

V Congresso Pan-Americano de Esterilização  
VI Simpósio Internacional de Esterilização  
e Controle de Infecção Hospitalar

---

## Aspectos relevantes na escolha do sistema de purificação de água para o CME

**SOBECC**  
P.C. Anhembi, SP  
24-27 julho 2008

Ricardo Y. Tsukamoto, *Ph.D.*  
*BIOCONSULT - PURIAQUA*

# O que vamos discutir:

1. Água - o principal insumo hospitalar
2. Agentes contaminantes da água no Brasil
3. Usos de água purificada no CME
4. Principais problemas de qualidade de água no CME
5. Incrustação protege bactérias da esterilização
6. Tecnologias usadas para tratar água no CME
  - Troca Iônica
  - Osmose Reversa
7. Normas de qualidade para água do CME
8. Sistema de purificação, estocagem e adução de água no CME
9. Conclusões

# Água = principal insumo hospitalar

- **Consumo:** dezenas a centenas de ton/dia
- **Difere** das outras utilidades (eletricidade, gases, óleo): como não é gerada por uma indústria, a qualidade varia com a origem da água
- **Origem:** volumosa, pesada e escassa; sempre aproveitada de onde é possível na região => composição varia (local, tempo)

# Qualidade da Água

- **Qualidade:** depende das substâncias nela dissolvidas e microrganismos presentes
- **Água: “solvente universal”:** dissolve substâncias inorgânicas e orgânicas
- **Brasil atual:** 2/3 do esgoto das cidades ainda NÃO é coletado (dados IBGE 2001)

# Mananciais das cidades contaminados por esgoto e efluentes

Fonte: Sabesp



**SP:** Represa de Guarapiranga,  
abastece 3 milhões hab.

Fonte: bp1.blogger.com



**RJ:** Rio Paraíba do Sul,  
abastece 11 milhões hab.

## Neve no inverno brasileiro ?



Espuma no Rio Tietê, morto, em Santana de Parnaíba, SP  
(Foto: Edu Ikeda)

# Organismos patogênicos na água

- **Bactérias patogênicas:**

*E. coli* (O157)

Cólera

Tifo

*Campylobacter jejuni*

*Legionella pneumophila*

*Salmonella*, *Listeria*, *Yersinia*

- **Vírus:** Hepatite A, Rotavírus, adeno- entérico, parvo-, astro, calici-, HIV / AIDS

- **Micoplasmas**

- **Bactérias generalistas\*:** *Pseudomonas aeruginosa*

- **Protozoários:** *Giardia*, *Cryptosporidium*

- **Vermes:** céstodes (chatos) e nemátodes (redondos)

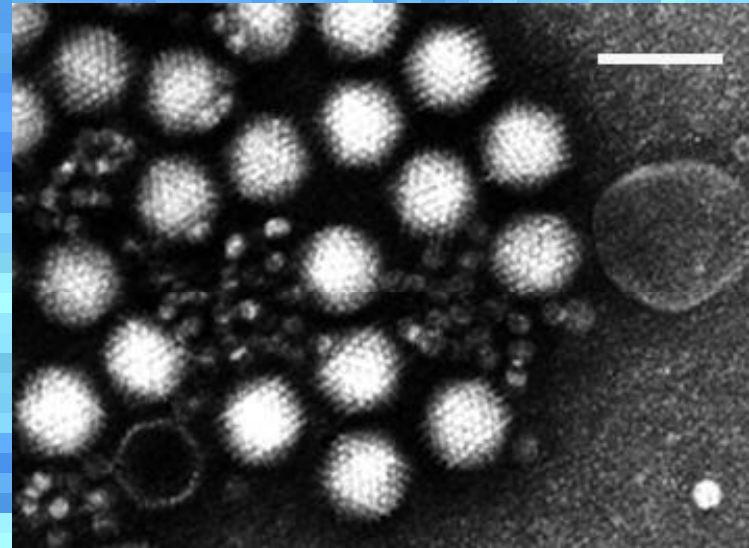
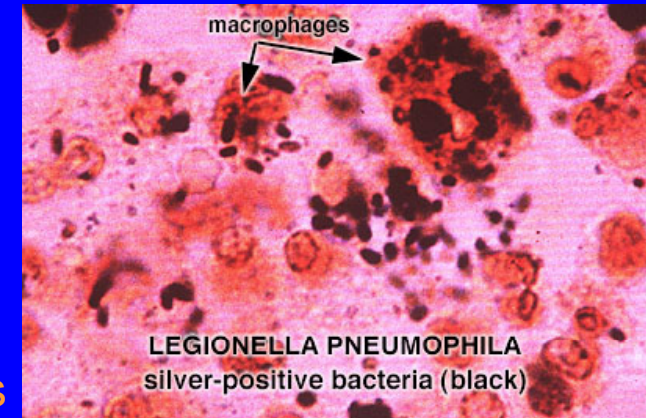


Foto: Adeno e Rotavírus, F.P. Williams, US-EPA



# Pneumonia dos sistemas de água

- **Doença dos Legionários**
- *Legionella*: comum na natureza, +40 spp. conhecidas
- **Etiologia**: 2 a 15% das PAC, 3ª a 4ª causa mais comum de PAC
- **Mortalidade**: 12 a 30% dos pacientes (mesmo sob terapia com antibióticos)
- **Transmissão**: aerossol de água ou aspiração na ingestão de água, com instilação nas vias aéreas superiores (causa mais comum); transm. negativa entre pessoas
- **Em hospitais**: 25 a 70% dos sistemas de água estão contaminados
- **Contaminação nosocomial**: se inicia quando a bactéria está em +30% dos pontos de uso de água (torneiras, chuveiros, etc.).
- **Fatores promotores**: água morna a quente (até 55°C); nutrientes (Ca, Mg, M.O.), lodo no fundo de tanques, microrganismos hospedeiros e comensais, biofilme



Fonte: Tulane University



# Cianobactérias (algas verde-azuladas)

- Produtoras de toxinas: hepatotoxinas (microcistinas, carcinogênica), neurotoxinas, dermatotoxinas, citotoxinas



- Nordeste:  
Itaparica 1988: 88 mortes  
Caruarú 1996: 76 mortes HD

Presentes em todo o Brasil

Tratamento convencional de água remove pouca toxina



## Grande comoção internacional em 2008

- Presença na água da torneira de cidades do mundo de
- Produtos Farmacêuticos
- Desreguladores Endócrinos
- Em SP: 2 congressos até agora
- No Brasil: concentrações elevadas já encontradas em Campinas





## Eficiência de tecnologias para remover poluentes

Group	Classification	AC	BAC	O <sub>3</sub> /AOPs	UV	Cl <sub>2</sub> /ClO <sub>2</sub>	Coagulation/ flocculation	Softening/ metal oxides	NF	RO	Degradation {B/P/AS} <sup>a</sup>
EDCs	Pesticides	E	E	L-E	E	P-E	P	G	G	E	E {P}
	Industrial chemicals	E	E	F-G	E	P	P-L	P-L	E	E	G-E {B}
	Steroids	E	E	E	E	E	P	P-L	G	E	L-E {B}
	Metals	G	G	P	P	P	F-G	F-G	G	E	P {B}, E {AS}
	Inorganics	P-L	F	P	P	P	P	G	G	E	P-L
	Organometallics	G-E	G-E	L-E	F-G	P-F	P-L	P-L	G-E	E	L-E
PhACs	Antibiotics	F-G	E	L-E	F-G	P-G	P-L	P-L	E	E	E {B} G-E {P}
	Antidepressants	G-E	G-E	L-E	F-G	P-F	P-L	P-L	G-E	E	G-E
	Anti-inflammatory	E	G-E	E	E	P-F	P	P-L	G-E	E	E {B}
	Lipid regulators	E	E	E	F-G	P-F	P	P-L	G-E	E	P {B}
	X-ray contrast media	G-E	G-E	L-E	F-G	P-F	P-L	P-L	G-E	E	E {B and P}
	Psychiatric control	G-E	G-E	L-E	F-G	P-F	P-L	P-L	G-E	E	G-E
PCPs	Synthetic musks	G-E	G-E	L-E	E	P-F	P-L	P-L	G-E	E	E {B}
	Sunscreens	G-E	G-E	L-E	F-G	P-F	P-L	P-L	G-E	E	G-E
	Antimicrobials	G-E	G-E	L-E	F-G	P-F	P-L	P-L	G-E	E	F {P}
	Surfactants/detergents	E	E	F-G	F-G	P	P-L	P-L	E	E	L-E {B}

<sup>a</sup>B, biodegradation; P, photodegradation (solar); AS, activated sludge; E, excellent (>90%); G, good (70–90%); F, fair (40–70%); L, low (20–40%); P, poor (<20%).

Fonte: Snyder et al., 2003

Única opção eficaz seg. estudo multi-facetado é [O.R. + carvão ativado]:  
Snyder, S.A. et al. 2007. *Desalination*, 202: 156-181.

## Usos de água purificada no CME:

1. ***Termo-desinfectoras*** (“lavadoras”): enxague final ou dois últimos
2. ***Autoclaves***: água para a câmara de vapor
3. ***Hemodinâmica***: enxague dos catéteres intravasculares
4. ***Lavagem manual***: enxague de instrumental

# Principais problemas de qualidade de água no CME

## **1. Sólidos suspensos na água**

- Sujeira
- Ferro particulado e coloidal

## **2. Corrosão e perfuração do instrumental**

- Cloreto na água

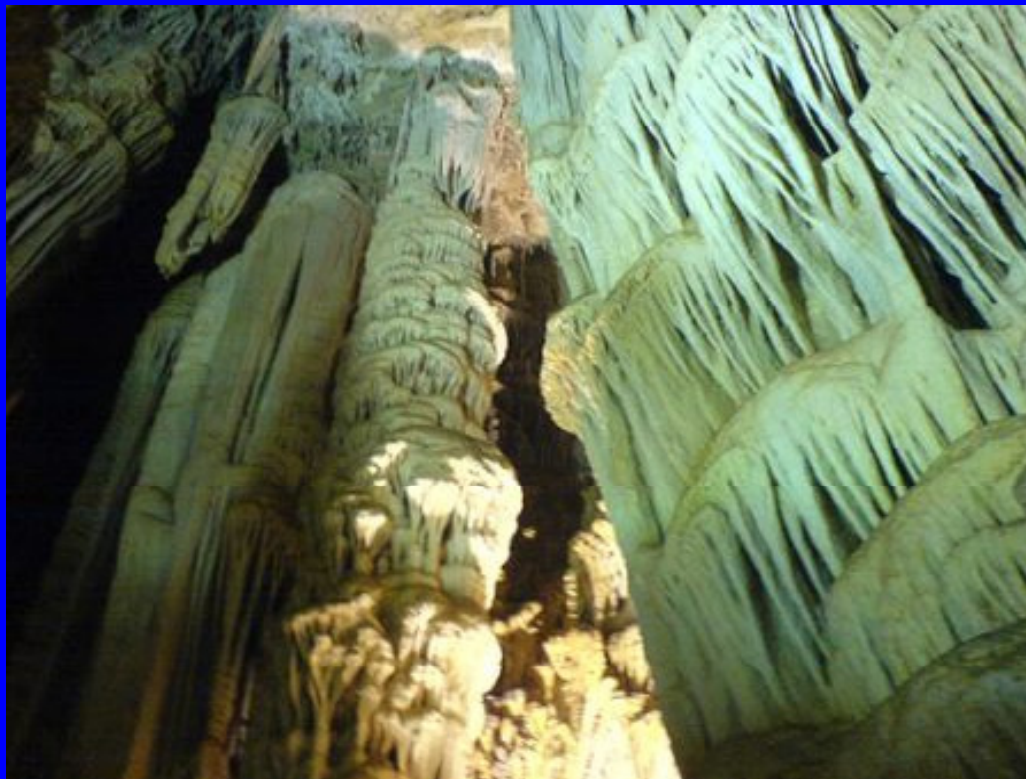




# Principais problemas de qualidade de água no CME

## 3. Incrustações brancas:

- Dureza da água (cálcio e magnésio)
- Sílica dissolvida e coloidal



Precipitação de  
minerais  
dissolvidos na  
água – fonte de  
beleza na natureza,  
mas problemas na  
CME

Caverna do Diabo

# Principais problemas de qualidade de água no CME

## 3. Incrustações brancas:

- Dureza da água (cálcio e magnésio)
- Sílica dissolvida e coloidal
- Cristalização por aquecimento ou secagem e Sabão de cálcio



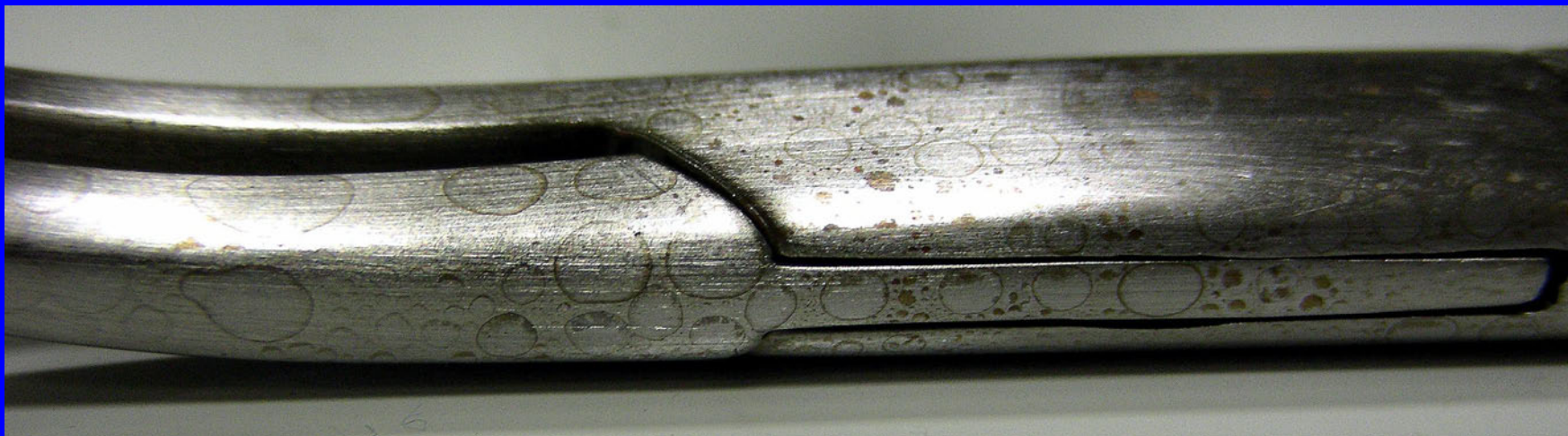
Tubulação de água da rua em S. J. Rio Preto, Bairro de Solo Sagrado (água de poço artesiano); tubo ocluído pela Dureza



# Principais problemas de qualidade de água no CME

## 4. Incrustações escuras:

- Precipitação de metais:  
ferro, manganês, cromo





# Principais problemas de qualidade de água no CME



"Santo Sudário" de uma pinça hemostática

# Implicação da Incrustação

Incrustação protege bactérias da esterilização por calor úmido (vapor) a 121°C

- *Teste com incrustação artificial\**:
  - Incrustação branca: carbonato de cálcio
  - Incrustação escura: óxido/hidróxido de ferro

## *Resultados:*

- ambas as incrustações protegeram as bactérias-teste *B. subtilis* e *B. stearothermophilus*
- esporos ocluídos em cristais são termo-resistentes

\*Kaiser et al., 2000. Water quality and reprocessing instruments. *Infection Control Today*, May 2000: 4 p.

## Recomendações práticas do estudo:

- Não utilizar instrumental com incrustação em procedimentos invasivos;
- A água da rua aquecida precipita cristais de dureza sobre o instrumental. Para evitar tal incrustação, usar água purificada em todos os enxagues de material reprocessado.



## Resumo: substâncias que contaminam a água no seu trajeto até o usuário:

- ***Naturais não-tóxicas:*** ferro, manganês => l. escura  
Dureza (Ca+Mg), Sílica => l. branca
- ***Naturais tóxicas (água de poço):*** flúor, metais (Cr, Al, As)
- ***Artificiais no manancial:*** pesticidas, organoclorados, metais pesados (Pb, Hg,...), toxinas industriais e municipais
- ***Adicionadas no tratamento:*** flúor, alumínio, cloramina
- ***Das tubulações e conexões:*** ferro, cobre, zinco, chumbo

## Objetivo do tratamento na CME e HD:

a única solução para remover tal variedade de contaminantes está em separar a molécula de água ( $H_2O$ ) de todo o restante

## Tecnologias usadas para tratar a água do CME:

1. ***Nenhuma***: expõe os equipamentos e os pacientes a risco
2. ***“Quebra-galho”***: Troca iônica, remove só íons da água
3. ***Consagrada***: Osmose Reversa

## Deionização em hospital



## Características da deionização no CME

1. Troca iônica só remove íons da água
2. Não remove Sílica = agente incrustante
3. Aumenta carga bacteriana viva (15-30X)
4. Aumenta pirogênio
5. Qualidade da água oscila continuamente
6. Obriga a monitorar 2 – 3 vezes /dia
7. Paralisa o tratamento para regenerar (1 dia)
8. Regenera com ácido (HCl) e base (NaOH) concentrados – vapores tóxicos e risco trabalhista
9. Não substitui O.R. p/reprocessamento: tese USP
10. “Vantagem”: custo inicial menor que O.R.

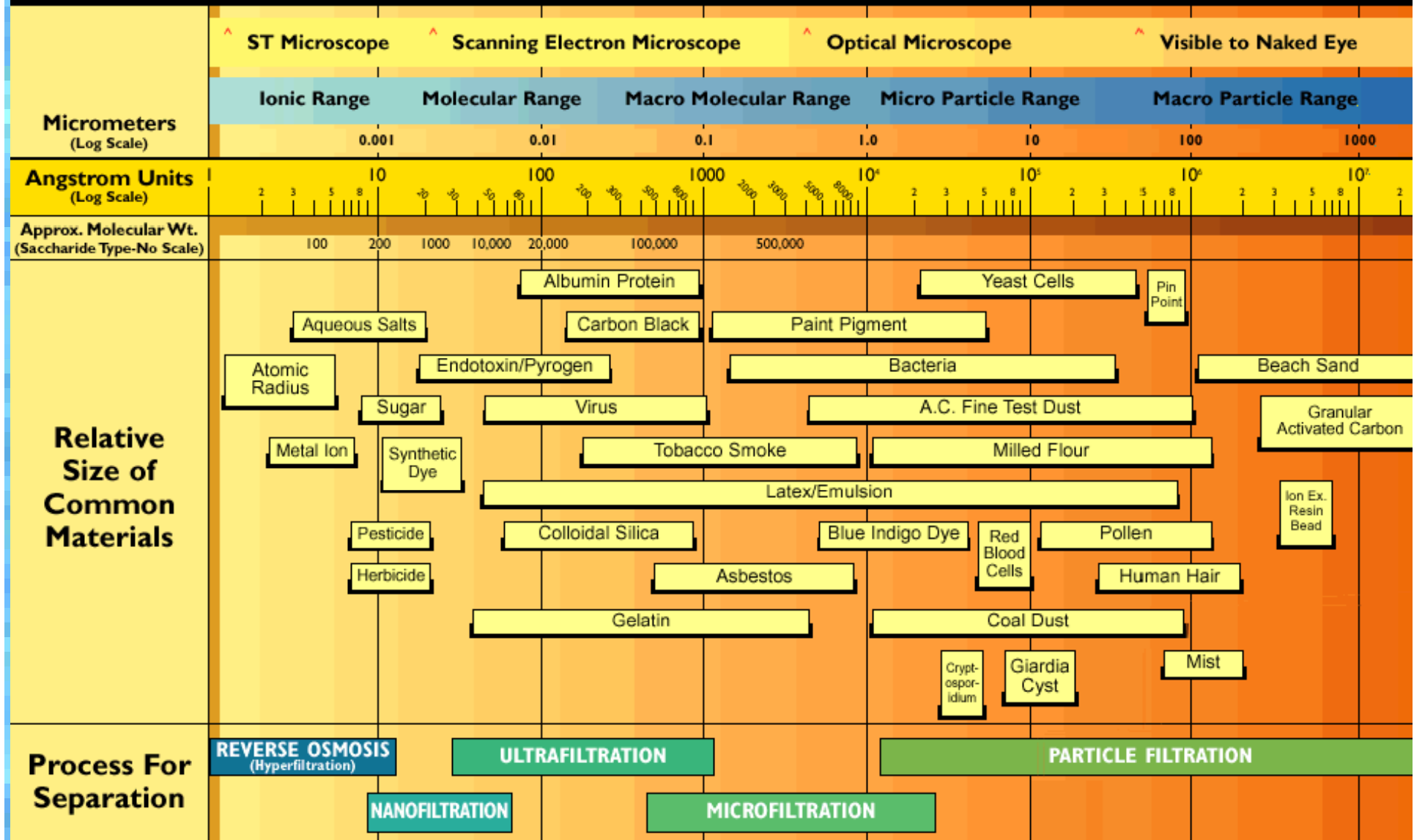


# Osmoste Reversa- filtração em escala atômica



**OSMONICS**

## The Filtration Spectrum

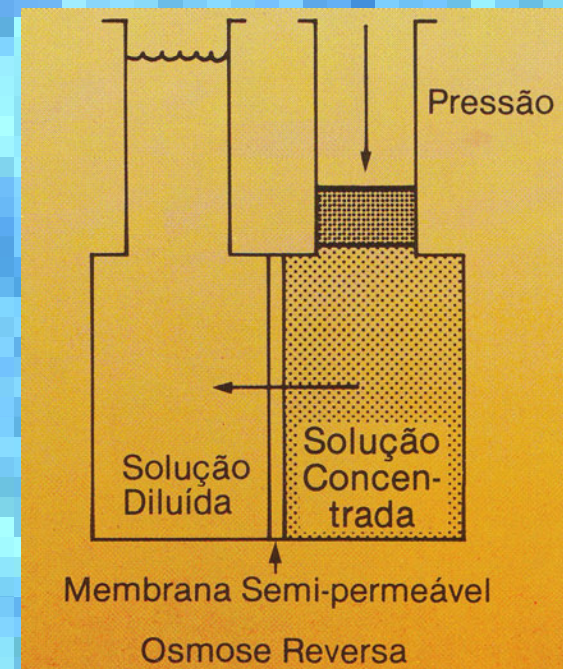
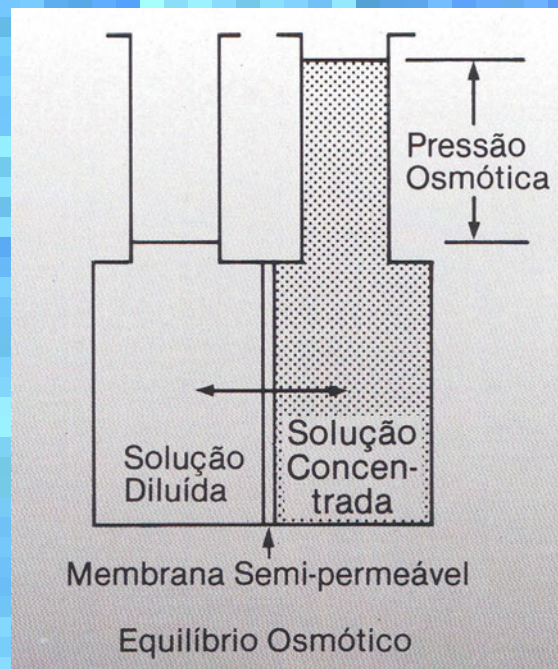
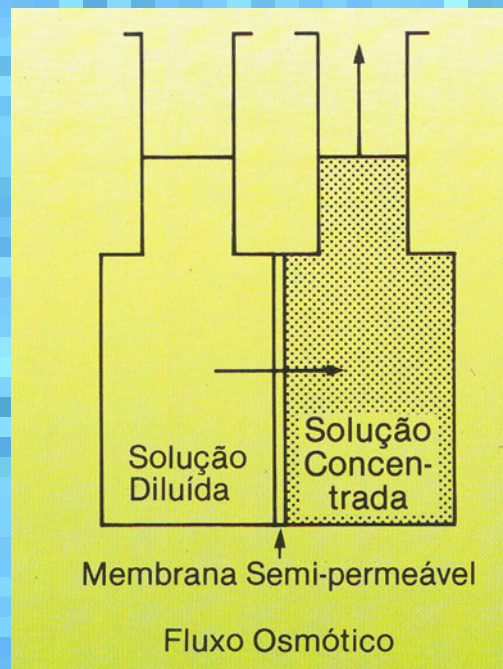


Note: 1 Micron (1x10<sup>-6</sup> Meters) ≈ 4x10<sup>-5</sup> Inches (0.00004 Inches)  
1 Angstrom Unit = 10<sup>-10</sup> Meters = 10<sup>-4</sup> Micrometers (Microns)

© Copyright 1996, 1993, 1990, 1984 Osmonics, Inc., Minnetonka, Minnesota USA

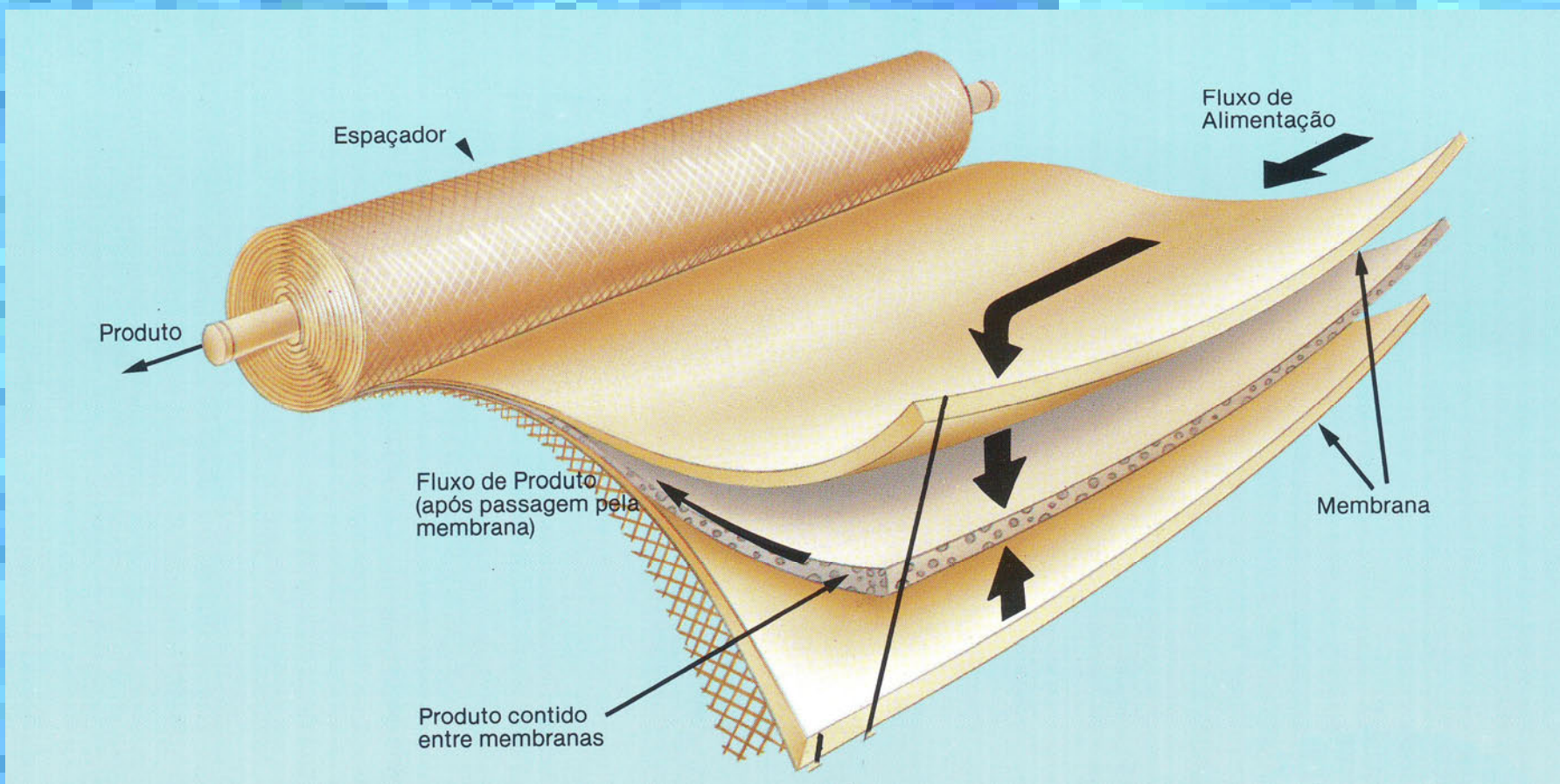


# O que é osmose reversa ?



# Membrana de O.R. de alto desempenho

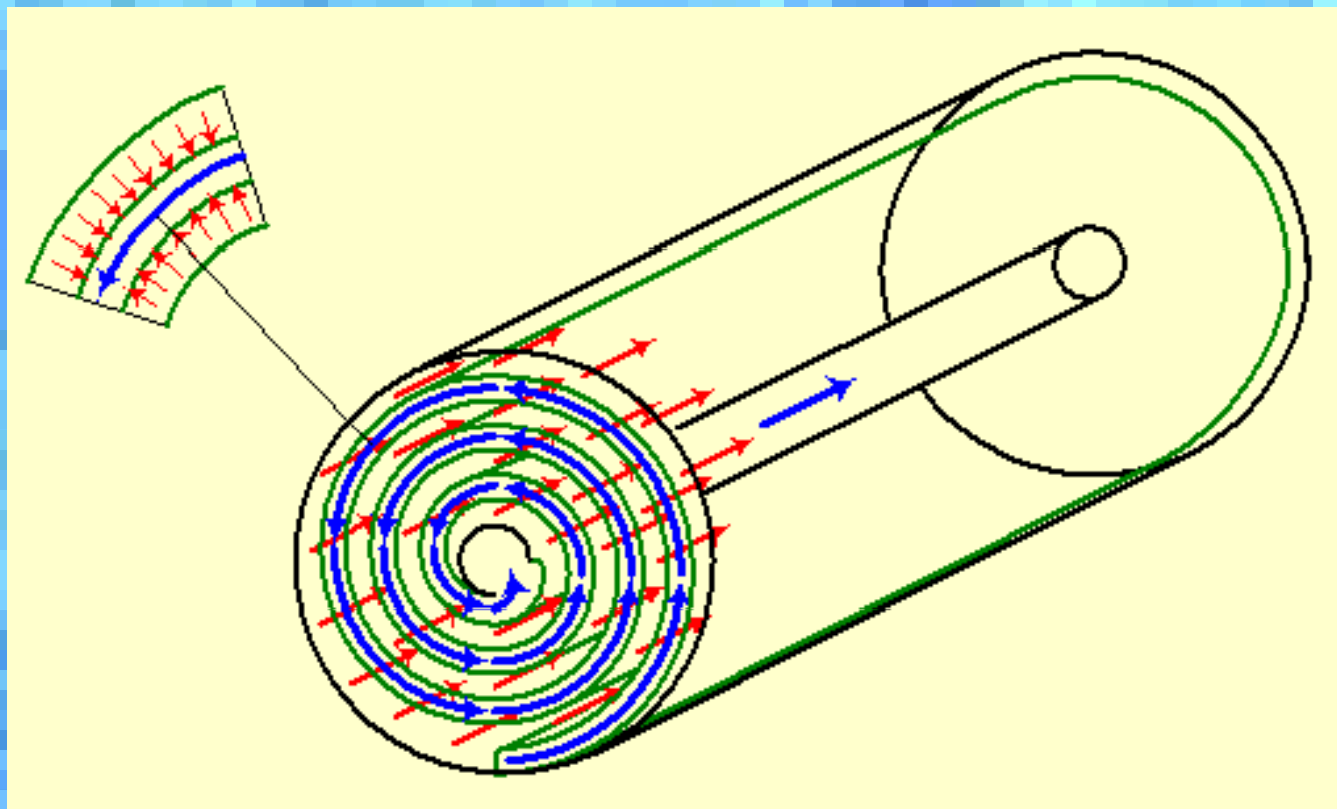
- cartucho espiral
- fluxo tangencial





# Membrana de O.R. de alto desempenho

Água bruta = água pura + concentrado



Membrana opera dentro de um tubo de pressão em aço inox



## Características da O.R. no CME

1. Remove substâncias orgânicas e inorgânicas
2. Remove os microorganismos
3. Remove pirogênio e toxinas
4. Processo contínuo, sem regeneração
5. Qualidade da água constante
6. Não requer monitoramento
7. Não utiliza produtos tóxicos e não apresenta risco trabalhista
8. Operado pelo pessoal do próprio hospital: os técnicos da Enga. Clínica ou da Manutenção

## Normas de controle de qualidade para água usada em equipamentos de C.M.E. hospitalar

Parâmetro	Unidades	HTM2030	HTM2031	NHS C30
Condutividade	uS/cm	30	35	30
TDS (gravimétrico)	mg/l	40	-	-
Dureza Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	120	50	50
Cloreto	mg/l Cl	-	-	10
Sílica	mg/l SiO <sub>2</sub>	0,2	-	0,2
Ferro	mg/l Fe	2	-	2
Metais pesados	mg/l	10	-	10
Contagem bacteriana	No. col./100 ml	<100	-	<100
Endotoxina	EU/ml	<0,25	<0,25	<0,25

Normas do Ministério da Saúde da Inglaterra (British National Health Service), mas que são adotadas internacionalmente:

**HTM2030:** para Termo-desinfectora.

**HTM2031:** para Autoclave, abrangendo o vapor limpo para esterilização (clean steam\* for sterilisation).

**NHS C30** (NHS Model Engineering Specification - C30) é também destinada a Termo-desinfectoras de instrumental cirúrgico



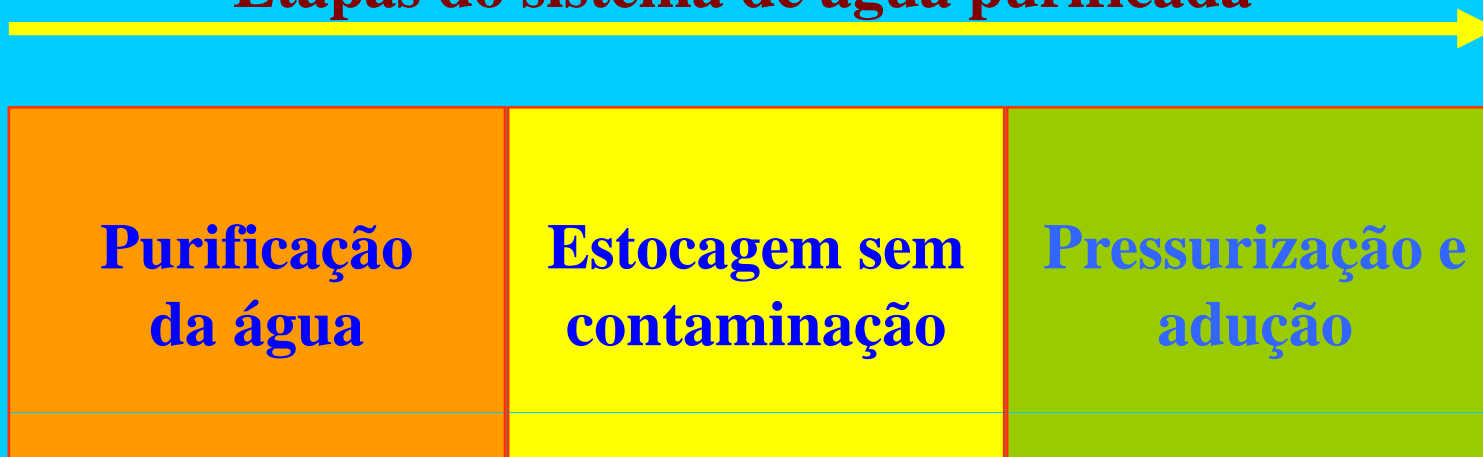
## Norma ISO 11134 - vapor para esterilização

Parâmetro	Unidades	ISO 11134
Condutividade	uS/cm	50
TDS (gravimétrico)	mg/l	15
Dureza Total	mg/l $\text{CaCO}_3$	0,1
Cloreto	mg/l Cl	3
Sílica	mg/l $\text{SiO}_2$	2
Ferro	mg/l Fe	0,2
Metais pesados	mg/l	0,1
Fosfato total	mg/l	0,5
Cádmio	mg/l	0,005
Chumbo	mg/l	0,05
Aspecto		Ímpido
pH		6,5-8,5



# Sistema de água purificada para CME

**Etapas do sistema de água purificada**



## Exemplos de sistema de purificação por O.R.





# Sistema instalado dentro ou fora do CME



# Aplicação errada da Osmose Reversa em CME: componentes domésticos “adaptados”





## Características de O.R. “adaptada” com componentes para uso residencial:

- a) Membrana pq., mod. 1812, com baixa eficiência
- b) Vaso da membrana em plástico (polietileno);
- c) Bomba de água de pq. vazão, diafragma borracha, motor com fonte CC.
- d) Não tem medidores das vazões de água que entra e que sai no processo;
- e) Não tem medidores de pressão da água nos vários estágios do processo;
- f) Não tem forma de verificar se os pré-filtros estão saturados ou entupidos;
- g) Não tem ajuste ou controle de nenhum dos parâmetros de processo => flexibilidade nula.



## **Conclusões:**

1. A água é o principal insumo do hospital
2. Os contaminantes da água variam com cada captação
3. Numerosos contaminantes ocorrem na mesma água
4. Incrustação de instrumental tem consequência sanitária grave
5. Existem normas de qualidade para água da CME e HD
6. Para remover toda a gama de contaminantes, o tratamento básico para CME e HD é Osmose Reversa
7. Para uso em CME, o sistema tem as etapas de purificação, estocagem segura e adução pressurizada.
8. Por segurança e para operação sem problemas, deve-se usar sistema projetado especialmente para CME. Na escala de uso da CME, não se pode usar aparelhos “adaptados” de componentes residenciais.

**Muito Obrigado pela sua resistência !**

Estou à inteira disposição dos colegas,

Ricardo Y. Tsukamoto

Email: [ricardo@bioconsult.com.br](mailto:ricardo@bioconsult.com.br)

Telefone: (11) 3864-2536

Celular: (11) 9864-0828