java, Indonesia. **Journal of Ecological Engineering**, [s. l.], vol. 24, no. 6, p. 129–143, 2023. <https://doi.org/10.12911/22998993/162785>.

SEAY, Megan; KIM, Junyeol; MILLER, Carol; TOLOFARI, Dienye; NORTON, John; WAGER, Yongli. Occurrence, fate and partitioning of microplastics through drinking water treatment processes. **Journal of Water Process Engineering**, [s. l.], vol. 74, no. April, p. 107821, 2025. DOI 10.1016/j.jwpe.2025.107821. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107821>.

SHAO, Yu; ZHOU, Xinhong; LIU, Xiaowei; WANG, Lili. Pre-oxidation-induced change of physicochemical characteristics and removal behaviours in conventional drinking water treatment processes for polyethylene microplastics. **RSC Advances**, [s. l.], vol. 10, no. 68, p. 41488–41494, 2020. <https://doi.org/10.1039/d0ra07953g>.

SIEGEL, Henrik; FISCHER, Franziska; LENZ, Robin; FISCHER, Dieter; JEKEL, Martin; LABRENZ, Matthias. Identification and quantification of microplastic particles in drinking water treatment sludge as an integrative approach to determine microplastic abundance in a freshwater river. **Environmental Pollution**, [s. l.], vol. 286, no. June, p. 117524, 2021. DOI 10.1016/j.envpol.2021.117524. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117524>.

SKAF, Dorothy W.; PUNZI, Vito L.; ROLLE, Javaz T.; KLEINBERG, Kyle A. Removal of micron-sized microplastic particles from simulated drinking water via alum coagulation. **Chemical Engineering Journal**, [s. l.], vol. 386, no. November 2019, p. 123807, 2020. DOI 10.1016/j.cej.2019.123807. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123807>.

THATHSARANI, Nimesha; KHIADANI, Mehdi; AZHAR, Muhammad Rizwan; ZARGAR, Masoumeh. Enhanced removal of microplastic fibres using aluminium and chitosan-based coagulants assisted with microbubble technology. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [s. l.], vol. 13, no. 3, p. 116780, 2025. DOI 10.1016/j.jece.2025.116780. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.116780>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Contaminant Candidate List (CCL)**. Washington, DC, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/ccl>. Acesso em: 6 jul. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality: history and development of WHO guidelines**. Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 6 jun. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Microplastics in drinking-water**. Geneva: World Health Organization, 2019. 124 p. ISBN 978-92-4-151619-8. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/326499>. Acesso em: 5 mai. 2025.

ZHANG, Yujian; ZHOU, Guanyu; YUE, Jiapeng; XING, Xinyi; YANG, Zhiwei; WANG, Xinyu; WANG, Qingguo; ZHANG, Jing. Enhanced removal of polyethylene terephthalate microplastics through polyaluminum chloride coagulation with three typical coagulant aids. **Science of the Total Environment**, [s. l.], vol. 800, no. 2, p. 149589, 2021. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.149589. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149589>.

ZIEMBOWICZ, Sabina; KIDA, Małgorzata; KOSZELNIK, Piotr. Elimination of a Mixture of Microplastics Using Conventional and Detergent-Assisted Coagulation. **Materials**, [s. l.], vol. 16, no. 11, 2023. <https://doi.org/10.3390/ma16114070>.