

Sistemas de Separação por Membrana

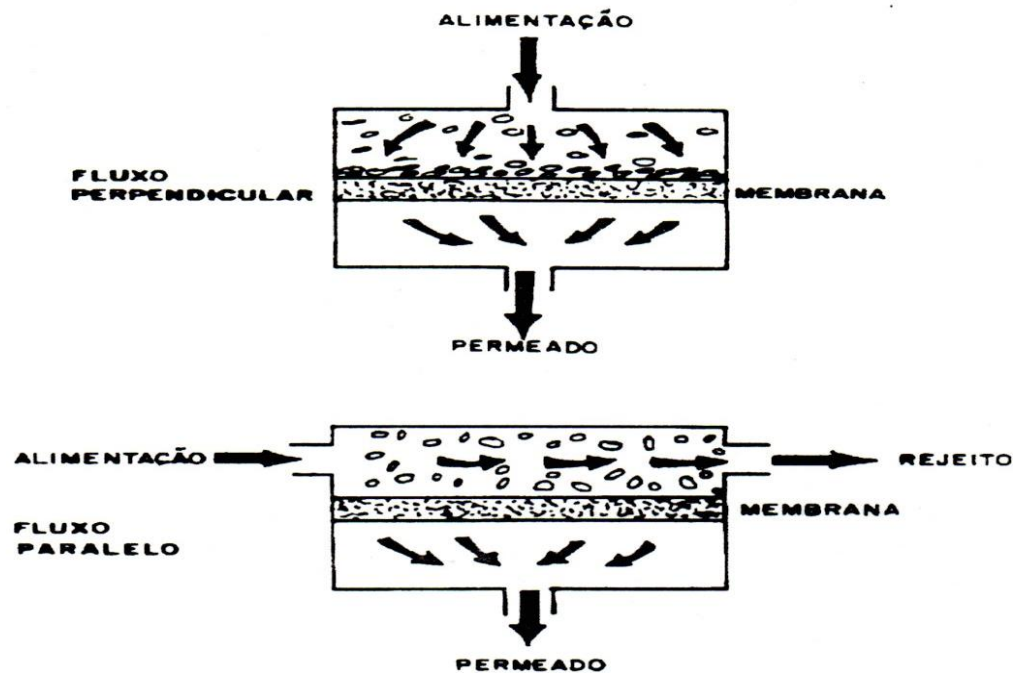


Processos de separação por membranas

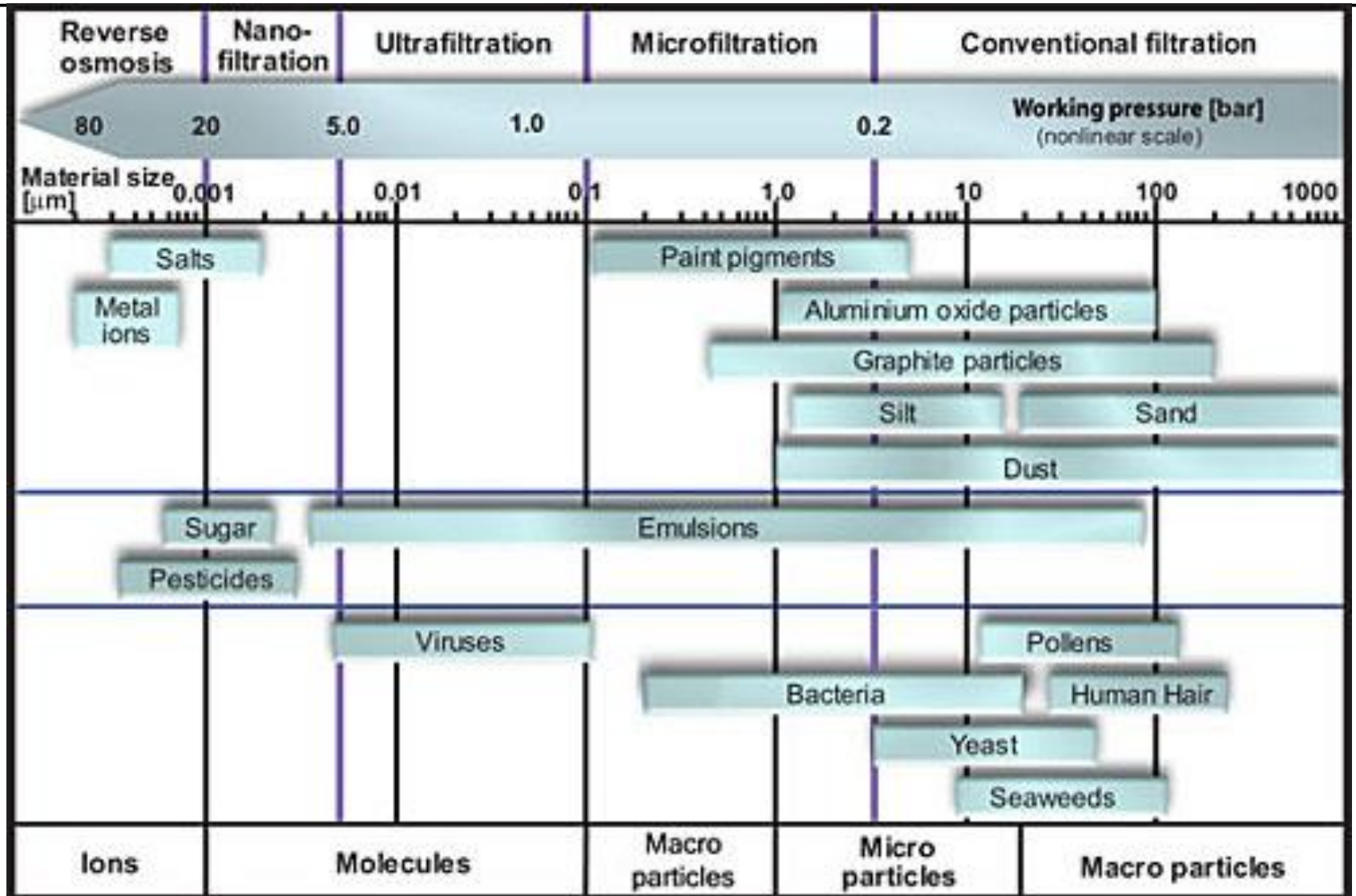
- Utilização de membranas semipermeáveis para separação de componentes indesejados.
- Possibilitam a separação de contaminantes tais como:
 - Sólidos em suspensão, inclusive coloides;
 - Bactérias e vírus;
 - Compostos orgânicos dissolvidos;
 - Substância inorgânicas dissolvidas.

Processos de separação por membranas

Figura 1 - Métodos de Filtração



Capacidade dos processos de separação por membranas



Processos convencionais e sistemas de separação por membranas

Constituinte a ser removido	Sistema convencional	Separação por membranas
Turbidez, sólidos suspenso e contaminantes microbiológicos	Coagulação, floculação, filtração e desinfecção	Microfiltração
Cor, odor e compostos orgânicos	Carvão ativado, cloração e filtração, e aeração	Ultrafiltração
Dureza, sulfatos, íons de ferro e metais pesados	Abrandamento com cal, troca iônica, oxidação e filtração, e coagulação, floculação	Nanofiltração
Sais dissolvidos	Evaporação e troca iônica	Osmose reversa

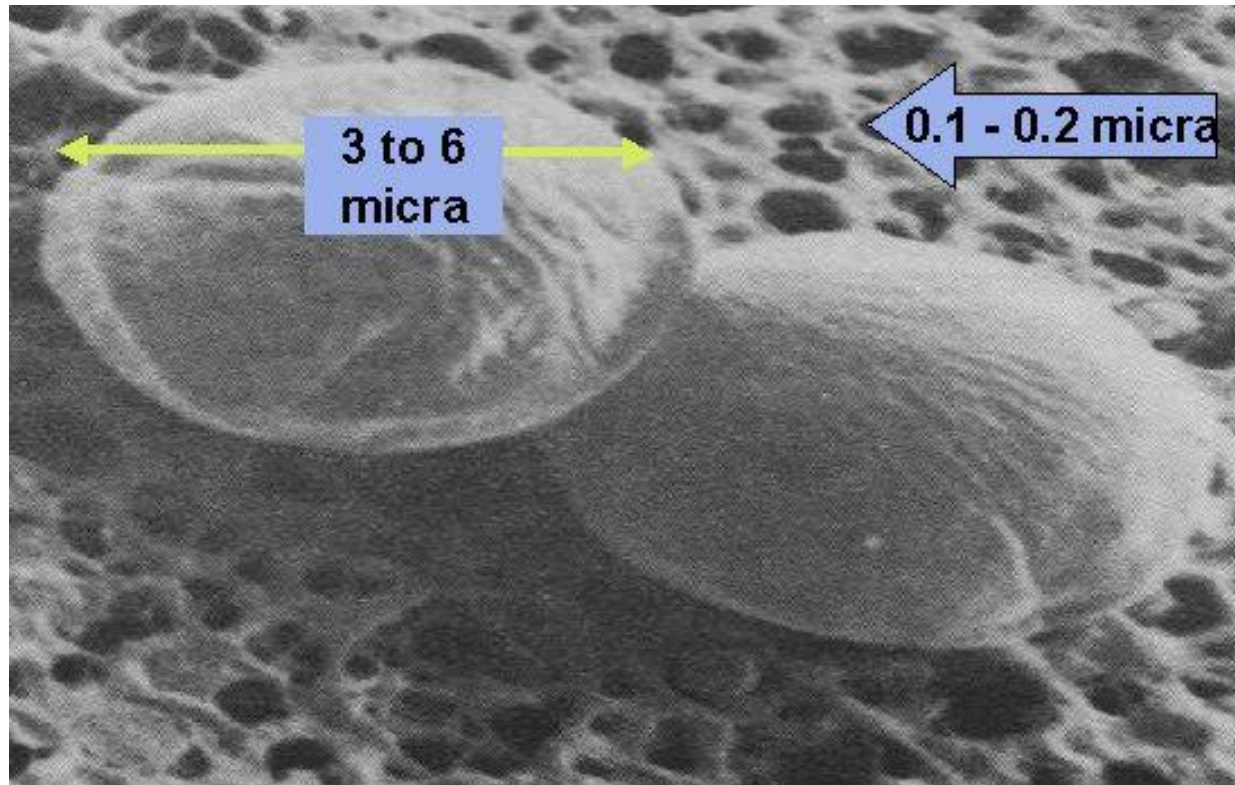
CARACTERIZAÇÃO DE PROCESSOS DE SEPARAÇÃO COM MEMBRANAS

Tabela 2 - Caracterização dos Processos de Separação com Membranas

Processo	Força Motriz	Material Retido	Material Permeado
Osmose inversa	diferença de pressão (7-60 atm)	todo material solúvel ou suspenso PM50	água (solvente)
Ultrafiltração	diferença de pressão (1-7 atm)	colóides macromoleculares PM > 5.000	água (solvente) e sais
Microfiltração	diferença de pressão (1-5 atm)	sílica em suspensão bactérias PM > 500.000	água e sólidos dissolvidos
Diálise	diferença de concentração	moléculas de alto PM em suspensão PM > 1.000	íons e orgânicos de baixo PM
Eletrodiálise	diferença de potencial elétrico	não iônicos e macromoléculas	íons
Permeação de gases	diferença de pressão diferença de concen- tração	gás menos permeável	gás mais permeável
Pervaporação	diferença de concentração	líquido menos permeável	líquido mais permeável

Fonte: Martins, J.V.B. **Perspectivas de desenvolvimento no Brasil de alguns polímeros especiais**. Rio de Janeiro, 1987. 40p (Relatório de Consultoria para a Comissão de Novos Materiais do MCT).

Uso de Membranas



Barreira absoluta para coliformes totais e streptococcus fecais

Materiais das membranas

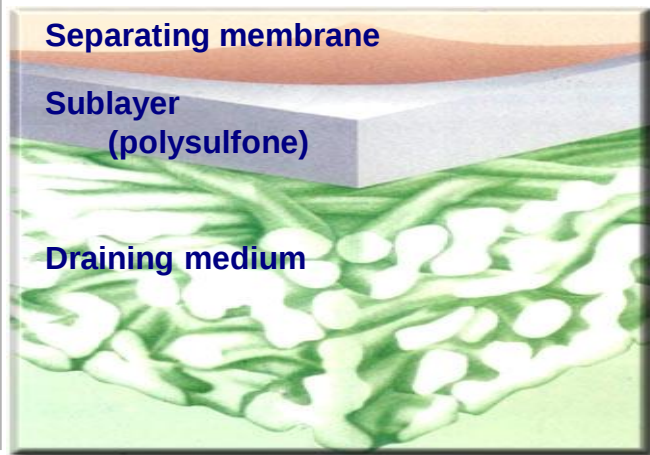
Escolha do material deve considerar:

- Propriedades hidrofóbicas;
- Propriedades hidrofílicas;
- Resistência mecânica;
- Resistência química;
- Resistência térmica;
- Capacidade de esterilização;
- Estabilidade dimensional;
- Custo.

Materiais das membranas

- As membranas podem ser orgânicas ou inorgânicas;
- Membranas poliméricas são mais amplamente utilizadas;
- Membranas cerâmicas são restritas aos processos de microfiltração e ultrafiltração.

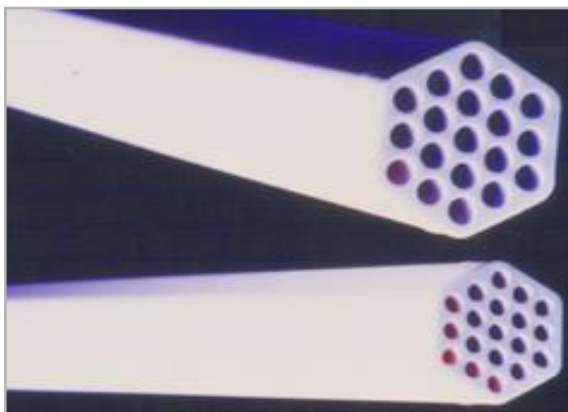
Tipos de Membranas



Thin film composite (TFC)



Fibra oca



Membrana mineral

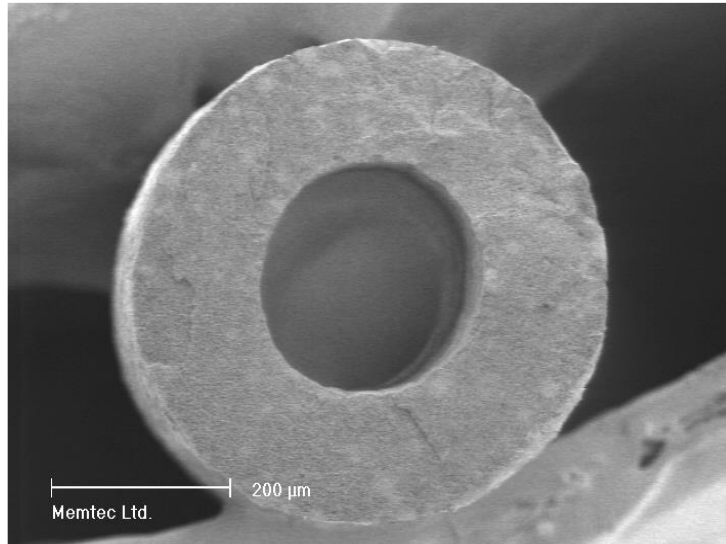
Tipos de membranas

- As membranas comumente utilizadas no tratamento de água e efluentes podem ser:
 - Tubulares;
 - Planas.
- Membranas tubulares, em função do diâmetro, são classificadas em:
 - Fibra oca ($\phi < 0,5$ mm)
 - Capilar ($0,5 < \phi < 5$ mm)
 - Tubular ($\phi > 5$ mm).

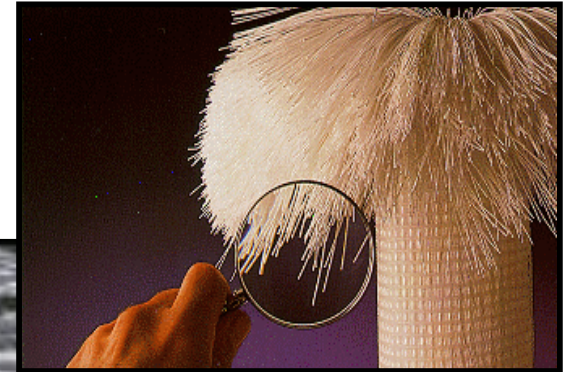
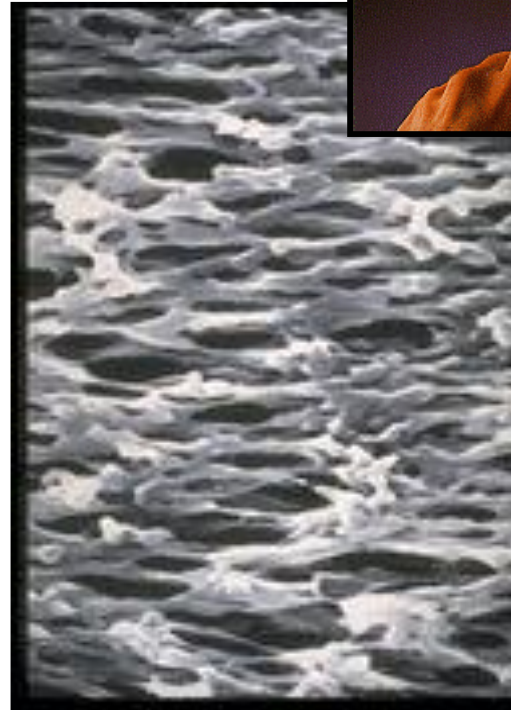
Membranas poliméricas



Zoom

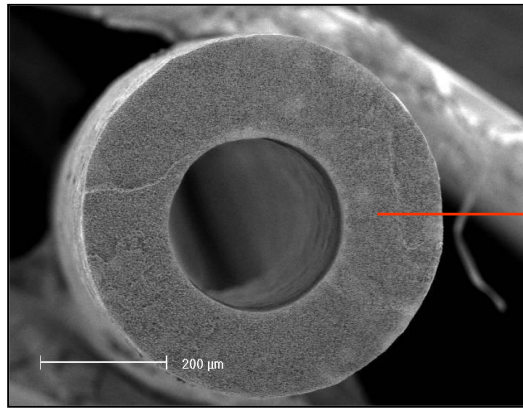


550 micra OD,
300 micra ID

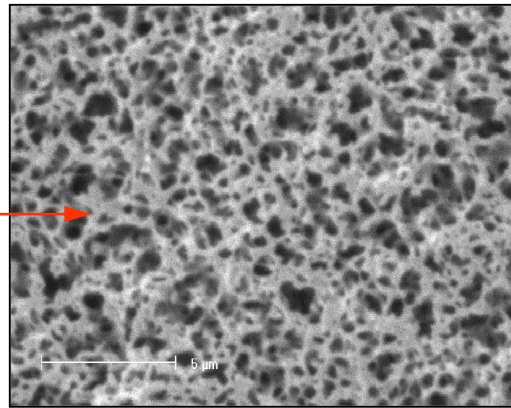


0,1 micra em
PVDF e 0.2
micra em PP.
Tamanho do
poro da
membrana

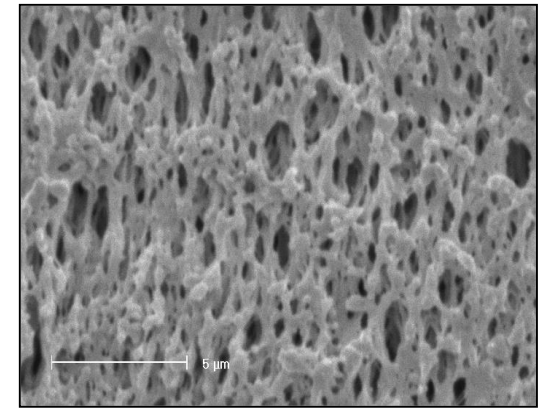
Tipo de Membrana em Fibra Oca



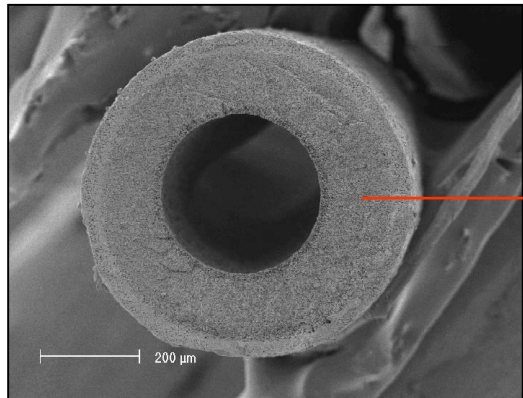
Polypropylene Fiber (M10C)



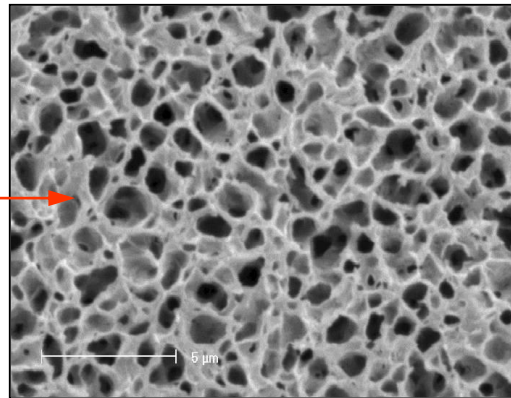
Cross-Section



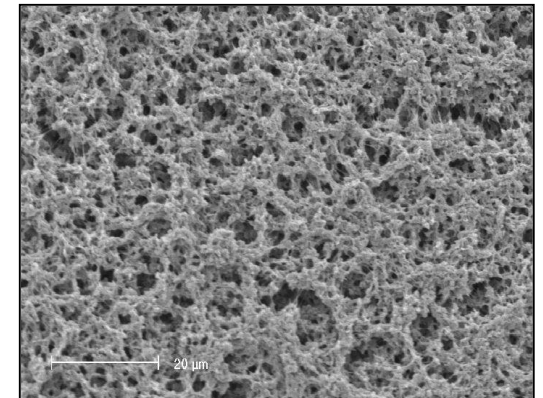
Surface



PVDF Fiber (M10V)



Cross-Section

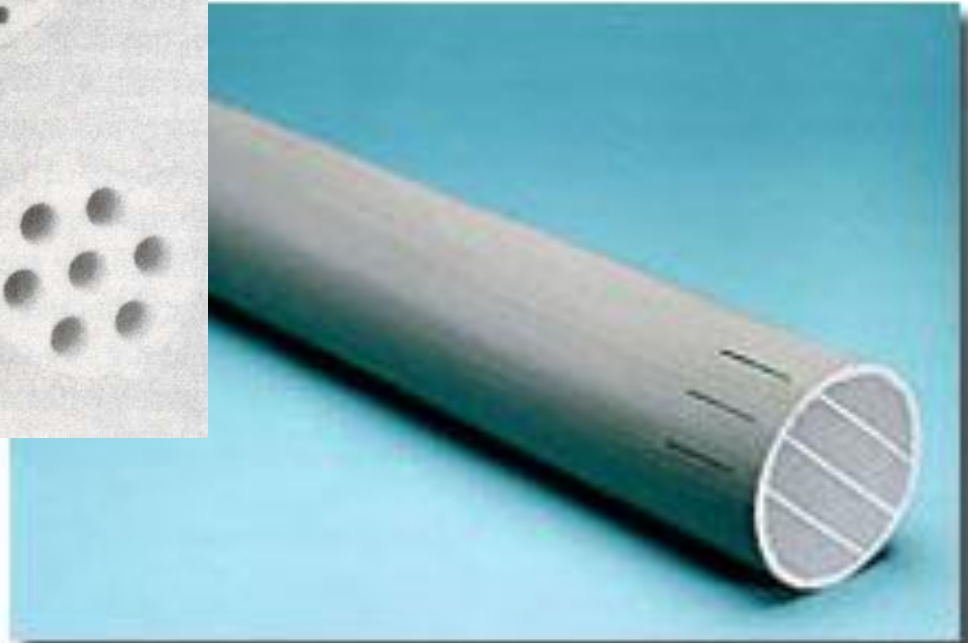
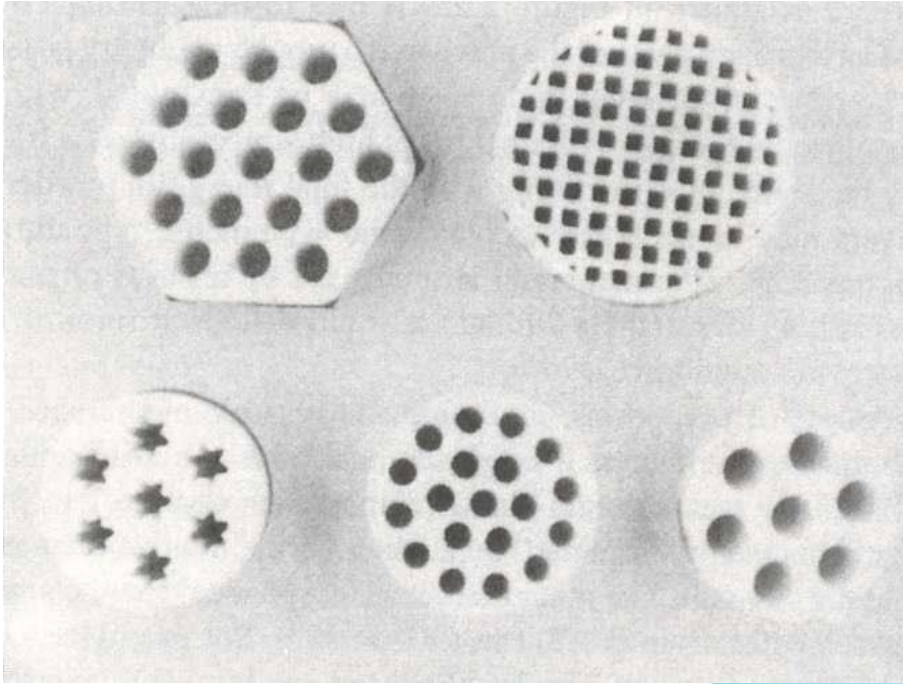


Surface

Membranas inorgânicas

- Materiais inorgânicos apresentam maior estabilidade química e térmica em comparação aos polímeros.
- A utilização de membranas inorgânicas ainda é limitada, restringindo-se aos processos de MF e UF.
- Podem ser obtidas a partir de quatro tipos de materiais:
 - Cerâmicos;
 - Metálicos;
 - Vítreos;
 - Zeolíticos.

Membranas cerâmicas

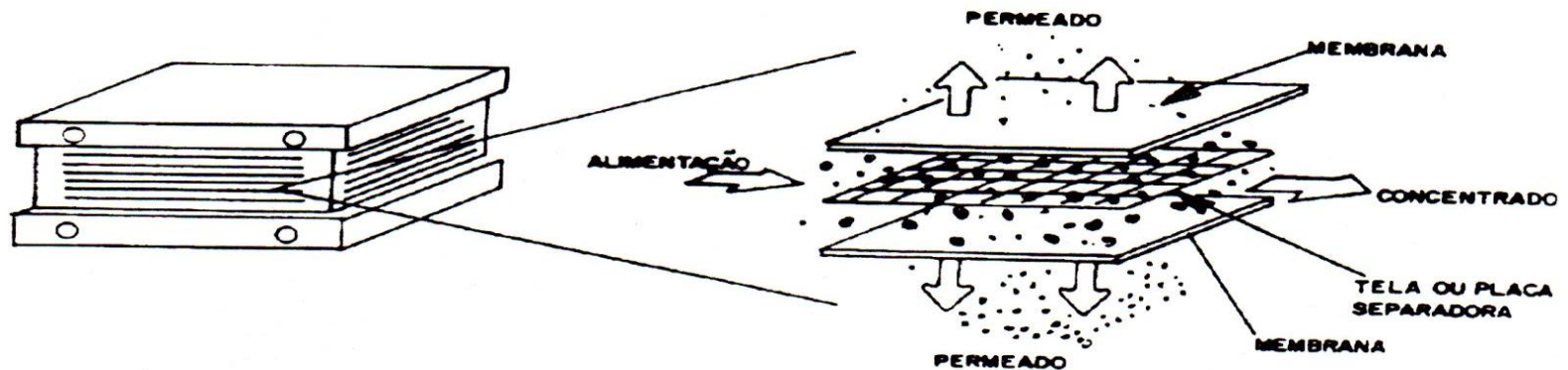


Tipos de módulos utilizados

- Os principais tipos de módulos existentes são:
 - Placas planas;
 - Tubulares;
 - Fibra oca;
 - Enrolados em espiral.

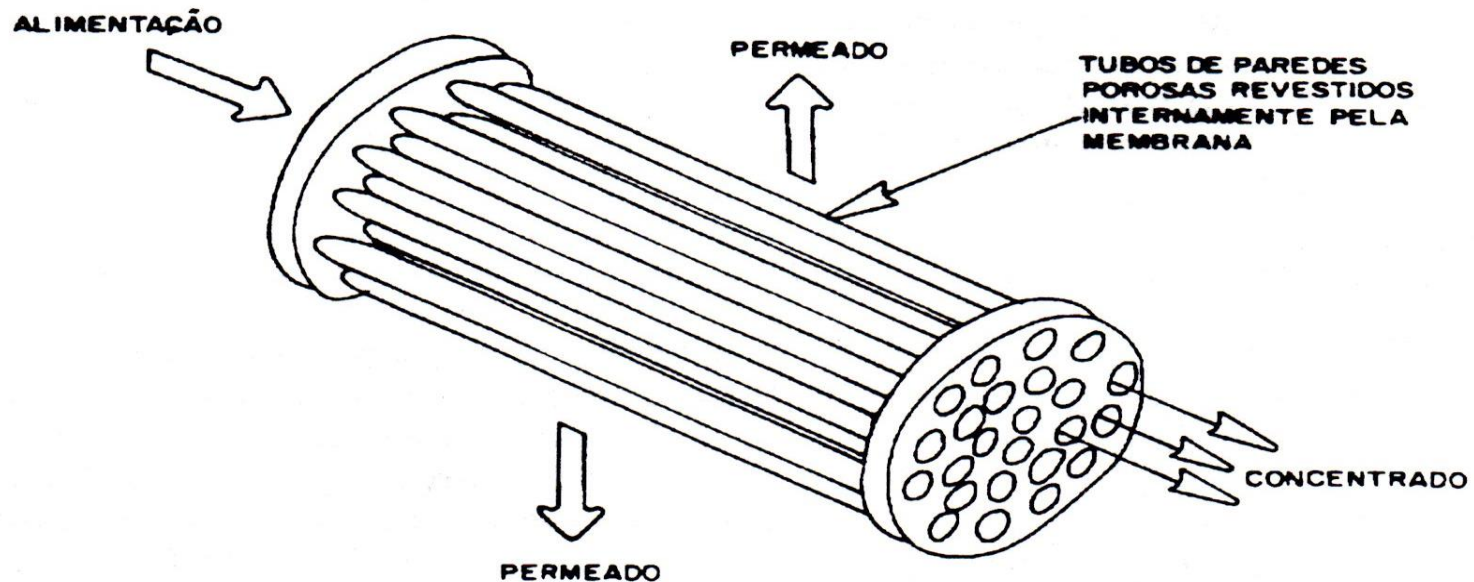
Tipos de módulos utilizados

Figura 3 - Módulo Quadro e Placas

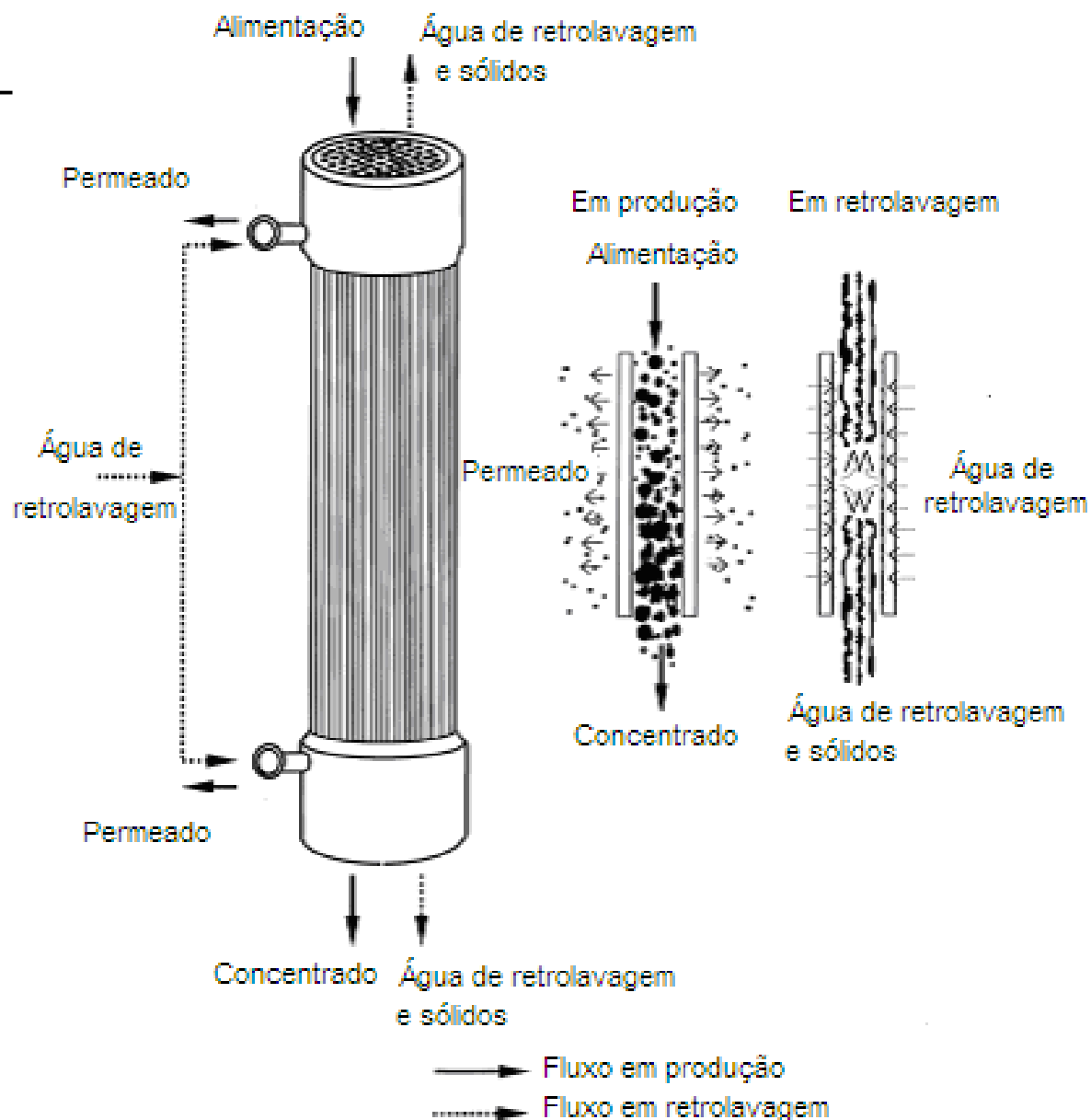


Tipos de módulos utilizados

Figura 2 - Módulo Tubular



Módulo Fibra Oca



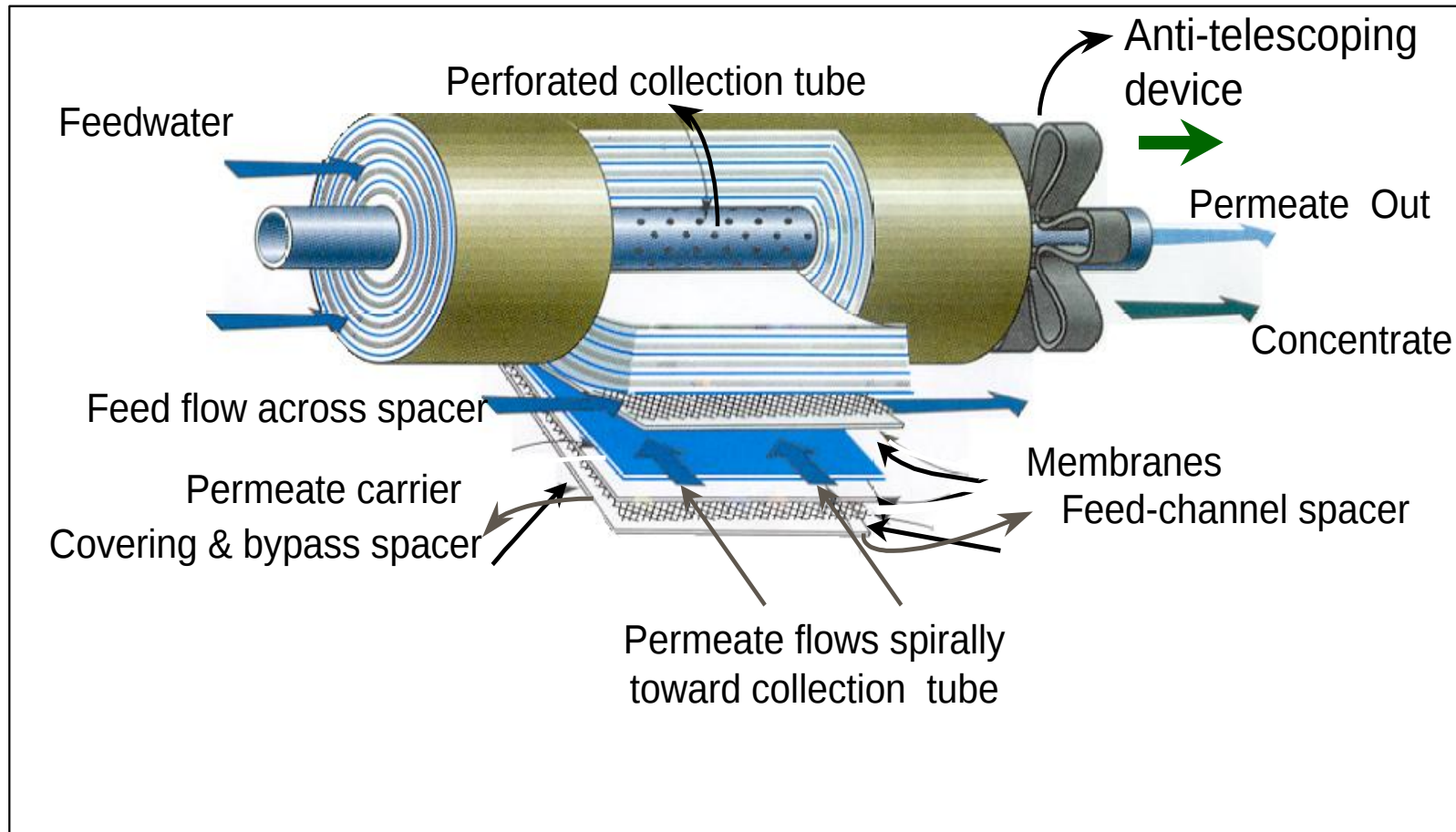
Módulo Fibra Oca



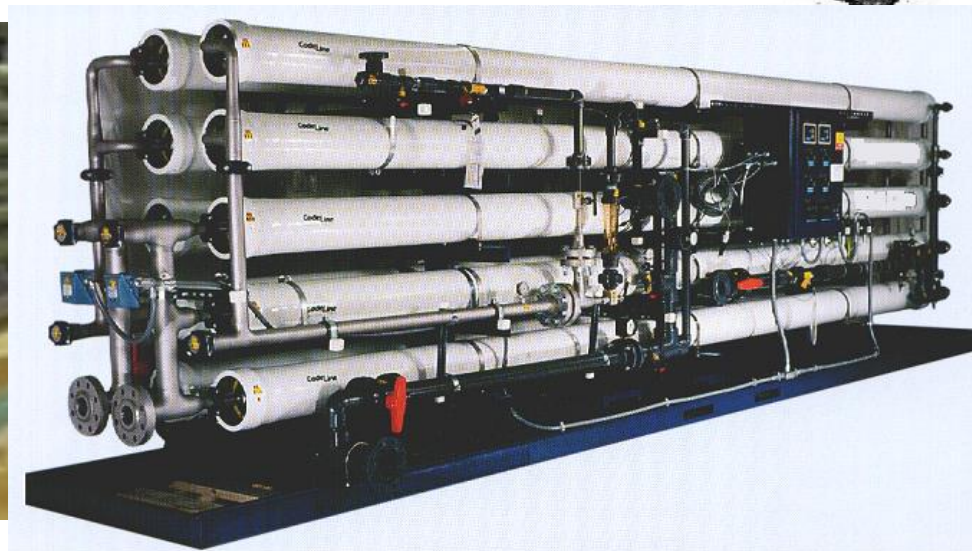
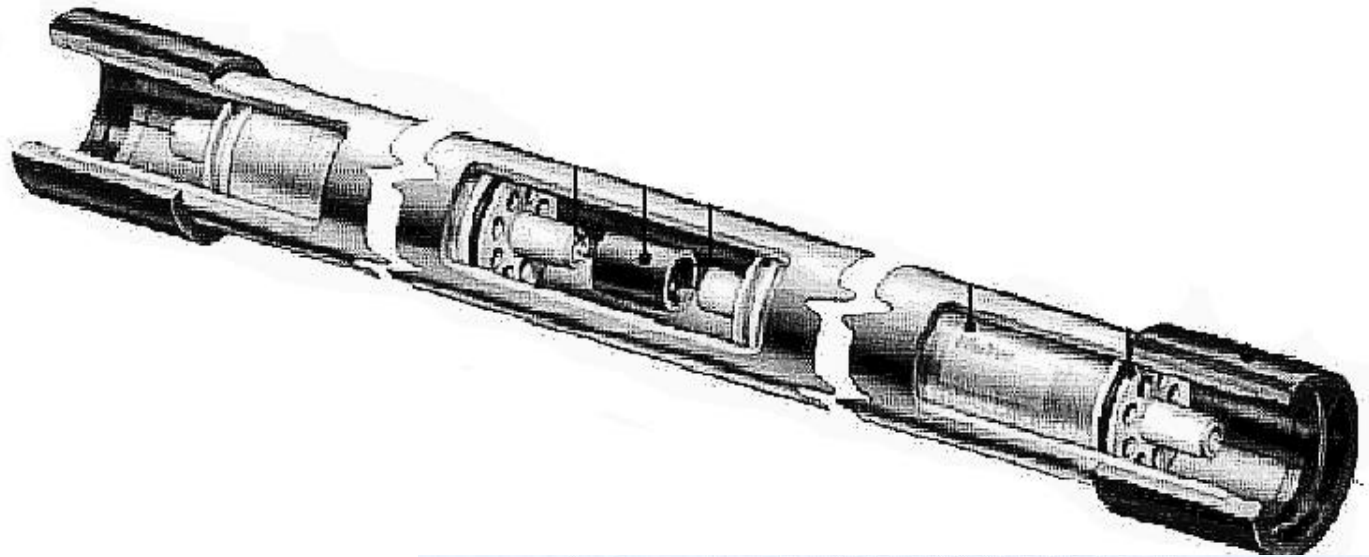
Membrana Espiral



Membrana Espiral Explodida



Membranas no Vaso



Membranas submersas



Membranas submersas



Membranas submersas



Projeto dos Sistemas

- É necessário conhecer as características do produto a ser obtido e da alimentação.
- Também devem estar disponíveis:
 - A vazão a ser produzida ou volume a ser tratado;
 - Recuperação no sistema;
 - Capacidade de produção das membranas.

Projetos de MF, UF, NF e OR

- Valores típicos do fluxo de água através das membranas são:
 - Osmose reversa ➔ 15 a 25 L/h.m²;
 - Nanofiltração ➔ 20 a 30 L/h.m²;
 - Ultrafiltração ➔ 25 a 50 L/h.m²;
 - Microfiltração ➔ não há uma regra.
- No caso de sistemas de microfiltração os valores máximos situam-se na faixa de 50 a 70 L/h.m².

Projeto dos Sistemas

- Para que qualquer sistema possa operar de modo adequado são necessários:
 - Válvulas de controle e bloqueio;
 - Instrumentos de medição:
 - Pressão e pressão diferencial;
 - Tensão e corrente elétrica;
 - Temperatura;
 - Vazão;
 - pH;
 - Condutividade;
 - Nível de tanques.

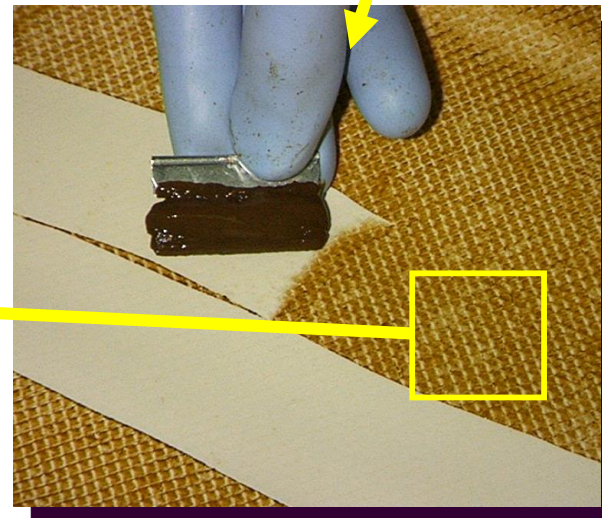
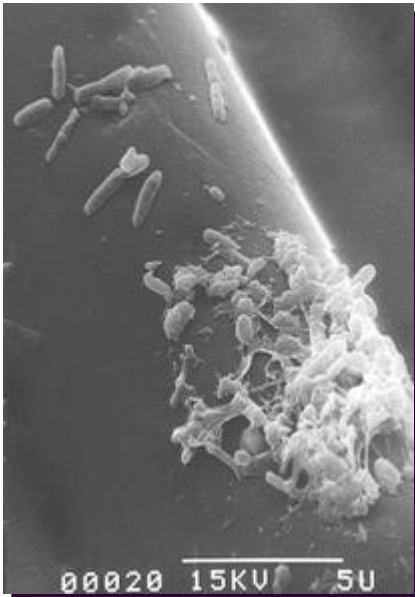
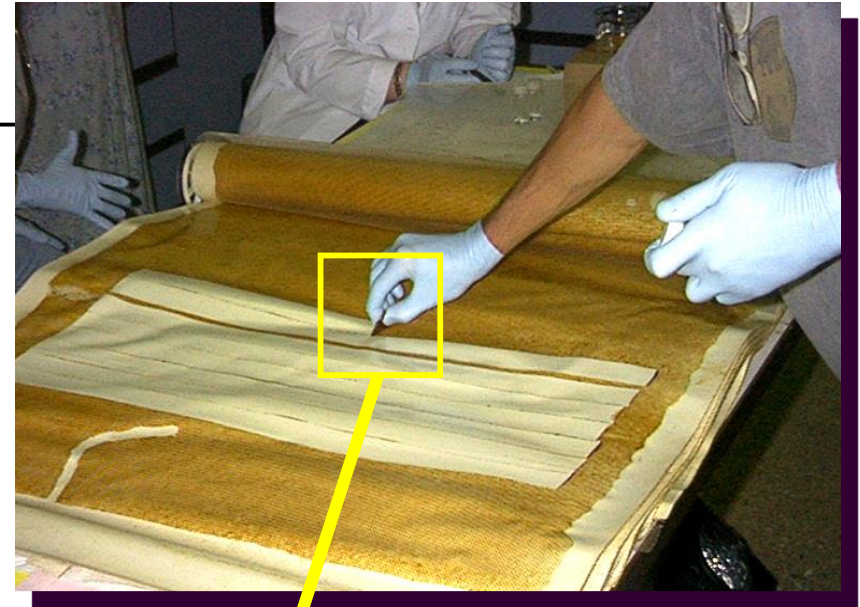
Projeto dos Sistemas

- Um componente essencial para o funcionamento do sistema são as bombas utilizadas:
 - Unidade de pré-tratamento;
 - Alimentação do sistema;
 - Limpeza e sanitização;
 - Dosagem de produtos químicos.
- A escolha dos materiais a serem utilizados também é importante.

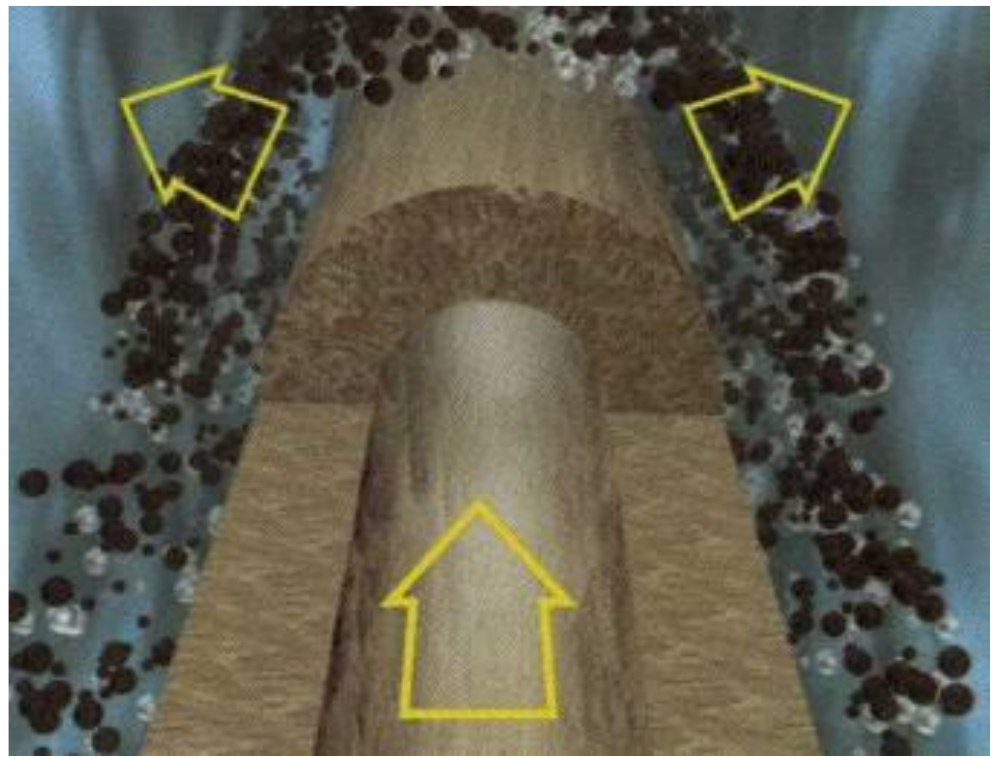
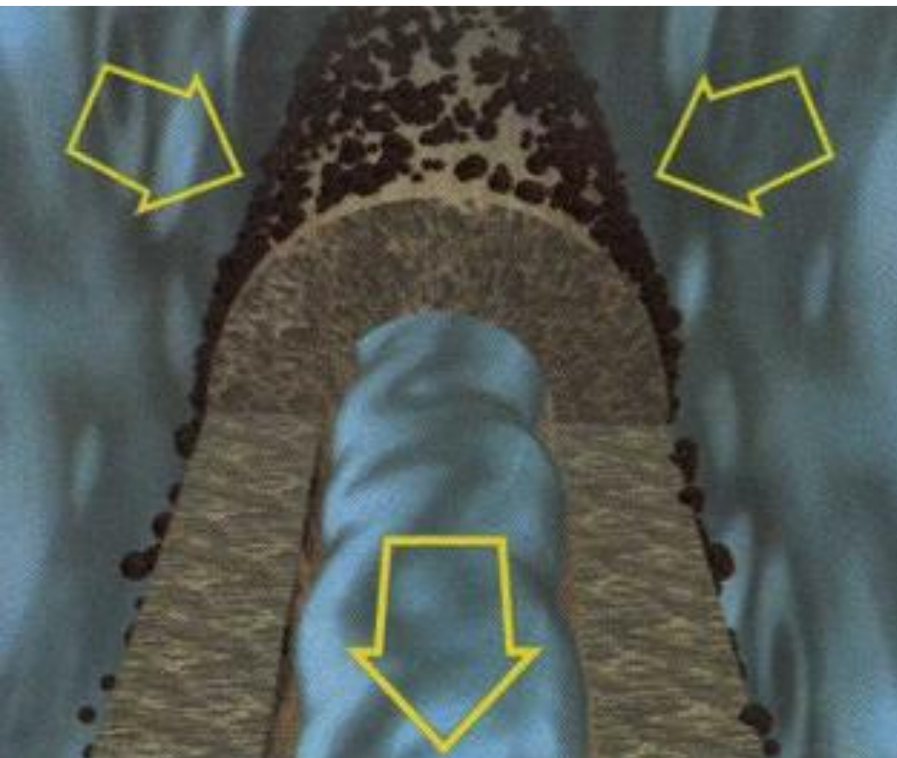
Entupimento



Entupimento



Limpeza



Características

