PHA 3418 – Tecnologia de Separação por Membranas para Tratamento de Água e Efluentes

AULAS 4 E 5 – APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES



Prof.: José Carlos Mierzwa
mierzwa@usp.br

Aplicação dos processos de separação por membranas

- Os processos de separação por membranas podem ser utilizados em uma ampla variedade de aplicações;
- A ampliação do seu uso é resultado da combinação de três fatores:
  - Técnicos;
  - Econômicos;
  - Ambientais.

- As principais condições que justificam esta afirmação são:
  - Não requerem a utilização contínua de produtos químicos agressivos;
  - Podem ser operados à temperatura ambiente;
  - Formam uma barreira efetiva para o fluxo de contaminantes;
  - Requerem menor espaço para instalação;
  - Sua operação é simples,
  - São processos versáteis.

Características relacionadas à sua utilização

- O tipo de membrana a ser utilizado é definido pelas características da corrente a ser tratada;
- O sucesso da sua aplicação depende, basicamente:
  - Do tipo e concentração do contaminante;
  - Da capacidade de isolação ou remoção da membrana.

Categorias de aplicação

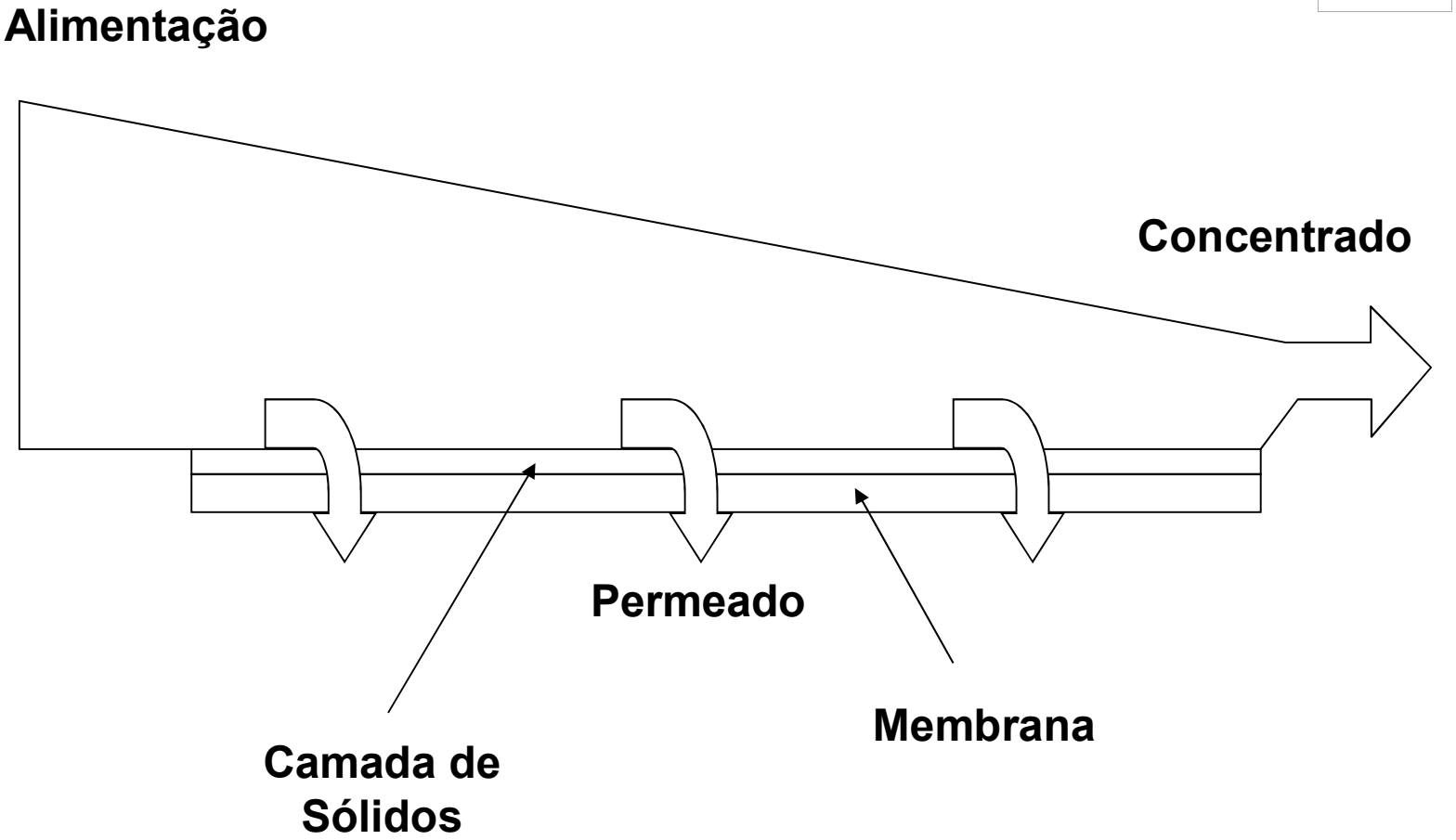
- Os processos de separação por membranas podem ser enquadrados em uma das seguintes categorias:
  - Separação sólido-líquido;
  - Separação de substâncias inorgânicas dissolvidas;
  - Separação de compostos orgânicos, dissolvidos ou não.

Separação sólido-líquido

- Consiste na utilização de membranas para remover ou concentrar sólidos presentes em uma corrente líquida;
- As membranas de microfiltração são as mais indicadas para este tipo de aplicação;
- Também podem ser utilizadas membranas de ultrafiltração;
- O modo de operação do sistema pode ser com escoamento tangencial (*crossflow*), ou perpendicular (*dead-end*).

Separação sólido-líquido (cont.)

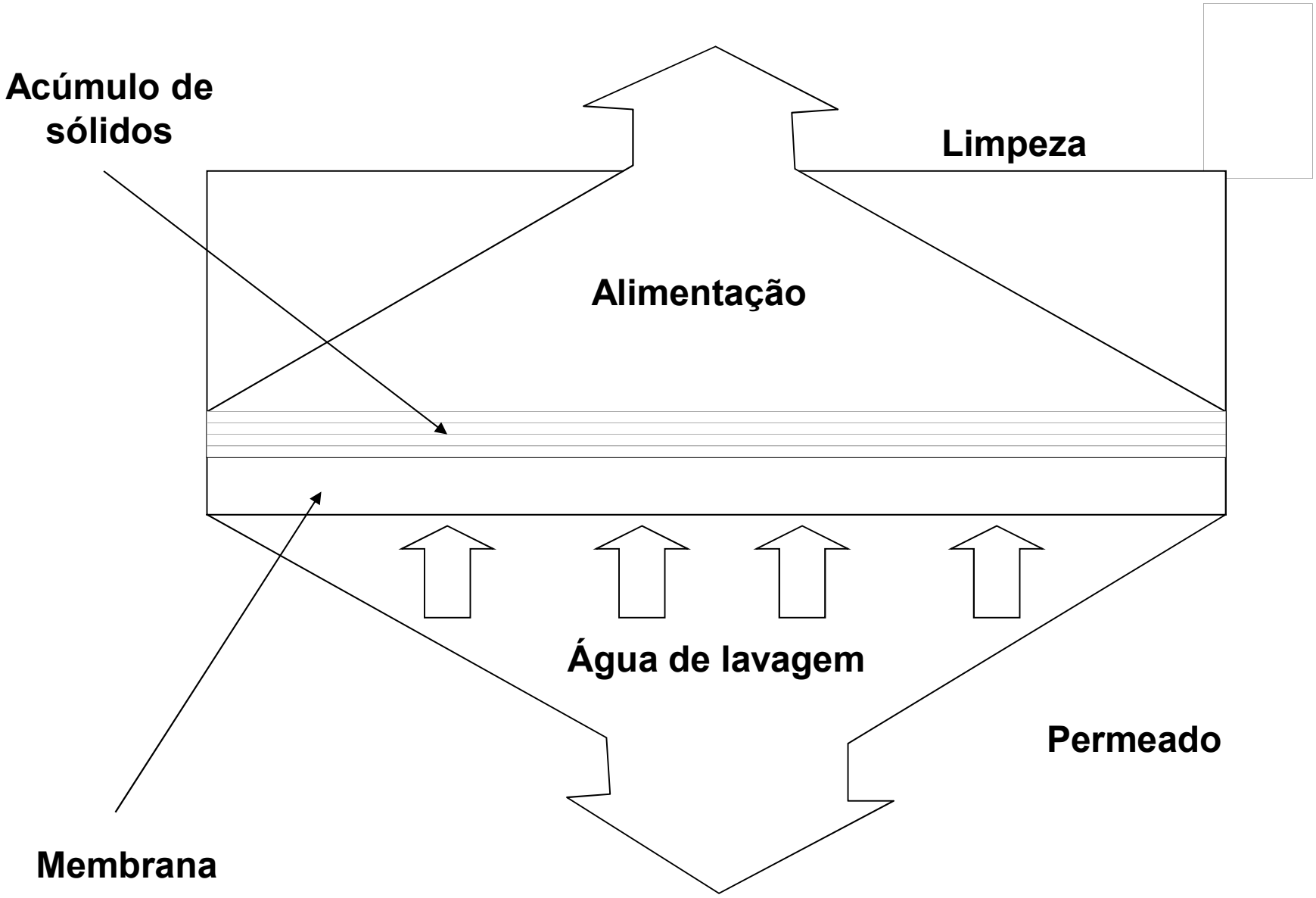
- No escoamento tangencial há a formação de uma pequena camada de sólidos sobre a superfície da membrana;
- A espessura desta camada é limitada pela força de cisalhamento resultante do fluxo tangencial;
- Os sólidos presentes na corrente de alimentação são removidos continuamente;
- Esta condição permite que o sistema opere continuamente.



Representação do processo com fluxo tangencial

Separação sólido-líquido (cont.)

- Nos sistemas com escoamento perpendicular todo o líquido atravessa a membrana;
- Com o acúmulo de sólidos o fluxo de permeado é reduzido a zero;
- Nesta condição deve-se promover a contra-lavagem da membrana de maneira a remover os sólidos acumulados;
- Isto resulta em um regime de operação cíclico, de produção e lavagem.



Representação do processo com fluxo perpendicular

Separação sólido-líquido (cont.)

- A configuração da membrana a ser utilizada e a orientação do fluxo dependem:
  - Da concentração de sólidos na alimentação;
  - Do diâmetro das partículas presentes;
  - Da taxa de recuperação de água;
  - Do modo de operação da unidade (tangencial ou perpendicular).

Separação sólido-líquido (cont.)

- Dentro desta categoria de aplicação os processos podem ser utilizados:
  - Em substituição aos sistemas convencionais de tratamento;
  - No pós-tratamento de efluentes secundários;
  - Em substituição aos decantadores secundários nos processos de lodos ativados (Reatores Biológicos com membranas);
  - Para recuperação de água do efluente da lavagem de filtros de meio granular.

Substituição do Sistema convencional de tratamento

- O objetivo do sistema convencional é remover partículas em suspensão;
- Membranas de microfiltração e ultrafiltração são capazes de desempenhar esta função;
  - Não é necessária a adição de produtos químicos para agregar as partículas;
  - É possível obter uma água tratada com qualidade equivalente ou superior.

FACILITY: SARATOGA WATER FILTRATION PLANT
SITE: Congress Springs,Saratoga,California,USA
CLIENT: San Jose Water Company, City of San Jose, California,
ENGINEER: Camp, Dresser and McKee Engineers Walnut Creek, California

Plant specifications	
Microfiltration arrays	6 x 90OM10
Membrane	Polypropylene, 0.2 micron, hollow fiber
Backwash Lair system	Dual Sullair rotary screw compressors, dryers and single receiver
Control system	Allan Bradley, SLC500 w/control view interface
Raw water pumps	2 x 60 Hp splitcase centrifugal
CIP system	Coated steel tank, Goulds recirc. pump
Operating Data	
Capacity Operating	5.0 MGD
Raw water Turbidity	0.9 to 600 NTU
Filtered water Turbidity	0.03 NTU
Particle Reduction Range	3.0 to 3.7 Log
Water Temp. Range	44 to 61° F
Water pH	8.1 average

http://www2.hawaii.edu/~nabil/sarap-3.htm

Pós-tratamento de efluentes secundários

- A prática de reúso torna os processos por membranas uma opção para tratamento terciário;

- Membranas de ultrafiltração tem sido utilizadas para esta aplicação, embora membranas de microfiltração também sejam aplicadas;

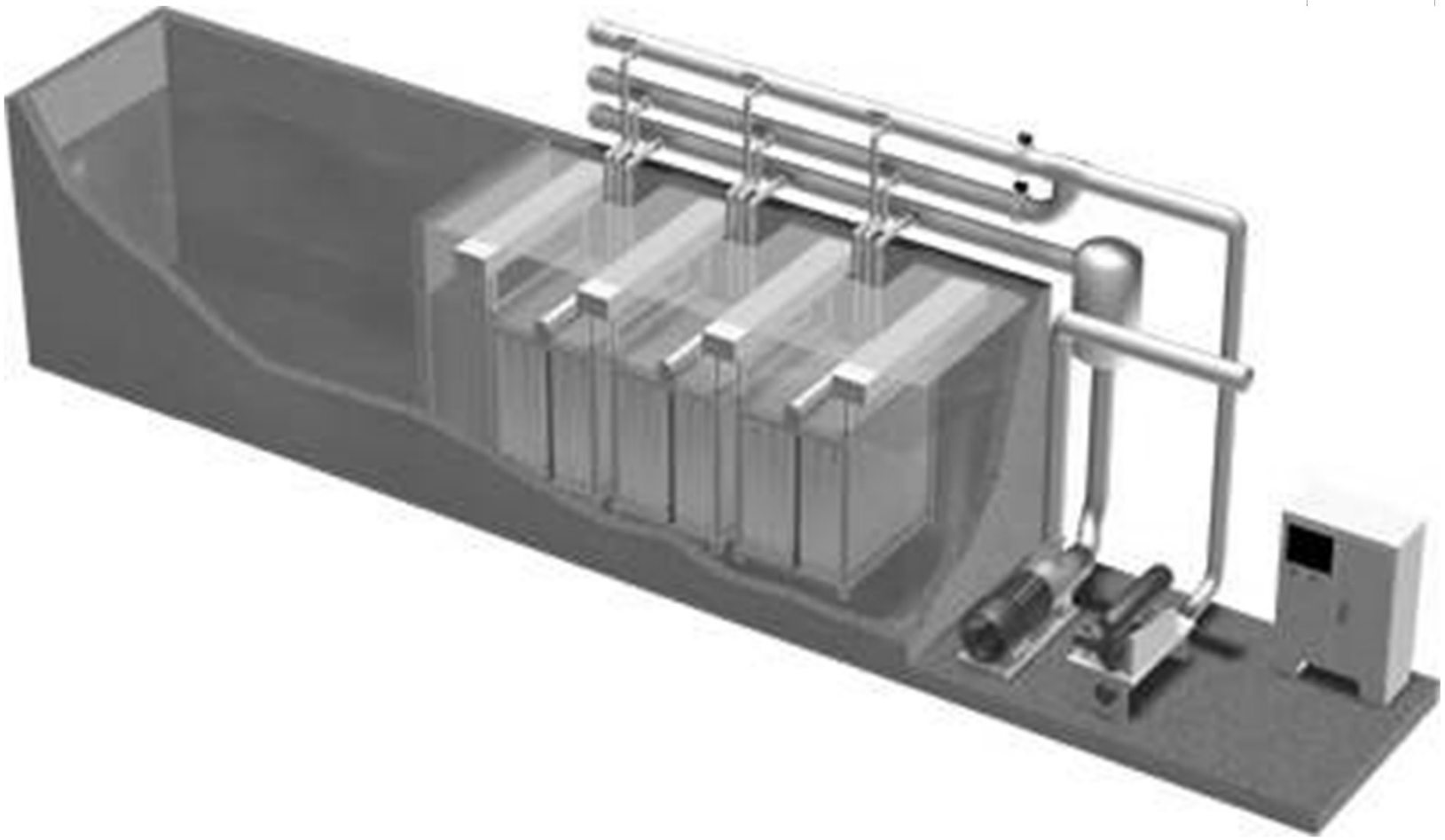
- Deve-se prever sistemas de pré-tratamento compatíveis com o tipo de membrana selecionada;

Pós-tratamento de efluentes secundários (cont.)

- Preocupação ➔ crescimento biológico sobre as membranas;
- Utilizar membranas que possibilitem operações periódicas de limpeza e sanitização;
- Membranas que podem ser submetidas à operações de contra-lavagem podem conduzir a melhores resultados.

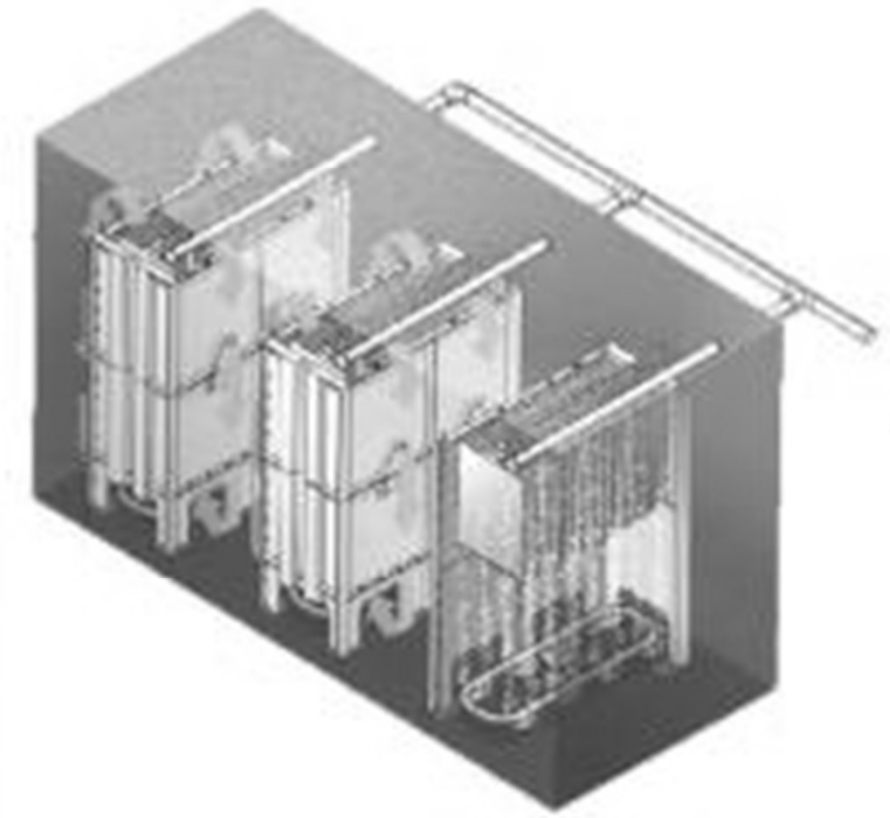
Substituição de clarificadores secundários

- Nos sistemas de lodos ativados é possível substituir os decantadores secundários por membranas submersas;
- Estes sistemas são denominados por Bioreatores com Membranas (Membrane bioreactors – MBR);
- Consiste na combinação entre os processo biológico e o de separação por membranas,
- Eles se distinguem dos sistemas que utilizam membranas como tratamento terciário.



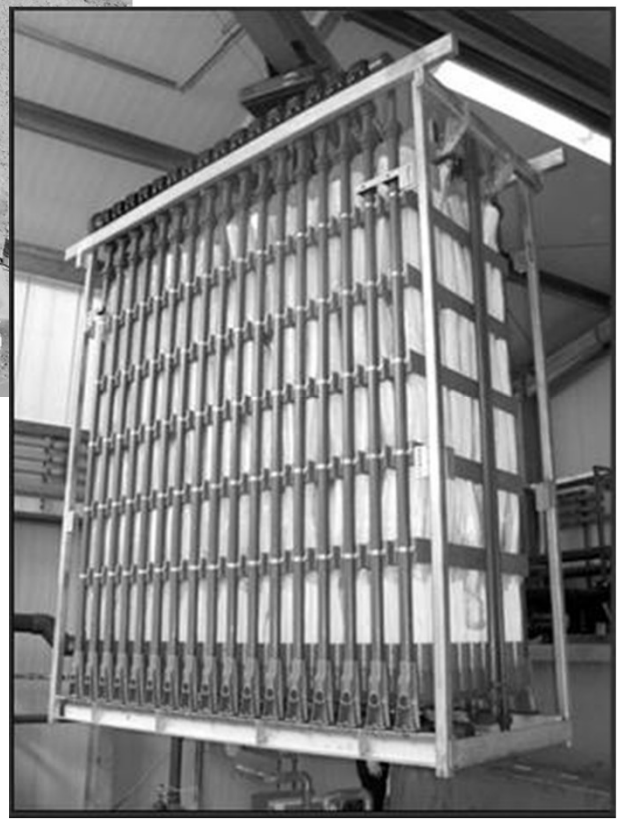
Representação de um sistema com membranas submersas





Reator de membranas planas submersas (KUBOTA)





Sistema MBR Puron - Koch

Substituição de clarificadores secundários (cont.)

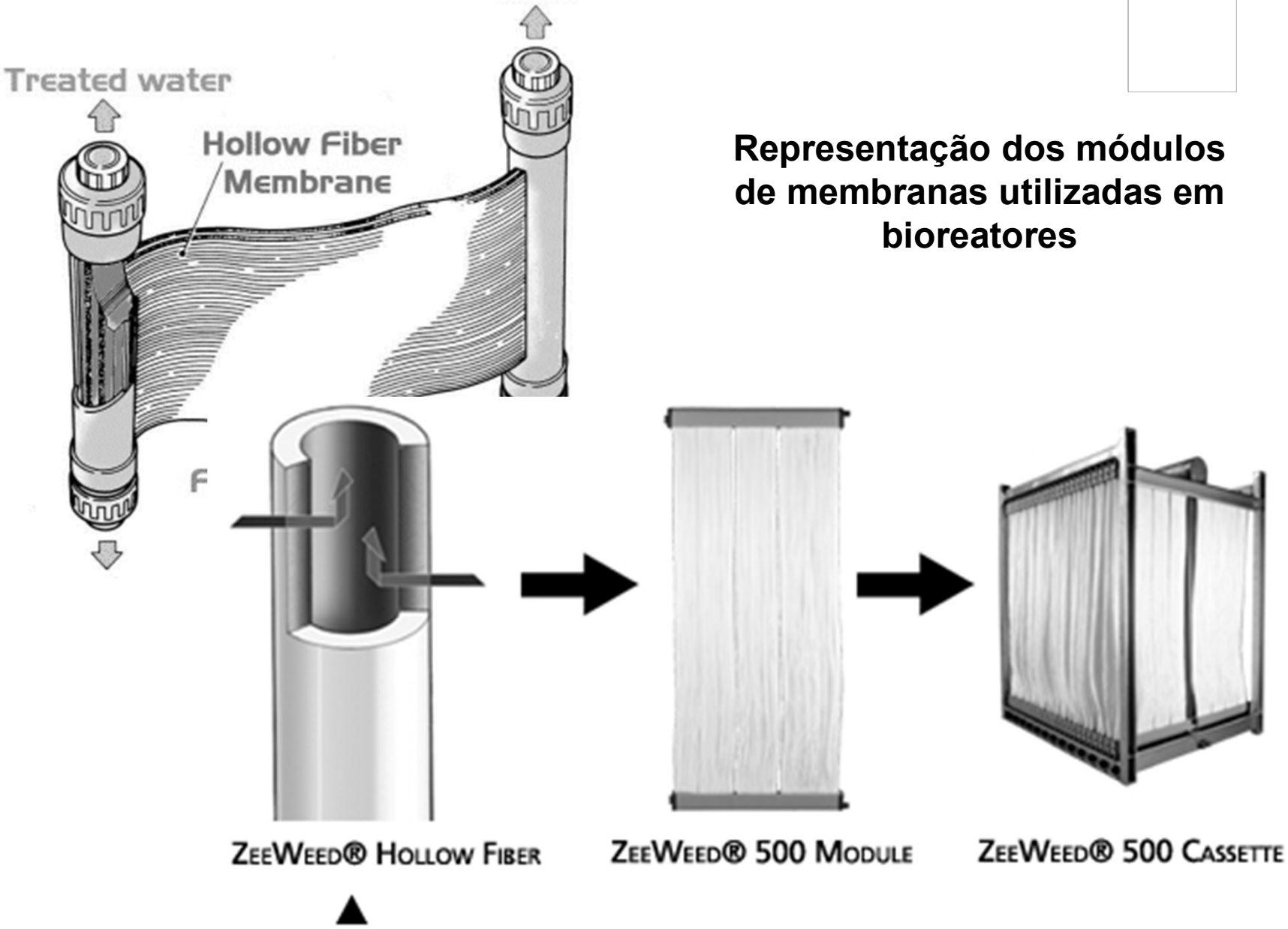
- No processo podem ser utilizadas membranas de microfiltração ou ultrafiltração;
- Na maioria dos casos os módulos utilizados mantém as membranas expostas e com possibilidade de movimento;
- A utilização de aeração possibilita a limpeza da superfície das membranas;

Substituição de clarificadores secundários (cont.)

- Uso indicado para situações onde é necessário obter um efluente final de elevada qualidade;

- Estes sistemas podem operar com uma maior concentração de sólidos.

Representação dos módulos de membranas utilizadas em bioreatores



Exemplo do desempenho dos bioreatores com membranas submersas

Afluente (mg/L)			Efluente (mg/L)			Membrana
SS	DQO*	DBO	SS	DQO	DBO	
80 - 460	100 - 365	200 - 1000	< 5	< 40	< 10	UF
96	89	349	< 5	12	3,7	UF
280	620	230	< 5	11	< 5	MF
153	79	176	< 5	6	1,5	MF
110 – 164	292 – 411	--x--	< 5	15 – 19	--x--	UF
1315	--x--	1130	5	--x--	5	UF

* DQO baseada no método com permanganato.

Fonte: Water Treatment Membrane Processes - AWWA

Recuperação de água do efluente da lavagem de filtros

- Efluente comum em estações convencionais de tratamento de água e efluentes que utilizam filtros;

- Este efluente apresenta concentração de sólidos em suspensão relativamente alta;

- Atualmente existe uma grande preocupação com a destinação dos mesmos;

Recuperação de água do efluente da lavagem de filtros (cont.)

- A microfiltração possibilita recuperar a água e aumentar a concentração de sólidos na fração remanescente.

- A configuração da membrana deve considerar o diâmetro das partículas presentes e a concentração final de sólidos;

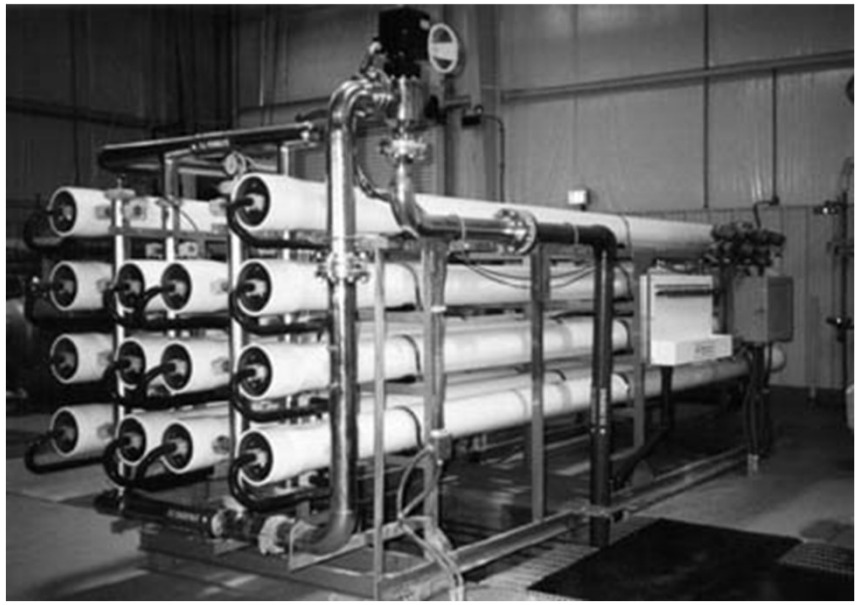
- O concentrado pode ser submetido ao processo de secagem, juntamente com o lodo do decantador.

Separação de substâncias inorgânicas dissolvidas

- A dessalinização de água do mar ou salobra por osmose reversa:
  - Aplicações mais antigas dos processos de separação por membranas;
- Os recentes avanços ocorridos têm tornado este processo atrativo do ponto de vista econômico;
- Atualmente pode ser aplicado para tratamento de água para abastecimento, água industrial e efluentes.

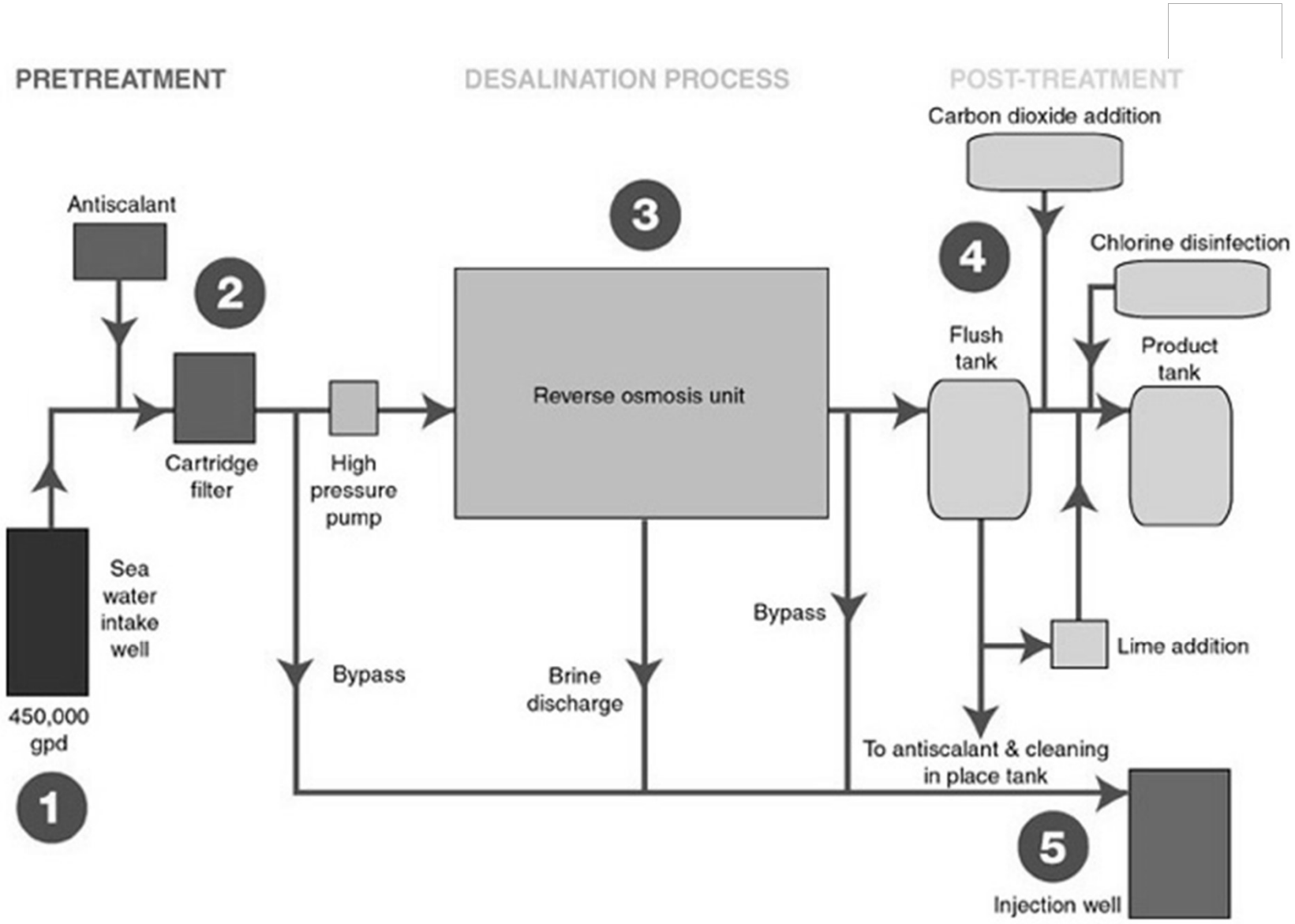
Separação de substâncias inorgânicas dissolvidas (cont.)

- A qualidade da água de alimentação tem grande influência sobre o desempenho do processo;
- Os problemas potenciais são minimizados pela utilização de sistemas de pré-tratamento;
- As membranas enroladas em espiral são as mais amplamente utilizadas.



Las Animas Water Treatment Plant
401 Lois Ave.
Las Animas CO 81054

Startup Year	1996
Process	RO
Capacity (MGD)	1.0
Recovery Rate (%)	50
Pretreatment	scale inhibitor, filtration, pH adjustment
Post-Treatment	permeate reconditioning through blending, corrosion control, fluoride restoration, chlorination
Feed Water Composition	TDS: 4200mg/L; hardness: 1800mg/L; sulfate: 2500mg/L
Product Water Composition	TDS: 750mg/L; hardness: 150mg/L; sulfate: 150mg/L
Concentrate Disposal	discharge to river through an industrially permitted discharge point



Representação do processo de tratamento de Marina Coast Water treatment Plant - Califórnia



Unidade de dessalinização Campo de Dalías na Espanha (1.125 L/s)
Investimento de 130 milhões de Euros (2015)
http://www.water-technology.net/projects/campo-de-dalas-reverse-osmosis-desalination-plant/

Separação de substâncias inorgânicas dissolvidas (cont.)

- O processo de nanofiltração pode ser utilizado em substituição aos processos convencionais de abrandamento;

- Na separação de sais inorgânicos, o concentrado gerado passa a ser uma preocupação;

Separação de substâncias inorgânicas dissolvidas (cont.)

- A concentração de um determinado contaminante pode inviabilizar o descarte do concentrado;

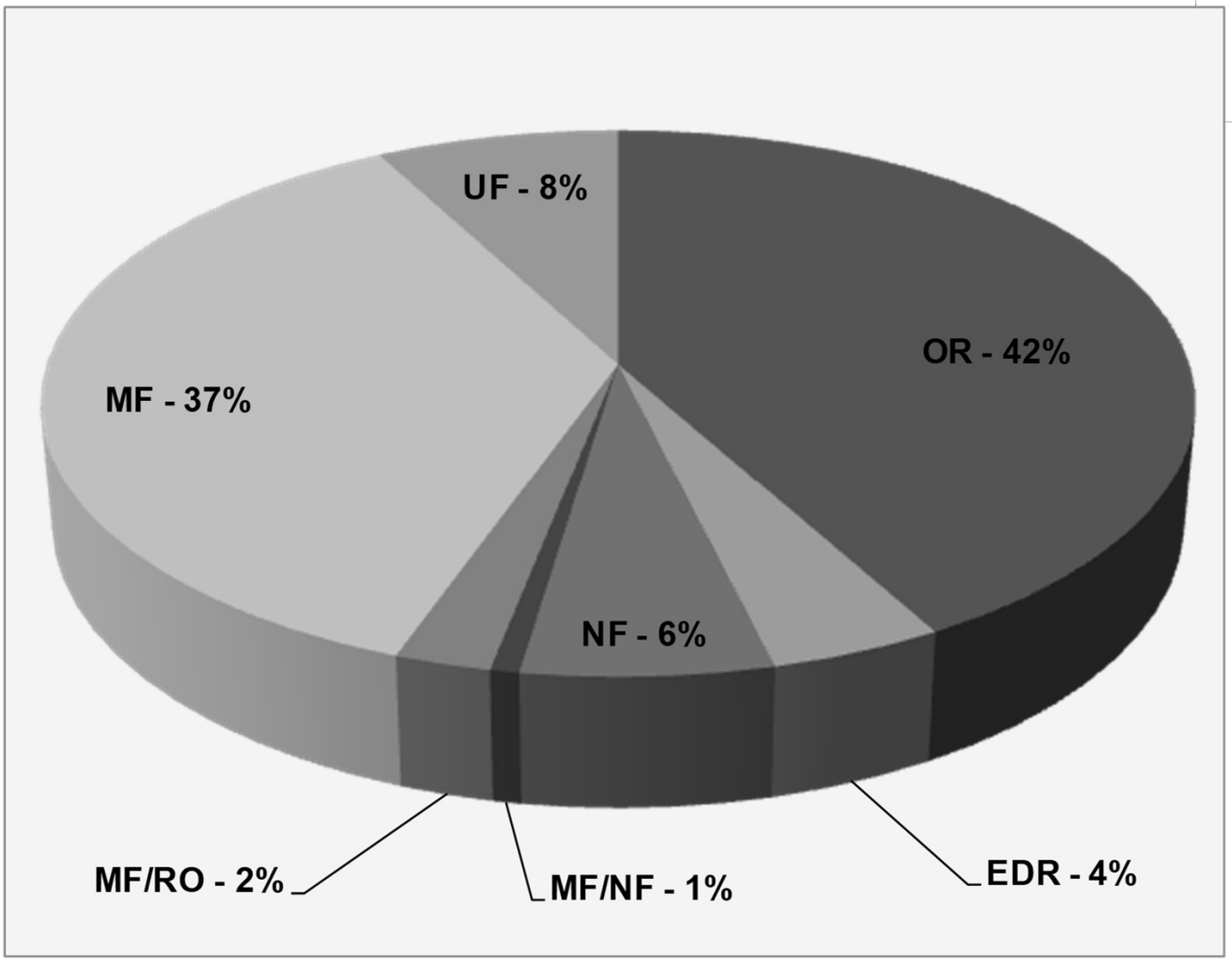
- Os sistemas de osmose reversa e eletrodiálise são os que apresentam maior preocupação para o tratamento de efluentes.

Separação de compostos orgânicos

- Alguns processos de separação pro membranas também possibilitam a separação de compostos orgânicos;
- Dentro da categoria de compostos orgânicos de interesse para tratamento de água e efluentes encontram-se:
  - Defensivos agrícolas;
  - Compostos orgânicos sintéticos;
  - Efluentes oleosos;
  - Solventes.

Defensivos e outros compostos orgânicos sintéticos

- Os estudos sobre a utilização de processos de separação por membranas para este tipo de aplicação são limitados;
- As membranas mais adequadas são as de osmose reversa, nanofiltração e ultrafiltração;
- O concentrado produzido pode apresentar problemas com relação ao seu lançamento para o meio ambiente.



Distribuição das unidades de separação por membranas nos EUA (totalizando uma capacidade de 45 m^3/s) – Mickley, 2006

Efluentes oleosos

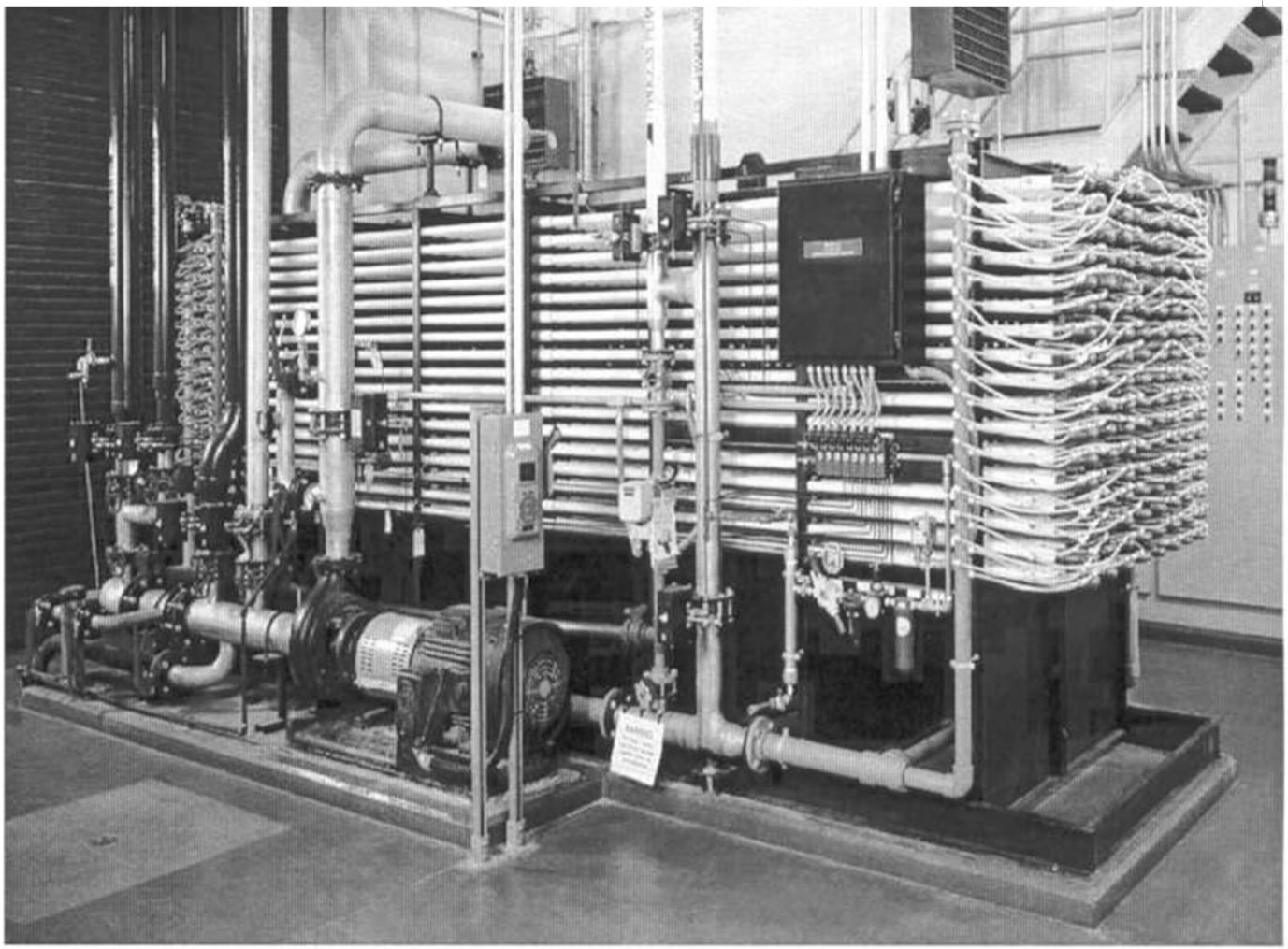
- Até bem pouco tempo a principal técnica de tratamento par efluentes oleosos utilizava o processo de quebra ácida;
- Atualmente, processos de microfiltração e ultrafiltração estão sendo utilizados para esta aplicação;
- Estudos tem demonstrado que é possível utilizar processos de separação por membranas para correntes com 1% a 5% de óleo, obtendo-se um concentrado com 30%.

Efluentes oleosos (cont.)

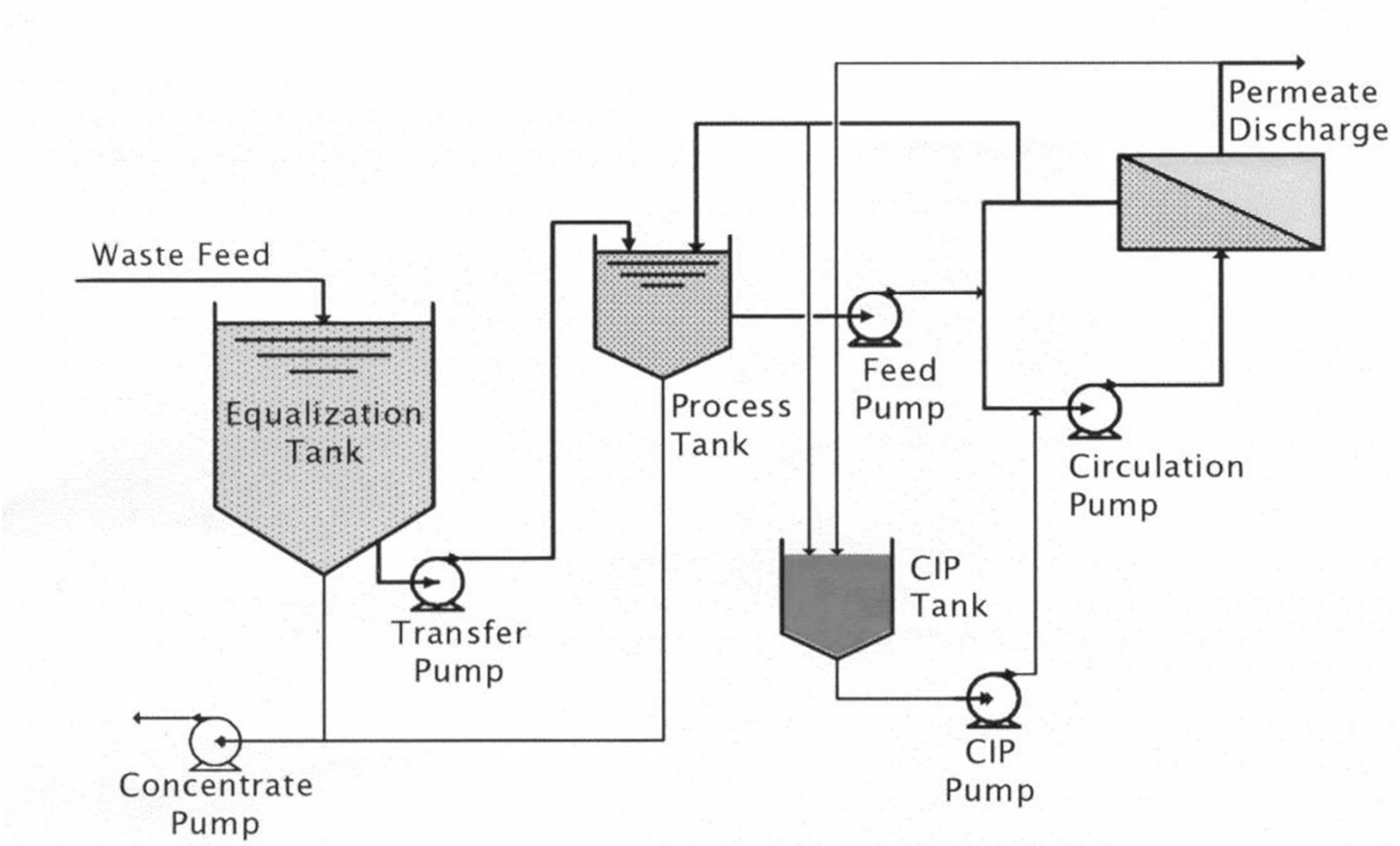
- As taxas de fluxo de permeado variam de 60 L/h.m^2 até 120 L/h.m^2;
- Para correntes com concentrações elevadas de óleo, as membranas tubulares são as mais indicadas;
- Deve-se utilizar membranas que sejam hidrofílicas, para evitar problemas de deposição e perda de fluxo.
- Empresas fabricantes de membranas tem desenvolvido membranas específicas para este tipo de aplicação.

Efluentes oleosos (cont.)

- Normalmente os sistemas são operados com recirculação total do concentrado;
- Isto resulta em um regime de operação intermitente;
- Neste tipo de aplicação é possível promover a recuperação do óleo o qual pode ser comercializado.



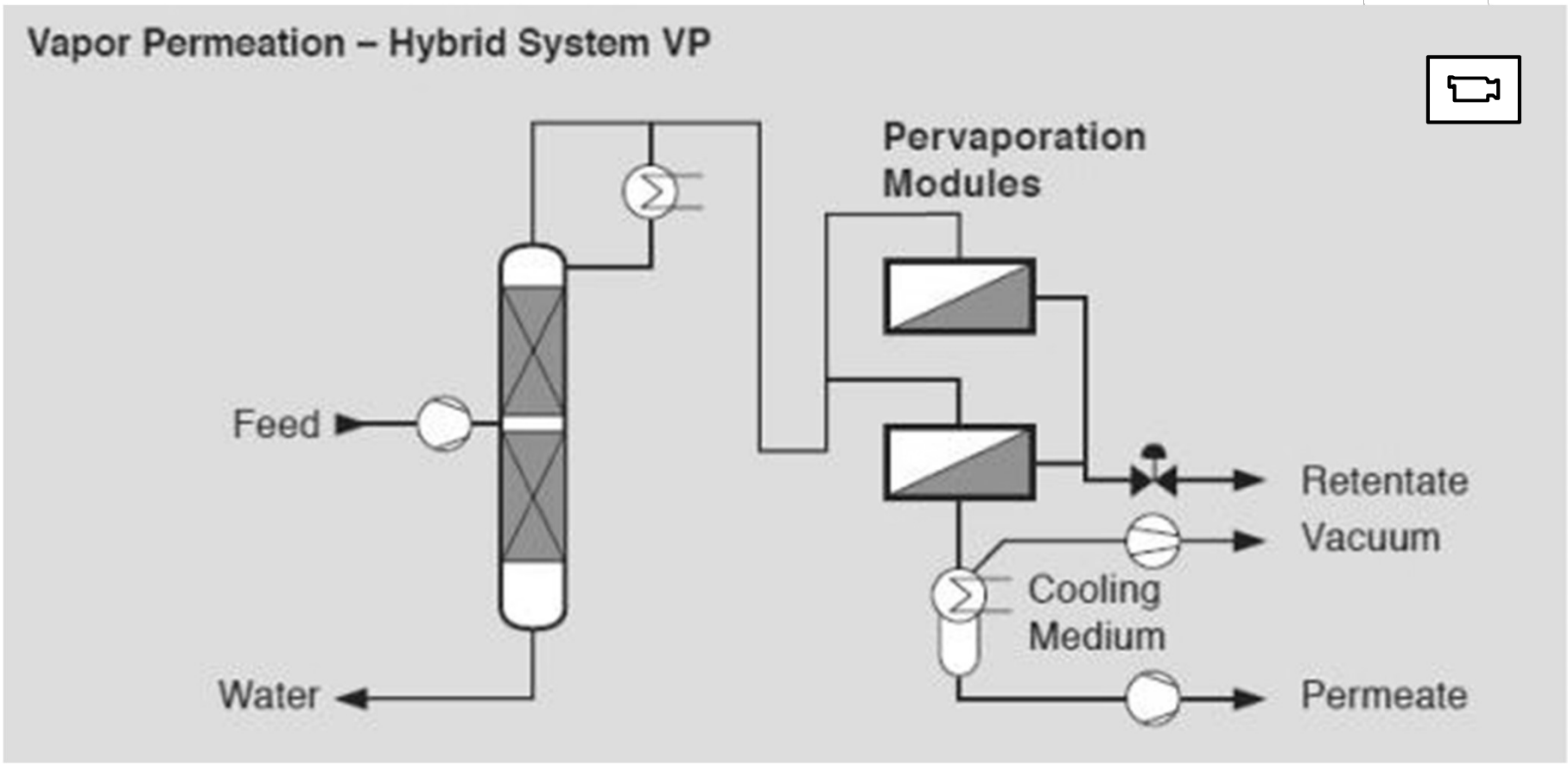
Equipamento de ultrafiltração para separação de água e óleo



Representação esquemática do processo de separação água e óleo

Solventes

- Misturas de água e solventes podem ser separadas utilizando-se membranas;
- Para esta aplicação as membranas mais indicadas são as membranas densas, utilizadas nos processos de pervaporação;
- A utilização deste processo ainda se restringe às operações industriais para separação de misturas azeotrópicas.



Representação esquemática do processo de produção de etanol anidro

Fonte: https://www.sulzer.com/pt/Products-and-Services/Separation-Technology/Membrane-Technology/Pervaporation/Pervaporation-Process-Options

Considerações finais

- Os processos de separação por membranas podem ser empregados em muitas situações;
- Contudo, deve-se observar que os mesmos podem apresentar limitações;
- O sucesso de qualquer aplicação vai depender do conhecimento das principais vantagem e limitações de cada um dos processos disponíveis;
- Para tanto é necessário que os profissionais envolvidos nesta área de atuação estejam sempre atualizados;