

PHA 3418 – TECNOLOGIA DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

Aula 8 – Procedimentos de Limpeza química e Sanitização



Prof.: José Carlos Mierzwa
mierzwa@usp.br

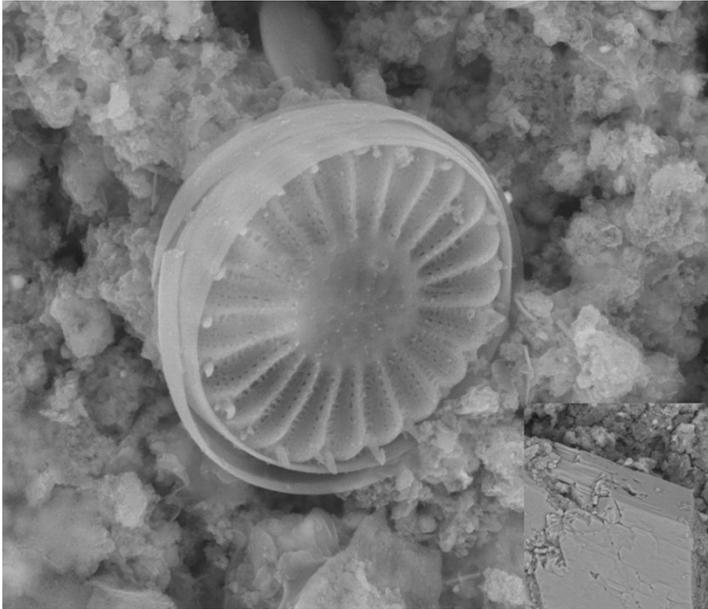
Operações de limpeza e sanitização

- São necessárias pois os processos de formação de depósitos e biofilme são inevitáveis;
- A necessidade e frequência de realização são baseadas nos parâmetros operacionais do sistema:
 - Redução do fluxo de permeado;
 - Aumento da perda de carga;
 - Deterioração da qualidade do produto;
 - Aumento na contagem de microrganismos.

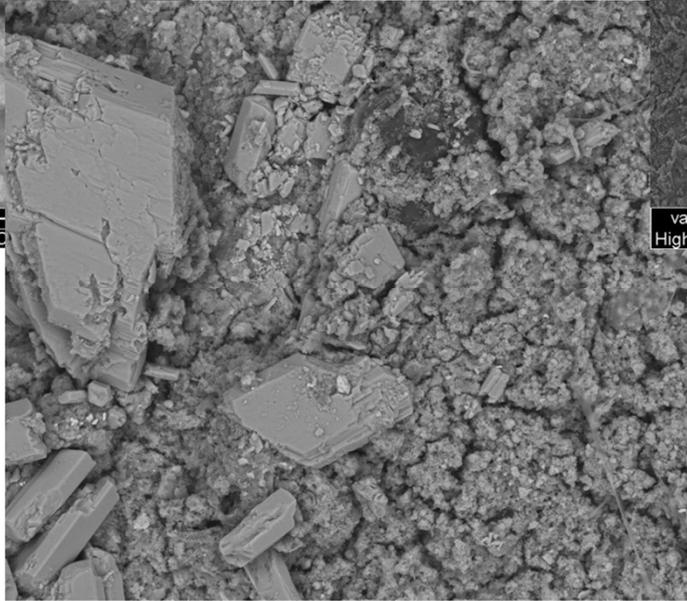


**Imagens de uma membrana de
Osmose Reversa**

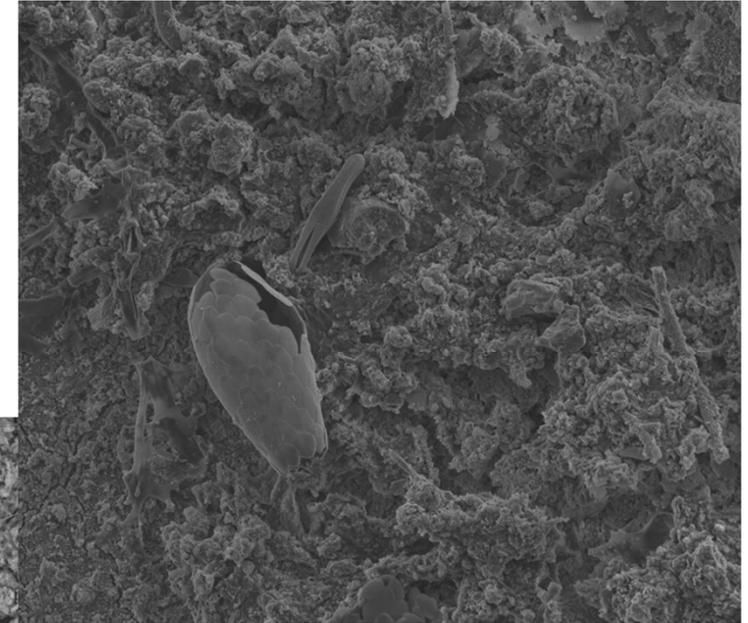




vacMode det HV mag □ WD spot
High vacuum BSED 15.00 kV 11 500 x 13.6 mm 4.5 LCT - Quanta 600FEG



vacMode det HV mag □ WD spot
High vacuum BSED 15.00 kV 1 000 x 13.5 mm 4.5 LCT - Quanta 600FEG



vacMode det HV mag □ WD spot
High vacuum ETD 5.00 kV 2 600 x 13.6 mm 2.0 LCT - Quanta 600FEG

Imagens de Microscopia Eletrônica de uma membrana de Osmose Reversa

Operações de limpeza e sanitização (cont.)

- As características da corrente de alimentação e estratégias de pré-tratamento têm grande influência;
- Operações de limpeza e sanitização muito frequentes reduzem a vida útil da membrana;
- Isto reforça a necessidade de uma maior ênfase no de pré-tratamento e condições operacionais do sistema.

Operações de limpeza e sanitização (cont.)

© As operações de limpeza e sanitização tem três objetivos:

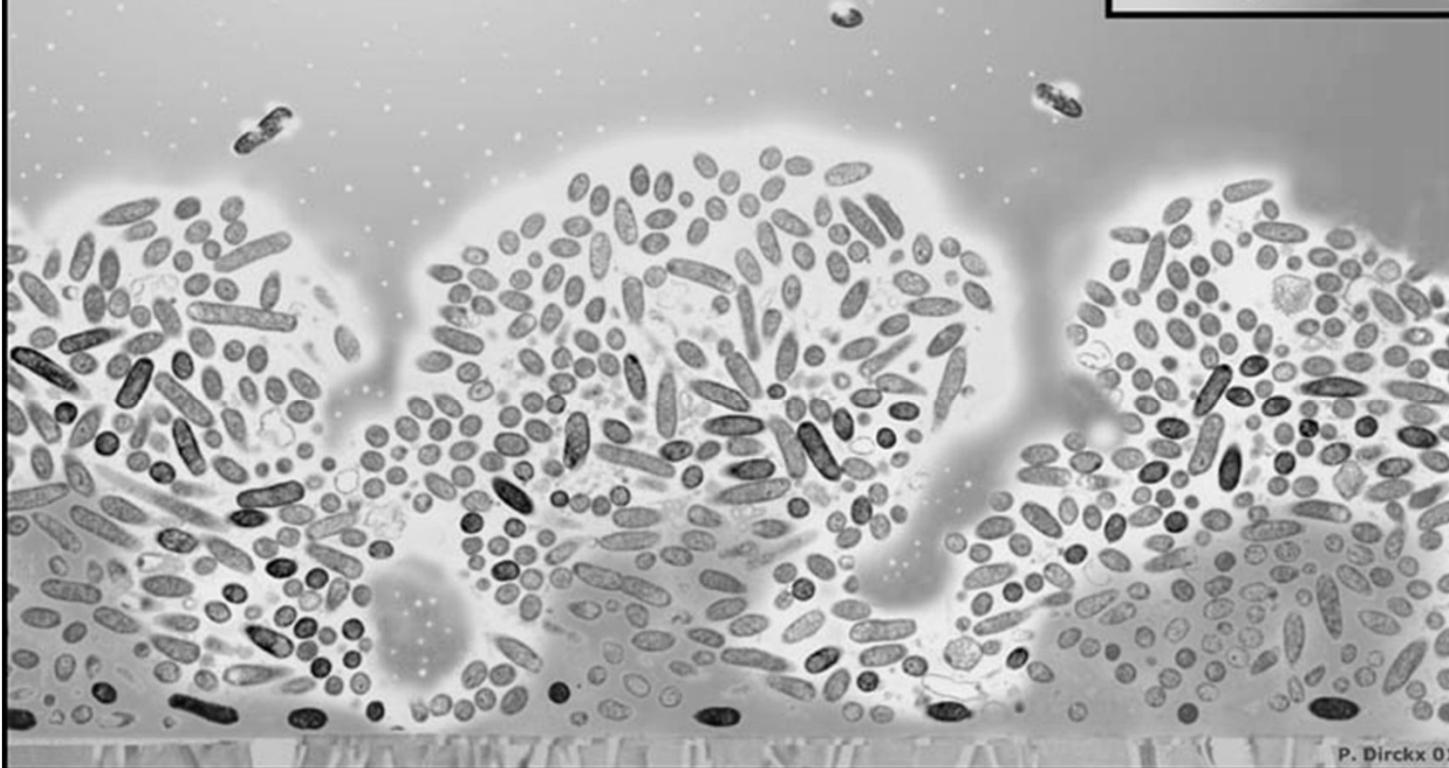
- A limpeza física das membranas e demais componentes (ausência de impurezas visíveis);
- A limpeza química (remoção de depósitos e incrustações);
- A limpeza biológica (eliminação de microrganismos viáveis).

Operações de limpeza e sanitização (cont.)

- A operação de sanitização deve sempre ser precedida de uma limpeza química;
- Isto tem por finalidade garantir a máxima eficiência do agente de sanitização;
- É comum considerar que a membrana está limpa quando o fluxo original é restabelecido;
- Esta condição nem sempre é possível pois ocorre uma redução irreversível no fluxo, até que se atinja um valor estável.

Mechanisms of Biofilm Tolerance

Antimicrobial
Depletion



P. Dirckx 01

Slow
Penetration

Stress
Response

Altered
Microenvironment

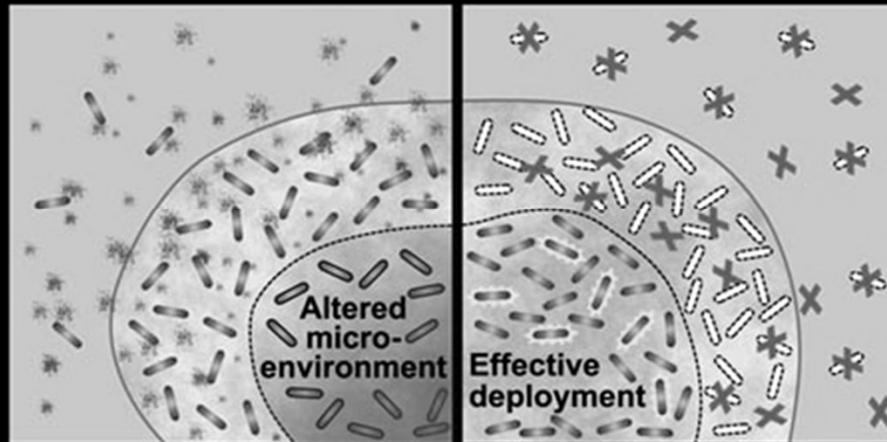
Persisters

© Center for Biofilm Engineering at MSU-Bozeman

Mecanismos de proteção contra o efeito dos sanitizantes

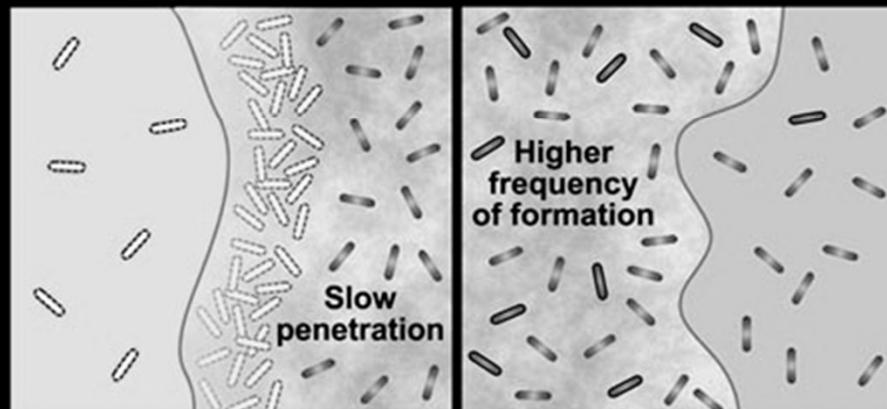
Biofilm multicellularity results in better bacterial defenses

Nutrient depletion creates zones of altered activity.



Inner layers of biofilm cells have more time to initiate stress response.

Outer layers of biofilm cells absorb damage.



“Persister” cells may be present in higher numbers.

Operações de limpeza e sanitização (cont.)

- A obtenção de uma limpeza efetiva só é possível fornecendo-se três tipos de energia:
 - Energia química → na forma de detergentes e outros produtos que solubilizam ou dispersam os contaminantes;
 - Energia térmica → os agentes químicos têm sua eficiência aumentada com o aumento da temperatura;
 - Energia mecânica → promove o contato efetivo entre o agente de limpeza e a membrana.

Operações de limpeza e sanitização (cont.)

- O tempo de limpeza também afeta a eficiência do processo;
- Os fatores mais importantes para a definição do programa de limpeza e sanitização são:
 - Material das membranas → resistência das membranas aos agentes utilizados;
 - Condição de escoamento → regime turbulento ($3000 < Re < 5000$);

- ◎ Tempo de limpeza → na maioria dos casos um período de 30 a 60 minutos é suficiente para realizar a limpeza;
 - Pode ser necessário manter as membranas de molho, por um intervalo de tempo superior a uma hora.
 - Para a sanitização do sistema deve-se prever o mesmo intervalo de tempo.

- ◎ Temperatura da solução de limpeza → como estas operações envolvem reações químicas, o aumento da temperatura melhora o desempenho do processo;

- ◎ Qualidade da água → a água utilizada deve ter qualidade adequada, de maneira a não interferir no desempenho dos compostos utilizados.

- pH → o pH é um parâmetro importante para as operações de limpeza e geralmente é resultado do agente utilizado:
 - pH alcalino é utilizado para remover proteínas e outros compostos orgânicos;
 - pH ácido é indicado para contaminantes inorgânicos;
 - Valores extremos de pH também contribuem para a inativação de microrganismos.

Sanitização

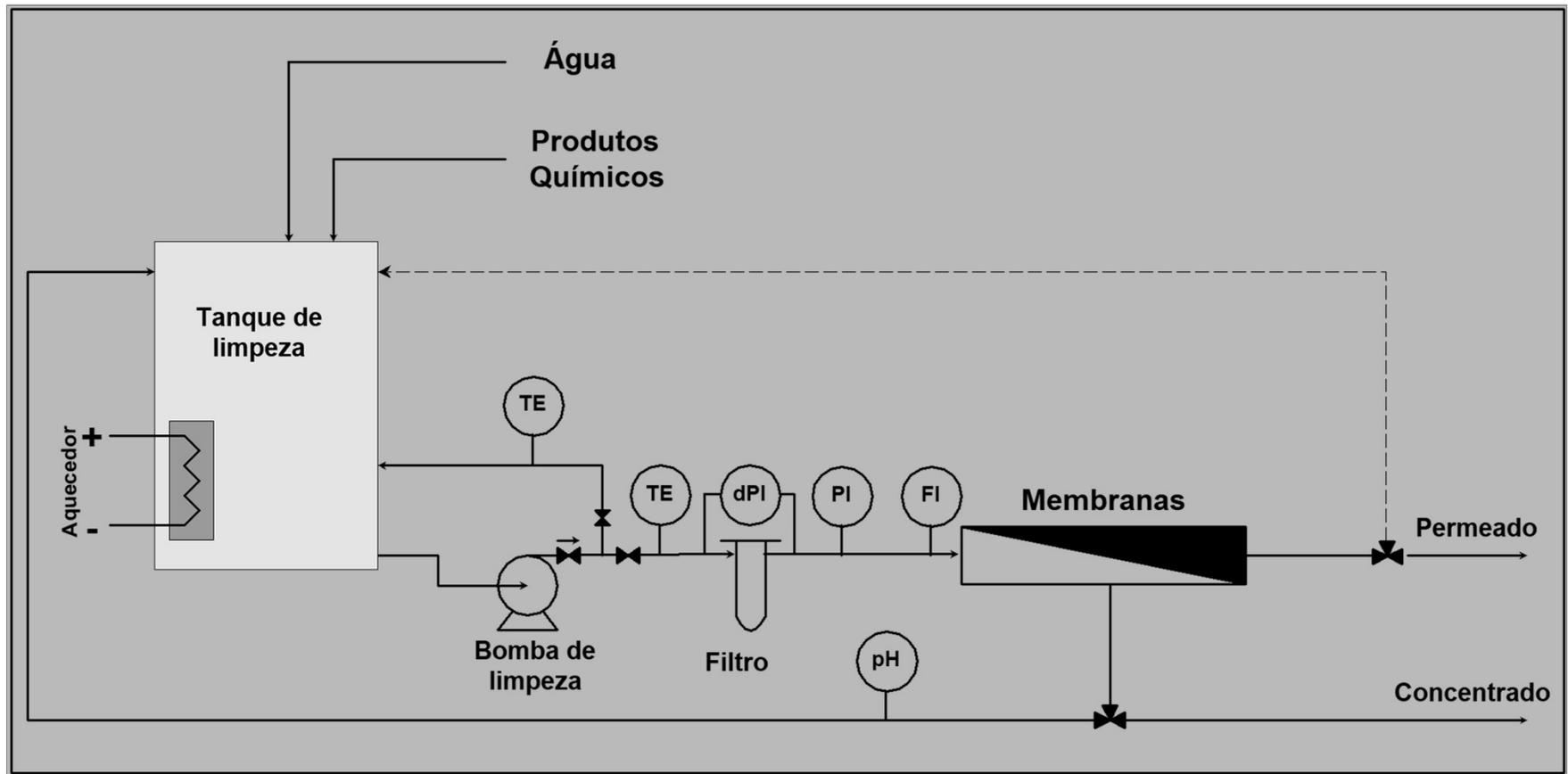
- ⊙ O uso de sanitizantes tem por objetivo reduzir a concentração de microrganismos no sistema;
- ⊙ Durante as operações de limpeza e sanitização pode-se obter as seguintes eficiências de remoção de microrganismos:
 - Enxágüe com água limpa → 90%;
 - Limpeza química → 99,9 %;
 - Sanitização → 99,999%.
- ⊙ Deve-se ressaltar que cada tipo de microrganismo responde de maneira diferente a cada sanitizante.

Sanitização (cont.)

- O tempo para sanitização depende da complexidade do sistema de água;
- Em alguns casos a sanitização deve ser feita manualmente;
- Após a sanitização deve-se fazer um enxágue com água limpa;
- Muitos produtos utilizados podem ser tóxicos;
- O processo de sanitização deve ser validado.

Elementos do sistema de limpeza e sanitização

- Nos sistemas que utilizam processos de separação por membranas deve ser previsto o subsistema de limpeza e sanitização;
- Este subsistema deve ser constituído de tanques de armazenagem, filtro, bomba, tubulação e válvulas;
- Caso a limpeza seja feita em temperatura superior à ambiente deve-se prever o sistema de aquecimento.



Representação esquemática do subsistema de limpeza e sanitização

Elementos do sistema de limpeza e sanitização

- O volume do agente de limpeza e sanitização deve ser suficiente para preencher todos os componentes do sistema;
- Geralmente considera-se o volume dos vasos de pressão, tubulações e filtros;
- A vazão da bomba de limpeza deve ser suficiente para promover um escoamento turbulento.

Agentes químicos utilizados para operações de limpeza de sistemas de separação por membranas.

Agente de Limpeza	Aplicação
NaOH (0,1%) e Na-EDTA (0,1%) - pH = 12	Remoção de biofilme; sílica, incrustação por sulfato e filmes orgânicos.
NaOH (0,1 %) e Na-DBS (0,05%) - pH = 12	Colóides inorgânicos, biofilme e filmes orgânicos.
TPF-Na (1%), Na ₃ PO ₄ (1%) e Na-EDTA (1%)	Biofilmes e filmes orgânicos.
HCl ou H ₂ SO ₄ (0,2%)	Incrustação por carbonato.
H ₃ PO ₄ (0,5%)	Óxidos metálicos e incrustação por carbonato.

Agentes químicos utilizados para operações de limpeza de sistemas de separação por membranas.

Agente de Limpeza	Aplicação
Ácido Cítrico (2,0%)	Óxidos metálicos e incrustação por carbonato.
Ácido Sulfâmico (0,2%)	Óxidos metálicos e incrustação por carbonato.
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ - Hipossulfito de sódio (1%)	Óxidos metálicos.

Agentes para sanitização

Agente de Sanitização	Observações
Peróxido de Hidrogênio e ácido peracético (0,2% em pH entre 3 e 4)	Apresenta um ótimo efeito biocida, mas pode atacar as membranas.
Cloro e seus derivados.	É um agente amplamente utilizado no tratamento de água, pode atacar as membranas.
Biocidas não oxidantes	Compostos orgânicos com baixa massa molar, penetram pela parede das células inibindo seu metabolismo e sistema enzimático. Não são muito efetivos para dosagem contínua com baixa concentração.

Observações finais

- Além dos produtos químicos mencionados, existem compostos especialmente formulados para operações de limpeza e sanitização;
- Os procedimentos de limpeza e sanitização devem ser desenvolvidos para cada condição específica,
- Devem ser seguidas as recomendações dos fornecedores de membranas.