

Tratamento de água

Limpeza química em membranas de ultrafiltração com contaminação oleosa

Rodrigo Alvim Hudson Cadinha e Marcelo Thiago Carniato Rodrigues, da Kurita do Brasil;
Fabio Pereira de Carvalho, da DuPont Water & Solutions

A contaminação por óleo mineral nas membranas de ultrafiltração representa um desafio significativo para a eficiência da produção de água potável em ETAs. Nesse sentido, a aplicação de novas tecnologias capazes de melhorar a limpeza química das membranas e aumentar significativamente a vazão de produção tem demonstrado resultados promissores na remoção de contaminantes oleosos.

O tratamento de água para abastecimento público no Brasil é tradicionalmente realizado por ETAs - Estações de Tratamento de Água, que utilizam processos físico-químicos convencionais, como coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Embora esses métodos apresentem boa eficiência em muitos contextos, eles podem ser insuficientes diante da crescente complexidade dos contaminantes presentes nos mananciais, como resíduos industriais, escoamento urbano e substâncias emergentes. Nesses casos, tecnologias avançadas, como os sistemas de membranas – especialmente as de ultrafiltração (UF) – têm se destacado por sua alta capacidade de remoção de partículas, microrganismos e compostos emulsificados, oferecendo uma alternativa promissora para garantir a segurança e a qualidade da água destinada ao consumo humano.

Os sistemas de ultrafiltração apresentam um conjunto robusto de vantagens em relação aos métodos convencionais. Sua confiabilidade assegura a constância na qualidade do filtrado, mesmo diante de variações na carga de Sólidos Suspensos Totais (TSS) do afluente.

A flexibilidade do sistema permite implantação modular com menores exigências de infraestrutura civil, viabilizando investimentos progressivos. Além disso, sua mobilidade possibilita aplicações emergenciais em plataformas móveis. Do ponto de vista econômico, a ultrafiltração apresenta menor custo de instalação e operação automatizada, reduzindo a necessidade de mão de obra direta. A qualidade da água obtida é elevada, com TSS baixo, turbidez inferior a 0,1 NTU, livre de bactérias e SDI abaixo de 3, características ideais para pré-tratamento em processos de osmose reversa. A tecnologia também oferece

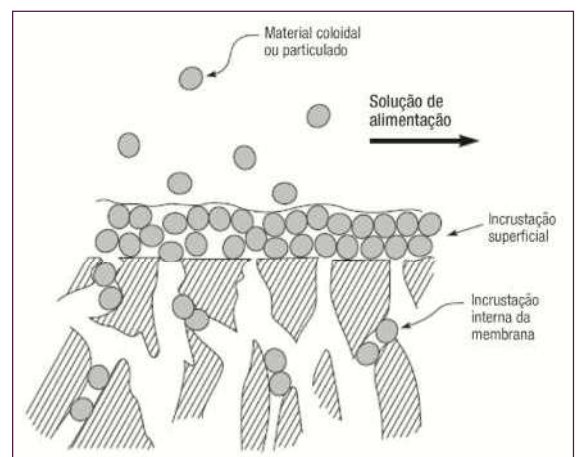


Fig. 1 – Representação esquemática da incrustação em uma membrana de ultrafiltração



Fig. 2 – Sistema submerso (à esquerda) e sistema pressurizado (à direita) [2]

barreira física eficaz contra vírus e bactérias, ocupa até 50% menos espaço, reduz o consumo de produtos químicos e geração de lodo e permite fácil ampliação com obras civis simples.

Além disso, a UF tem sido adotada em cenários nos quais o custo do processo é justificado pelo valor agregado do produto final ou pela necessidade de alta pureza da água tratada. O custo das plantas de UF varia amplamente, dependendo do porte da instalação, do tipo de solução a ser tratada e da qualidade da água de alimentação (vale destacar o maior retorno sobre o investimento ao se utilizar a UF em detrimento do tratamento convencional).

As membranas de UF apresentam uma camada superficial finamente porosa, também conhecida como “pele”, sustentada por um substrato microporoso com poros significativamente maiores. A separação seletiva ocorre na camada superficial, enquanto o substrato fornece suporte mecânico à estrutura da membrana.

Um dos principais fatores que afetam o desempenho das membranas de UF é a polarização por concentração, fenômeno caracterizado pelo acúmulo de solutos retidos na proximidade ou sobre a superfície da membrana durante a operação. Este acúmulo cria uma barreira à passagem do solvente (incrustação), reduzindo o fluxo de permeado, como demonstrado na figura 1.

O comportamento hidrodinâmico do sistema é influenciado pela composição da qualidade de água de alimentação e pela espessura da camada limite. Quando essa camada se estabiliza ao longo

do tempo, a substituição da solução de alimentação por água pura permite a recuperação do fluxo original da membrana, indicando que o fenômeno é, em parte, reversível.

Em membranas com carga superficial negativa, a incrustação associada à polarização por concentração é particularmente difícil de controlar. Para mitigar esse efeito, diversas estratégias são empregadas, como limpeza química, retrolavagem periódica e descarte de sólidos acumulados.

A manutenção do desempenho de sistemas de UF depende diretamente da eficácia dos procedimentos de limpeza aplicados às membranas. Diversos métodos são utilizados para remover a camada densificada de gel formada por materiais retidos na superfície da membrana. O método mais simples consiste na circulação de uma solução de limpeza apropriada pelos módulos de membrana por um período determinado.

As incrustações mais comuns são compostas por colóides de polímeros orgânicos e materiais gelatinosos. Essas camadas são mais eficientemente removidas por meio de soluções alcalinas, seguidas por soluções detergentes aquecidas [1].

Íons como cálcio, magnésio e silicatos, frequentemente problemáticos em sistemas de osmose reversa, geralmente não representam um desafio na UF, pois permeiam a membrana. Uma exceção ocorre na UF de soro de leite, onde altas concentrações de cálcio podem causar incrustações.

A presença de sais ferrosos solúveis em águas de alimentação pode levar à formação de óxidos de ferro hidratados. Esses sais são oxidados a hidróxido férrico pela presença

de ar arrastado no sistema. Como o hidróxido férrico é insolúvel em água, sua remoção é realizada por meio de lavagens ácidas.

A frequência de limpeza química deve ser ajustada conforme a aplicação, podendo ocorrer mensalmente ou em intervalos maiores, dependendo das condições operacionais e dos requisitos específicos do sistema.

O procedimento típico de limpeza envolve:

1. Lavagem do sistema com água quente na maior taxa de circulação possível.
2. Aplicação de solução ácida ou alcalina, conforme a natureza da incrustação.
3. Tratamento com solução detergente aquecida.
4. Enxágue completo com água para remoção de resíduos de detergente.

A operação desses sistemas pode ocorrer em duas configurações principais (figura 2): sistemas pressurizados, nos quais a água é forçada através das membranas por pressão externa, e sistemas submersos, onde as membranas estão imersas em tanques e a filtração ocorre por sucção [2].

Durante a operação normal, os sistemas alteram entre ciclos de filtração e limpeza. A filtração ocorre continuamente por períodos de 15 a 60 minutos, enquanto a limpeza física (*backwash*) é realizada em intervalos regulares, geralmente a cada 15 a 60 minutos, com duração de 30 a 60 segundos. Esse processo utiliza água e ar para remover sólidos acumulados na superfície da membrana. Em ca-

Tratamento de água

sos de incrustações mais severas, são aplicadas limpezas químicas, como o CEB - *Chemically Enhanced Backwash*, que combina produtos químicos com a retrolavagem, e o CIP - *Cleaning-in-Place*, que é um procedimento mais profundo e demorado, realizado com o sistema fora de operação.

A eficiência do sistema é monitorada por parâmetros como a pressão transmembrana (TMP), que representa a diferença de pressão entre a alimentação e o permeado da membrana, e a permeabilidade, que relaciona a vazão de filtrado com a área da membrana. O aumento progressivo da TMP ao longo do tempo é um indicativo de acúmulo de material na membrana, exigindo intervenções de limpeza.

Além disso, os sistemas incorporam testes de integridade para verificar a condição das fibras. Esses testes avaliam a perda de pressão ao longo do tempo e ajudam a identificar fibras rompidas, que podem comprometer a qualidade do filtrado. Quando detectadas, as fibras danificadas podem ser reparadas, embora um número excessivo de reparos leve à substituição do módulo.

A operação eficiente desses sistemas depende da correta alternância entre os modos de filtração e limpeza, da escolha adequada dos produtos químicos e da manutenção preventiva baseada em parâmetros operacionais e testes de integridade. Essa abordagem garante a longevidade das membranas e a qualidade da água tratada.

Mercado brasileiro de membranas

A adoção de tecnologias de membranas para o tratamento de água no Brasil ainda é considerada incipiente quando comparada à de países mais desenvolvidos. No entanto, o potencial de expansão é expressivo, especialmente diante dos desafios crescentes relacionados à gestão hídrica e à sustentabilidade ambiental.

Empresas líderes no setor estão se envolvendo diretamente com usuários finais por meio de projetos em tempo real, com o objetivo de compreender melhor as necessidades específicas de cada aplicação e as complexidades operacionais associadas a sistemas de grande escala.

O mercado brasileiro de tratamento de água e efluentes com membranas está estimado em US\$ 54,4 milhões em 2025, com projeção de alcançar US\$ 75,15 milhões até 2030, apresentando uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 6,98% no período de previsão (2025 a 2030) [3].

Diante desse cenário, o mercado apresenta perspectivas promissoras, impulsionado por regulamentações ambientais, investimentos em infraestrutura e avanços tecnológicos. A crescente adoção de tecnologias como a ultrafiltração (UF) reforça a tendência de modernização e sustentabilidade no setor de tratamento de água e efluentes no Brasil.

Mercado brasileiro de produtos químicos

O mercado brasileiro de produtos químicos aplicados a sistemas de ultrafiltração está em expansão, impulsionado pela crescente adoção dessa tecnologia em estações de tratamento de água e efluentes industriais. A ultrafiltração, por ser uma barreira física altamente eficiente na remoção de

Válvulas de Retenção VARB

A segurança que seu fluxo exige!



- ✓ Prevenir refluxo
- ✓ Proteger equipamentos
- ✓ Evitar o golpe de aríete
- ✓ Proteger contra contaminação
- ✓ Garantir a eficiência operacional do sistema

Confiabilidade que não volta atrás!



Entre em contato e otimize sua operação:
varb.com.br ☎ (19) 3429-0399
 ✉ vendas@varb.ind.br

VARB



Fig. 3 – Trens de ultrafiltração. Fonte: Autores

partículas, sólidos suspensos e microrganismos, exige um regime de manutenção química específico.

Diferentemente de tecnologias como a osmose reversa (OR) e nanofiltração (NF), os sistemas de UF operam com uma demanda de produtos químicos em sua quase totalidade de *commodities*. Ainda assim, o uso de agentes de limpeza especialmente formulados em casos especifi-

cos nos procedimentos CIP é essencial para manter a integridade das membranas e garantir a eficiência do processo ao longo do tempo.

A tendência de crescimento da UF no Brasil está associada principalmente à sua eficiência operacional e redução na geração de lodo.

Além disso, a flexibilidade operacional das membranas UF permite maior tolerância às variações na qualidade de água bruta, reduzindo a necessidade de ajustes químicos frequentes e aumento a confiabilidade do sistema.

Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a limpeza

química executada em um sistema de ultrafiltração instalado em uma ETA - Estação de Tratamento de Água, que capta água de rio com presença de óleo mineral e com elevados picos de turbidez no período chuvoso. Os dados da limpeza química obtidos, pressão transmembrana (TMP), vazão e turbidez são utilizados pela operação para avaliação da efetividade da limpeza química e da integridade das membranas.

Metodologia

O estudo de caso deste trabalho concentra-se na limpeza química de um sistema de ultrafiltração em ETA. O sistema possui seis trens de membranas UF, totalizando 324 módulos. A ETA produz 300 L/s de permeado, com uma recuperação de 93% e está em operação desde dezembro de 2021 (figura 3).



IMPROV
EQUIPAMENTOS

A EVOLUÇÃO EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ESGOTO



RECONHECIDO PELAS PRINCIPAIS COMPANHIA DE SANEAMENTO PELA EFICIÊNCIA E GARANTIA



- 80% de redução na manutenção
- Custo e tempo de implantação 30% menor que os tradicionais
- Funcionamento 100% automático
- Poço seco - sem odores, ruído, sujeira, insetos e animais
- Área de implantação 75% menor
- Eficiência em processamento de fibras

Tecnologia Improv e fabricação 100% nacional com mais de 10 anos de desenvolvimento e aprimoramento contínuo em otimização de sistemas de bombeamento em linha para estações elevatórias de esgoto.

improvequipamentos.com.br

Tratamento de água

A água bruta é captada diretamente do rio e conduzida até a ETA, onde é inicialmente direcionada para dois reservatórios de equalização com capacidade aproximada de 75 m³ cada. A partir desses tanques, a água é bombeada para um sistema de pré-tratamento composto por dois filtros autolimpantes de tela, com aberturas de 1 e 0,3 mm, respectivamente. A água pré-filtrada é então conduzida para as membranas de UF, que possuem um sistema CIP e um tanque de aproximadamente 6000 litros de capacidade.

vazão, visando otimizar a eficiência do procedimento de limpeza.

Em situações críticas, caracterizadas por queda significativa de desempenho e elevação da TMP, torna-se necessária a realização de uma limpeza CIP intensiva. Os módulos de UF devem ser submetidos à limpeza sempre que um ou mais dos seguintes critérios forem observados após um evento CEB (*Clean-in-Place* com *backwash* químico ou em inglês, *Chemically Enhanced Backwash*):

- redução de 50% na permeabilidade normalizada;
- aumento de 1 bar (14,5 psig) na TMP normalizada em relação ao valor inicial; e
- alcance de 2,1 bar (30,5 psig) na TMP operacional.

A frequência da limpeza está diretamente relacionada ao modo de operação, à qualidade da água de alimentação e à estratégia de manutenção adotada. A eficácia da CIP depende das propriedades físico-químicas dos materiais das membranas e dos componentes do módulo, os quais devem ser compatíveis com condições de pH e temperatura elevadas. Fatores como concentração da solução, tempo de contato, temperatura, injeção de ar e condições hidráulicas são determinantes para o sucesso do procedimento e devem ser ajustados conforme a severidade das incrustações e os indicadores de desempenho do sistema.

O monitoramento contínuo do desempenho do sistema de UF é essencial. A postergação da limpeza pode tornar as incrustações irreversíveis, resultando em danos físicos aos módulos e comprometimento da integridade do sistema. Além disso, membranas que não são completamente limpas tendem a apresentar ciclos de incrustação mais curtos, exigindo limpezas mais frequentes.

Resultados

O Departamento de Água e Esgoto de um município localizado na região central do Brasil opera um sistema de ultrafiltração (UF) pioneiro para captação de água do rio Cuiabá. A estação é responsável pelo abastecimento de água potável para aproximadamente 120 mil habitantes. No entanto, a presença recorrente de óleo mineral na água bruta resultava em aumento da pressão transmembrana (TMP), redução acelerada da produção de permeado e necessidade frequente de limpezas químicas, até por conta do uso de produtos convencionais (*commodities*).

Após recomendação do fabricante das membranas, o cliente recorreu a uma empresa especializada em soluções para o tratamento de água, a fim de mitigar a contaminação oleosa nas membranas de UF. A análise dos dados operacionais indicou a necessidade de uma abordagem de limpeza mais especializada, considerando o curto intervalo entre ciclos de limpeza CIP, a queda acentuada da vazão e o aumento progressivo da TMP. Foi então proposta a aplicação de uma nova tecnologia em um dos seis trens do sistema, com ajustes de pressão e

Com mais de 15 anos de experiência em engenharia elétrica para o saneamento, a Voltz Projetos entrega soluções completas em elétrica e automação

Projetos elétricos
Projetos de automação
Estudos e análises técnicas
Projetos de subestação de energia
Projetos na plataforma BIM
Projetos de SPDA

Nossos projetos são desenvolvidos na plataforma BIM, garantindo eficiência no uso de recursos, segurança e pontualidade em cada etapa.

Entre em contato pelo Qr Code.



vltz

(62) 98171-2353
@voltz_projetos @
www.voltzprojetos.com.br

PROJETOS ELÉTRICOS E VOLTZ

Materiais Filtrante e Equipamentos para ETAs

- Areia Filtrante e Seixo Rolado Classificado
- Carvão Antracitoso, Ativado e Coque
- Drenos, Crepinas e Bocais
- Pré-Filtro para Poço Artesiano
- Resina Catiônica e Aniônica



CLARIFIL
MATERIAIS FILTRANTES LTDA.

47 3346.5075 • 3346.5256

www.clarifil.com.br

clarifil@clarifil.com.br | Itajaí, SC

inter
solar
connecting solar business

BRASIL NORDESTE

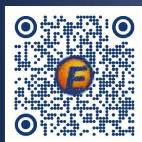


22-23
ABR
2026

CENTRO DE EVENTOS DO CEARÁ, FORTALEZA, BRASIL

O principal evento do setor solar brasileiro
potencializando os negócios FV no Nordeste

Brazil's most successful solar event
boosting the Northeast's PV business



Participe como expositor
e explore um mercado exuberante.

www.intersolar-summit-brasil.com

Inspirado em
THEsmarter 



Tratamento de água

A eficácia da CIP é maximizada quando o procedimento é personalizado para o tipo específico de incrustação presente. A escolha inadequada de produtos químicos pode agravar o problema. Portanto, é fundamental identificar corretamente o tipo de incrustação antes da execução da CIP, a fim de selecionar a solução e a sequência de limpeza mais adequadas.

Alguns agentes de limpeza disponíveis no mercado oferecem remoção eficiente e econômica de uma ampla gama de incrustações. Esses produtos apresentam baixa formação de espuma, ampla faixa de pH e compatibilidade com membranas comerciais. Disponíveis nas formas líquida e em pó, são altamente tamponados e formulados com uma combinação exclusiva de surfactantes, dispersantes e quelantes, que promovem a desa-

gregação e remoção das incrustações, evitando sua redeposição.

Entre esses produtos, existe um agente de limpeza líquido, multicomponente, com pH elevado, tamponado e de baixa formação de espuma, formulado para a remoção de sílica coloidal, argilas e biofilmes de membranas de UF. É amplamente utilizado em sistemas que operam com água do mar, salobra ou águas residuais. Sua formulação permite aplicações frequentes, sem comprometer a integridade das membranas.

De acordo com o fabricante, esse produto apresenta os seguintes benefícios operacionais:

- mistura patenteada de dispersantes, surfactantes de baixa espuma e quelantes, eficaz na remoção de materiais orgânicos e partículas coloidais; e
- altamente tamponado, garantindo

estabilidade do pH durante o processo de limpeza.

A implementação desse tipo de tecnologia demonstrou ser eficaz na limpeza de membranas de UF contaminadas por óleo mineral. O produto possui um conjunto de tensoativos que atuam como emulsificantes, auxiliando na solubilização do óleo e na redução da tensão superficial, o que potencializa a eficiência do processo de limpeza. Os resultados incluíram a redução da TMP de 1,50 para 0,80 bar (47%), aumento da taxa de produção de 40 para 200 m³/h (500%) e eficiência de 99,7% na remoção de turbidez (figura 4).

A continuidade do trabalho e a possibilidade de estabelecer um procedimento preventivo de limpezas periódicas indicam um futuro promissor para a manutenção da produtividade e eficiência da planta. A homologação



30 Tecnosan
Tecnologia e Sustentabilidade Ambiental Ltda.

EQUIPAMENTOS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES

Estações Compactas de Tratamento - ETE

Há 30 anos entregando a solução certa, do jeito que você precisa.



acesse
www.tecnosan.com.br
✉ tecnosan@tecnosan.com.br

+55 (047) 3327-2108
+55 (047) 99983-8331



HydroNews

Toda semana, as principais notícias do mercado de saneamento e tratamento de água.



Enviada para **mais de 6.000** profissionais do setor

Anuncie
(11) **98147-6437** 
✉ comercialhydro@arandaeditora.com.br

do procedimento como operacional fixo para todos os trens do sistema e a aquisição periódica de produto reforçam o potencial econômico da solução, maximizando a vida útil das membranas. Além disso, o impacto social direto na população da cidade é significativo, uma vez que a ETA desempenha um papel crucial no abastecimento de água para cerca de 30% da população urbana.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a aplicação da tecnologia mencionada no sistema de ultrafiltração foi altamente eficaz

na mitigação da contaminação por óleo mineral, promovendo significativa recuperação da performance operacional. A redução da pressão transmembrana, o aumento expressivo da vazão de permeado e a elevada eficiência na remoção de turbidez demonstraram a viabilidade técnica e econômica da solução adotada. A padronização da limpeza química, aliada ao monitoramento do sistema, prolonga a vida útil das membranas e assegura a continuidade do abastecimento de água

potável à população atendida.

Referências

- [1] Baker, Richard W. Membrane technology and applications. 2a ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. ISBN 0-470-85445-6.
- [2] Kurita Water Industries. MF-UF Cleaner: Avista-Clean Instructions for Use (IFU). Versão 07-2025. [S.l.]: Kurita Water Industries, 2025.
- [3] Mordor Intelligence. Custom report – Brazil membrane water & wastewater treatment (WWT) market (study period: 2021-2030). [S.l.]: Mordor Intelligence, 2025.

Trabalho originalmente apresentado no 36º Encontro Técnico AESabesp/Fenasan - Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, realizado de 21 a 23 de outubro de 2025, em São Paulo.



Fig. 4 – Resultados de TMP, vazão e turbidez obtidos antes e depois da limpeza química

24/27
MARZO
MARCH
2026

mce

ENERGY IS EVOLVING

44ª Mostra Convegno Expocomfort

Fiera Milano - Rho

mostra convegno®
expocomfort

built by

In the business of
building businesses

IN COLLABORAZIONE CON

www.mcexpocomfort.it