

# ÁGUA PARA HEMODIÁLISE

André Luiz Lopes Sinoti  
UINFS/GGTES/ANVISA

Florianópolis - SC

Novembro de 2010



Agência Nacional  
de Vigilância Sanitária

[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)

# Qualidade da Água

• Segundo a OMS, cerca de 85% das doenças conhecidas são de **veiculação ou transmissão hídrica**.

Doenças de veiculação hídrica:

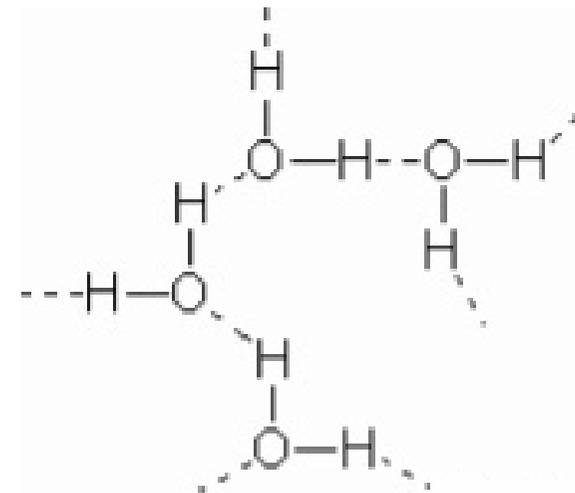
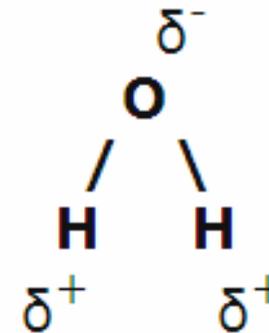
• amebíase; giardíase; gastroenterite; febres tifóide e paratifóide; hepatite infecciosa; cólera.

Doenças de origem hídrica:

• decorrentes de contaminantes tóxicos, em teor inadequado, dando origem a doenças como: fluorose, metemoglobinemia, bócio e saturnismo.

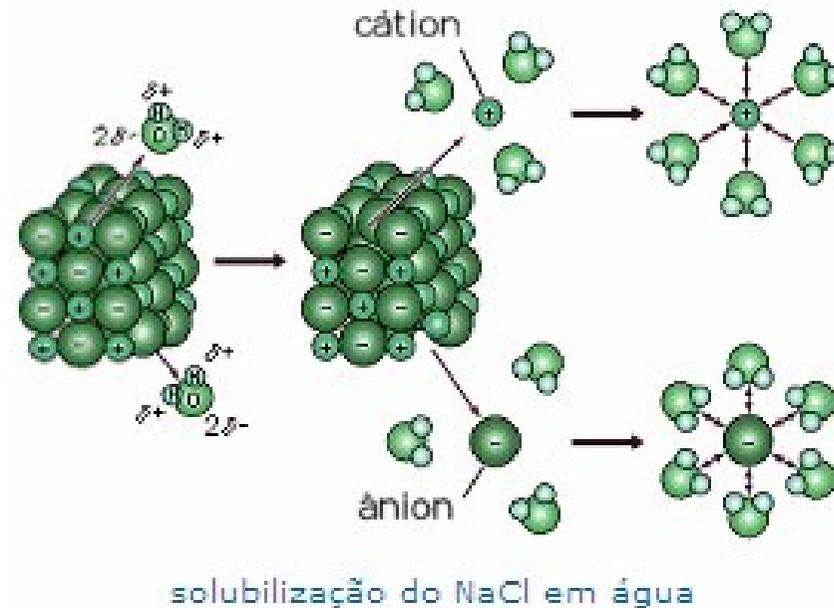
# Propriedades Físico-químicas da água

- Molécula polar
- Pontes de hidrogênio



# Propriedades Físico-químicas da água

- **Solvatação**  
(hidratação de íons)



- **Ionização**



# Procedência da Água

- Poços
  - Rasos
  - Artesianos
- Mananciais de Superfície
  - Rios e Lagos
  - Reservatórios
- Rede Pública (água potável)



# Água de Poço

- Procedimentos
  - Análise Prévia da água
  - Análises de Controle
  - Cloração
  - Sazonalidade

# Água de superfície

- Procedimentos
  - Análise Prévia da Água
  - Análise de Controle
    - Sazonalidade
  - Retirada das Algas por Meio Mecânico
  - Cloração

# Água Potável

**Portaria MS 518/2004** - Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

- Define Padrões Químicos, Microbiológicos e de Turbidez para a água potável.
- Tratamento
  - Controle de Matéria em Suspensão
    - Floculação e Filtração
  - Controle das Algas
    - Veda o uso de algicidas (usar flotação e separação, filtração)
  - Controle Bacteriológico
    - Cloração - cloro residual livre de 0,5 mg/L na água fornecida



# Água no ambiente hospitalar

- ANVISA e a Qualidade da água
  - Água de entrada no EAS – potável
    - Lavanderia – Manual de Processamento de Roupas de Serviços de Saúde (2009)
    - CME – RDC (a ser lançada) - Dispõe sobre o funcionamento de serviços que realizam o processamento de produtos para saúde.
    - Laboratório – Manual de Laboratórios Clínicos - obs. em fase final de elaboração
    - Hemodiálise – RDC 154/04, RDC 08/2001 e a RDC 33/2008.



# Água no ambiente hospitalar

- Manual de Processamento de Roupas de Serviços de Saúde (2009)
  - Cap.7 – Qualidade da Água
    - Apresenta os parâmetros necessários para uso adequado na lavanderia: dureza, ferro, pH, manganês, turbidez, cor, qualidade bacteriológica, alcalinidade, cobre, etc.

# Água no ambiente hospitalar

- CME – a RDC dispõe sobre o funcionamento de serviços que realizam o processamento de produtos para saúde.

## Qualidade da Água

- A água utilizada pelo CME deve atender aos padrões de potabilidade, ... da Portaria/MS nº. 518/2004.
- O CME deve realizar o monitoramento e registro dos padrões de qualidade da água, definidos no *caput* a cada seis meses.
- O CME tipo II deverá, adicionalmente, realizar o monitoramento e registro da qualidade da água, a cada três meses, mensurando a dureza da água, pH, carbono, endotoxina, íons cloreto, cobre, ferro, manganês e a carga microbiana nos pontos de enxágue da área de limpeza.
- A água utilizada no processo de geração do vapor das autoclaves deve atender às especificações do fabricante da autoclave.



# Água no ambiente hospitalar

- RDC - CME

- se aplica ao Centro de Material e Esterilização - CME dos serviços de saúde públicos e privados, civis e militares e às Empresas Processadoras, envolvidos direta ou indiretamente no processamento de produtos para saúde.
- A área de limpeza do CME Classe I deve possuir, ....., ponto de água com filtro, de no mínimo de  $5\mu$  para enxágue dos demais produtos para saúde;
- A área de limpeza do CME Classe II deve possuir, ....., ponto de água com filtro, de no mínimo de  $2\mu$  para enxágue dos demais produtos para saúde;
- A sala de desinfecção química deve conter, ..., ponto de água com filtro, de no mínimo de  $5\mu$  para enxágue dos produtos para saúde;

# Água no ambiente hospitalar

- Manual de Laboratórios Clínicos
  - Cap. Padrões de Qualidade de Água para Laboratório
    - Contaminantes Presentes mais Frequentes
    - Processos de Purificação
    - Comparação de Processos Utilizados em Purificação de Água
    - Métodos de Preparação de Água Grau Reagente Tipo I
    - Preparação de Água Grau Reagente Tipos II e III
    - Parâmetros que devem ser monitorados periodicamente na Água Grau Reagente
    - Estocagem de Água Grau Reagente
    - Coleta, Manuseio, Preservação e Estocagem de Amostras de Água
    - Principais Fatores a Serem Considerados na Especificação e Projeto de Sistemas para Purificação de Água

# Água no ambiente hospitalar

- Manual de Laboratórios Clínicos
  - **ÁGUA TIPO I:** a água com a melhor qualidade, a ser usada nos métodos: absorção atômica, espectrometria de emissão de chama, traços de metais, procedimentos enzimáticos sensíveis a traços de metais, eletroforese, cromatografia líquida de alta resolução, fluorometria; preparação de soluções-padrão e de soluções tampão; processos onde a presença de micro-organismos deve ser mínima.
  - **A água tipo I deve ser usada no momento em que é produzida; não deve ser estocada,** pois sua resistividade diminui, pode haver lixiviação de metais e/ou compostos orgânicos do frasco de estocagem e ocorre desenvolvimento / contaminação bacteriana.

# Água no ambiente hospitalar

- Manual de Laboratórios Clínicos
  - **ÁGUA TIPO II:** métodos analíticos e processos onde é tolerada a presença de bactérias: reagentes em geral, sistemas de microbiologia e métodos / processos aos quais não é necessário o uso da água Tipo I e da água para aplicações especiais.
  - **ÁGUA TIPO III:** para lavagem de vidraria em geral, produção de água de maior grau de pureza e preparação de culturas bacteriológicas.
  - **ÁGUA PARA APLICAÇÕES ESPECIAIS:** utilizada em procedimentos que requerem a remoção de contaminantes específicos - remoção de pirogênicos para cultura de tecidos e células e remoção de traços de orgânicos para cromatografia líquida de alta resolução.



# Hemodiálise

- A água é a principal matéria-prima do tratamento de diálise para os pacientes com Insuficiência Renal Crônica (IRC).
- 1ª diálise bem sucedida foi realizada em 1945, por Wilhem Kolf, na Holanda. O paciente sobreviveu por mais de 6 anos.
- Brasil - em 1949, com Dr. Tito Ribeiro de Almeida, do HC-USP.
- Segundo censo (2008) da SBN - 87044 pacientes com IRC em diálise (BR).
- Estima-se no mundo mais de 1.200.000 de pacientes submetidos à diálise.

# Hemodiálise

- Até a década de 70, acreditava-se que a água potável também servisse para a hemodiálise.
- Com o aumento do número de pacientes em tratamento dialítico e de sua sobrevivência, acumularam-se evidências que permitiram correlacionar os contaminantes da água com efeitos adversos do tratamento dialítico.

# Água para Hemodiálise

Um dos primeiros eventos mórbidos relacionados à qualidade da água foi a chamada síndrome da água dura, que se caracterizava pelo aparecimento, durante as sessões de diálise, de náuseas, vômitos, letargia, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial.

# Água para Hemodiálise

Maryland (1980) acidente por excesso de flúor na água (fluoração da água para prevenção da cárie dentária) que provocou complicações graves em 8 pacientes, e óbito em um deles.

Filadélfia (1988), foram descritos 44 casos de hemólise devido à presença de cloro na água destinada à diálise.



# HEMÓLISE INDUZIDA POR CLORAMINA

Ano	Lugar	Nº Óbitos	Causas
1970	Minneapolis	?	Sistema de Tratamento de Água
1974	Madrid	?	?
1981	Sydney	13	Sistema de Abastecimento Municipal
1984	Los Angeles	25	Sistema de Tratamento de Água
1984	San Diego	10	Sistema de Tratamento de Água
1987	Philadelphia	41	Sistema de Tratamento de Água
1989	Seoul	24	Sistema de Abastecimento Municipal
1996	Ramat-Gan	?	Sistema de Tratamento de Água
1996	London	0	Sistema de Abastecimento Municipal
1998	Durham	1	?

Fonte: Dr. Richard A.Ward, ASN; Annual Scientific Meeting, Out/2000



# TOXICIDADE PELO FLÚOR

<b>Ano</b>	<b>Lugar</b>	<b>Contaminação / Nº Óbitos</b>	<b>Causas</b>
<b>1974</b>	<b>Rochester</b>	<b>1 (0)</b>	<b>Saturação do Deionizador (Defeito Medidor Condutividade)</b>
<b>1979</b>	<b>Anapolis</b>	<b>8 (1)</b>	<b>Excesso de Flúor na Água (Sem OR ou DI)</b>
<b>1993</b>	<b>Chicago</b>	<b>12 (3)</b>	<b>Saturação do Deionizador</b>

Fonte: Dr. Richard A.Ward, ASN; Annual Scientific Meeting, Out/2000



# TOXICIDADE PELO ALUMÍNIO

Ano	Lugar	Nº Óbitos	Sintomas	Causas
1976-8	Inglaterra	> 7	Neurológicos/Fraturas/ Anemia	Taxas aumentadas na água
1992	Portugal	18	Neurológicos	Aumento da Taxa de Al Sistema de Abastecimento Municipal/Falha na OR
1996	Curaçau	15	Neurológicos	Presença de Cimento nas Tubulações

Fonte: Dr. Richard A.Ward, ASN; Annual Scientific Meeting, Out/2000



# SINTOMAS CLÍNICOS X TRATAMENTO DE ÁGUA INADEQUADO

<b>Sintomas</b>	<b>Possível Contaminação da Água</b>
<b>Anemia</b>	<b>Al, Cloraminas, Cu, Zn</b>
<b>Doença Óssea</b>	<b>Al, F</b>
<b>Hemólise</b>	<b>Cu, Nitratos, Cloraminas</b>
<b>Hipertensão</b>	<b>Ca, Na</b>
<b>Hipotensão</b>	<b>Bactérias, Endotoxinas, Nitrato</b>
<b>Acidose Metabólica</b>	<b>Baixo pH, Sulfatos</b>
<b>Neurológico</b>	<b>Al</b>
<b>Náusea e Vômitos</b>	<b>Bactéria, Ca, Cu, Endotoxina, Baixo pH, Mg, Nitratos, Sulfatos, Zn</b>
<b>Morte</b>	<b>Al, F, Endotoxina, Bactéria, Cloraminas</b>

Fonte: Jim Curtis, CHT; NKF – Clinical Meeting, Abr/2003



# Hemodiálise

**Entre 1980 e 1999 – CDC (EUA) investigou 16 surtos de bacteremias ou Reações pirogênicas e centros de diálise:**

- 8 reúso do dialisador**
- 5 tratamento de água**
- 3 contaminação do fluido de diálise**
- 2 contaminação da máquina**
- 1 relacionada a cateter**



# CASO CARUARU

## Floração de Algas

**Fevereiro de 1996 - crise de hepatite aguda em centro de hemodiálise, Caruaru- PE:**

- 86% dos pacientes sofreram perturbações visuais e outros sintomas
- muitos apresentaram falhas no funcionamento do fígado
- 54 pacientes morreram (em 5 meses), superando em quase três vezes a média de 2,5 mortes mensais registrada pela clínica em 95



# CASO CARUARU

## Floração de Algas

- A evidência biológica e química suporta a hipótese inicial de **morte por efeitos da toxina microcistina na água da diálise.**
- Esta ocorrência se deve à problemas:
  - No manancial
  - No tratamento da água na clínica de diálise.

# EUTROFIZAÇÃO



- *É o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água .*

# EUTROFIZAÇÃO

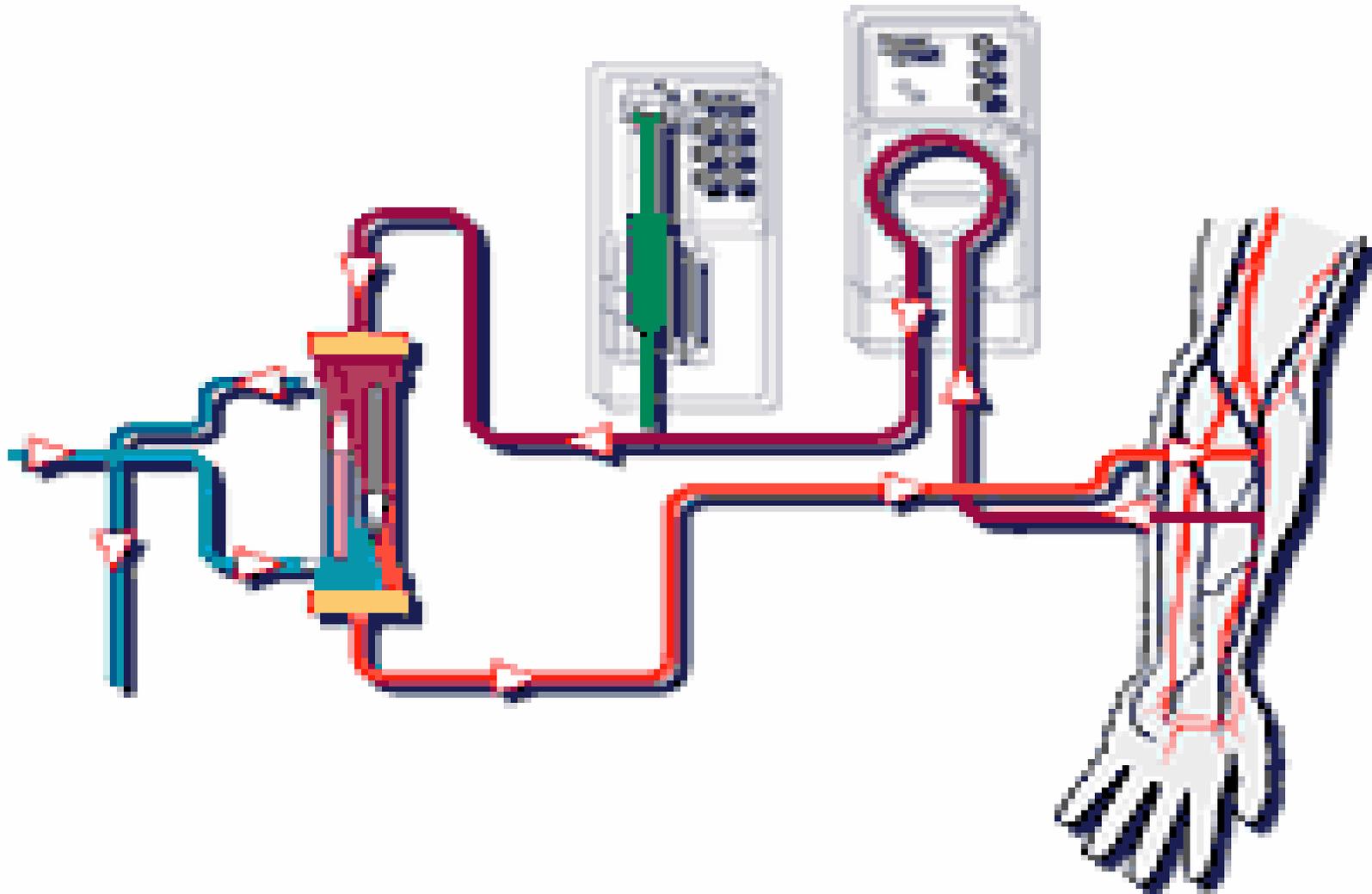
## Consequências

- **Floração de cianobactérias**, prejudicando a qualidade das águas, geração de energia e atividades de lazer.
- **As toxinas presentes na água são provenientes das células destas cianobactérias após sua decomposição ou ruptura da membrana celular.**

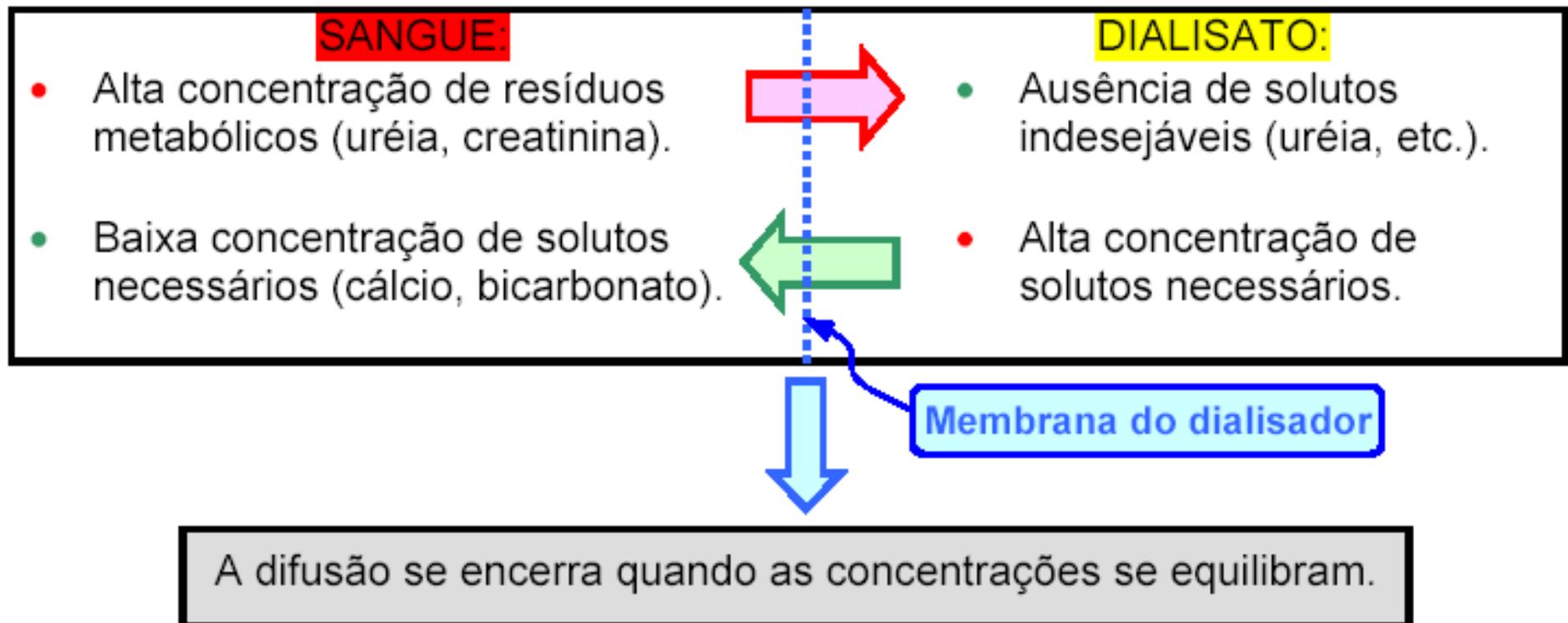
# Água para Hemodiálise

- Pacientes em tratamento por hemodiálise são expostos a 360 L/semana. ( $> 25 \times$  a ingestão normal = 14 L/sem)
- Água não tratada corretamente, expõe o paciente a contaminantes químicos, bacteriológicos (tóxicos), levando ao aparecimento de efeitos adversos, muitas vezes letais.
- Para hemodiálise, a água tratada é utilizada para diluir soluções concentradas contendo íons de sódio, cálcio, potássio, magnésio, glicose, acetato, etc (CPHD), depois de diluídas, compõem a solução dialítica (dialisato ou “fluido de diálise”).

# Hemodiálise



# Hemodiálise



# Água para Hemodiálise

- **Configuração do tratamento**
  - Característica da água potável
  - Confiabilidade do controle de qualidade
  - Sazonalidade
  - Consumo
  - Confiabilidade do abastecimento
  - Custo de operação

# Sistema de Tratamento



# Sistema de Tratamento

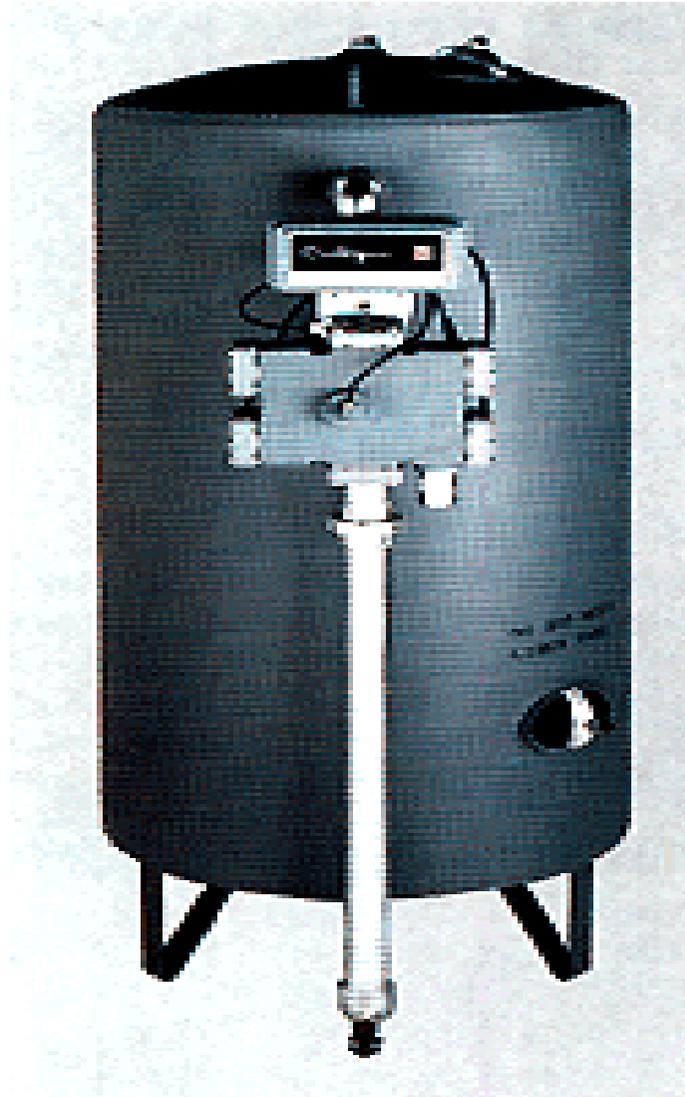
- Componentes possíveis:
  - Filtro de areia
  - Abrandador
  - Filtro de Carvão
  - Filtro KDF
  - Deionizadores
  - Osmose Reversa
  - Ultrafiltro
  - Ozonizador



# Filtro de Areia

- Aplicação
  - retirada de partículas em suspensão
- Desempenho
  - granulometria da areia
    - 25 a 100 micra
- Risco
  - Colonização e crescimento de algas

# Filtro de Areia



# Filtro de Areia

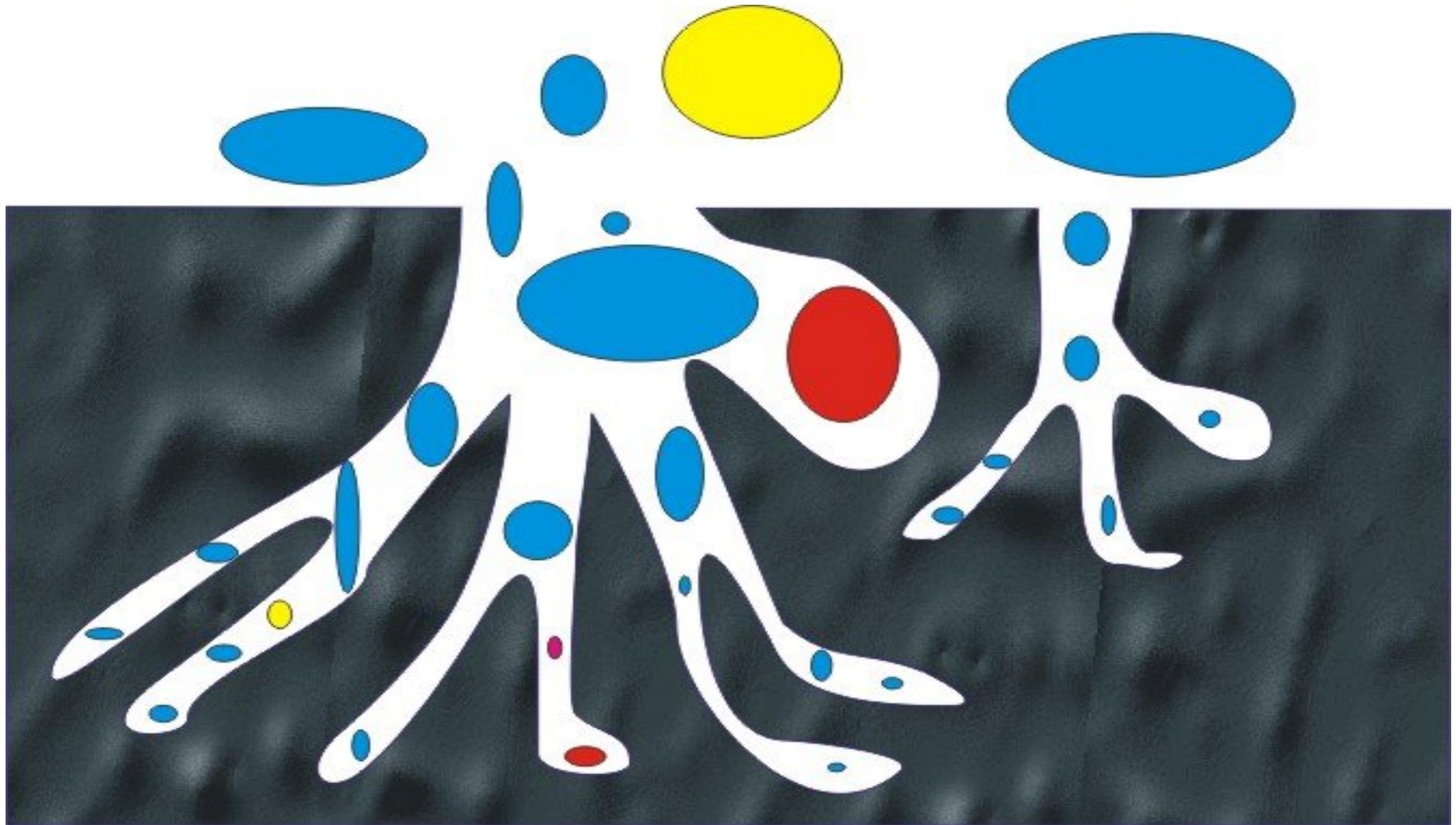
- Controle
  - Perda de carga
- Manutenção
  - Retrolavagem



# Filtro de Carvão

- Aplicação
  - Retirada de compostos orgânicos, cloro e cloraminas
- Funcionamento
  - Adsorção (1 L = 450.000 m<sup>2</sup>)
- Desempenho
  - Número de iodo

# Carvão ativado



# Poros do Carvão

- Microporo até 20 Å
  - Poros médios de 20 Å a 500 Å
  - Macroporos acima de 500 Å
- 
- (endotoxinas de 20 a 300 Å)
  - Microcistina ✂ 25 Å

# Adsorção

- Aumenta com:
- ↑↑ temperatura
- ↑↑ tempo de contato
- ↓↓ tamanho da partícula
- ↓↓ solubilidade do adsorbato
- ↓↓ ionização

# Filtro de Carvão



# Filtro de Carvão

- Controle
  - dosagem de cloro no efluente
- Manutenção
  - troca do leito



# Filtro KDF

(Kinetic Degradation Fluxion)



**Zn e Cu**

Remoção de Cl, Fe e metais pesados, por meio de processo eletroquímico. Diminui a reprodução dos micro-organismos.

- Controle
  - dosagem de Cl ou Fe no efluente
- Manutenção
  - retrolavagem

# Trocador de Íon

- Funcionamento
  - resinas (copolímeros) com vários sítios de ligação para cátions ou ânions
  - troca de íons de mesma polaridade com afinidades diferentes
  - regeneração

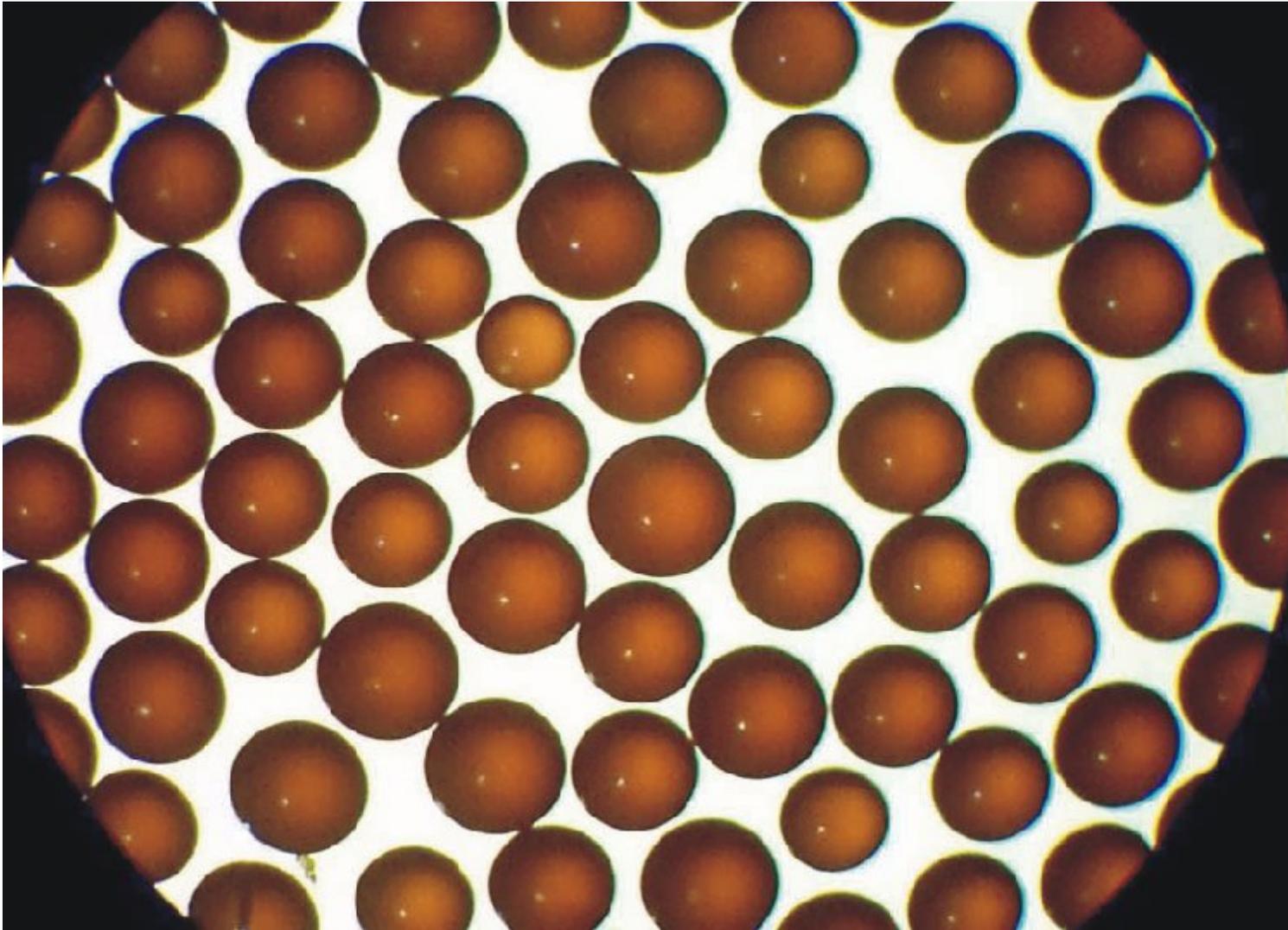
# Abrandador



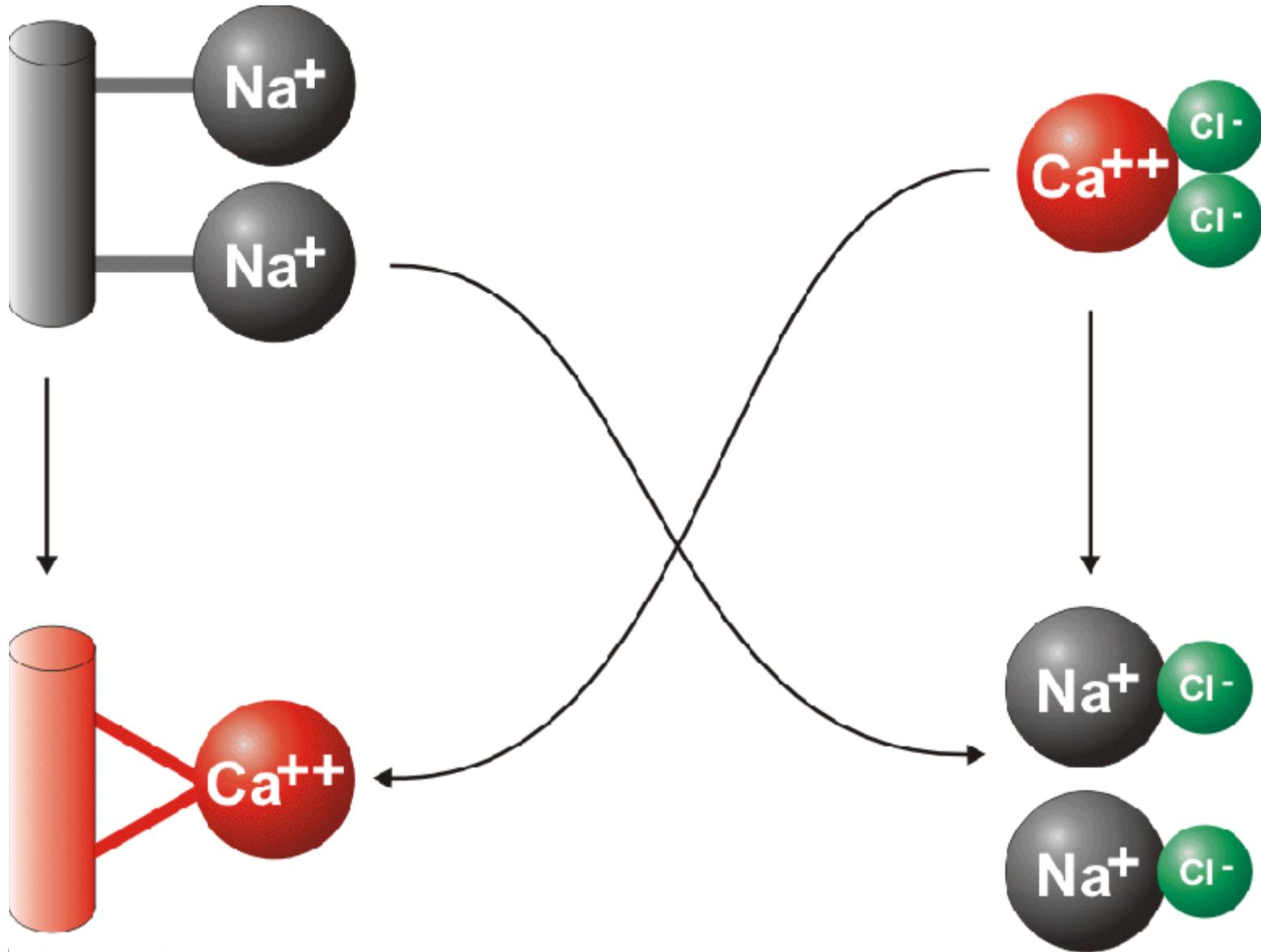
# Ablandador

- Aplicação
  - retirada de cálcio e magnésio
  - proteção da osmose reversa
- Funcionamento
  - troca de íons de cálcio ou magnésio por íons de sódio

# Resina de abrondador



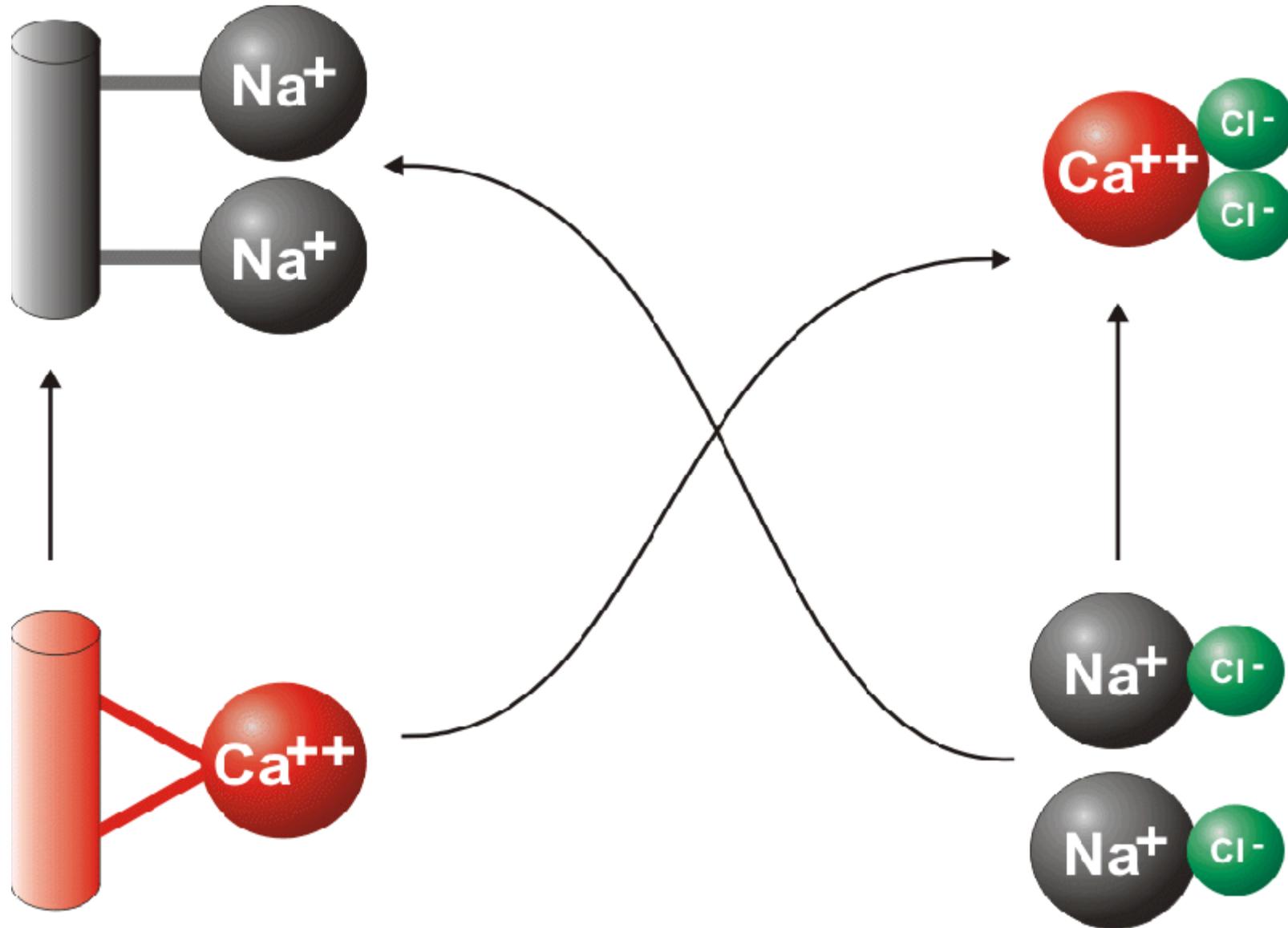
# Abrandador



# Abrandador

- Controle
  - medida da dureza do efluente
- Manutenção
  - regeneração com solução saturada de cloreto de sódio (NaCl)

# Regeneração



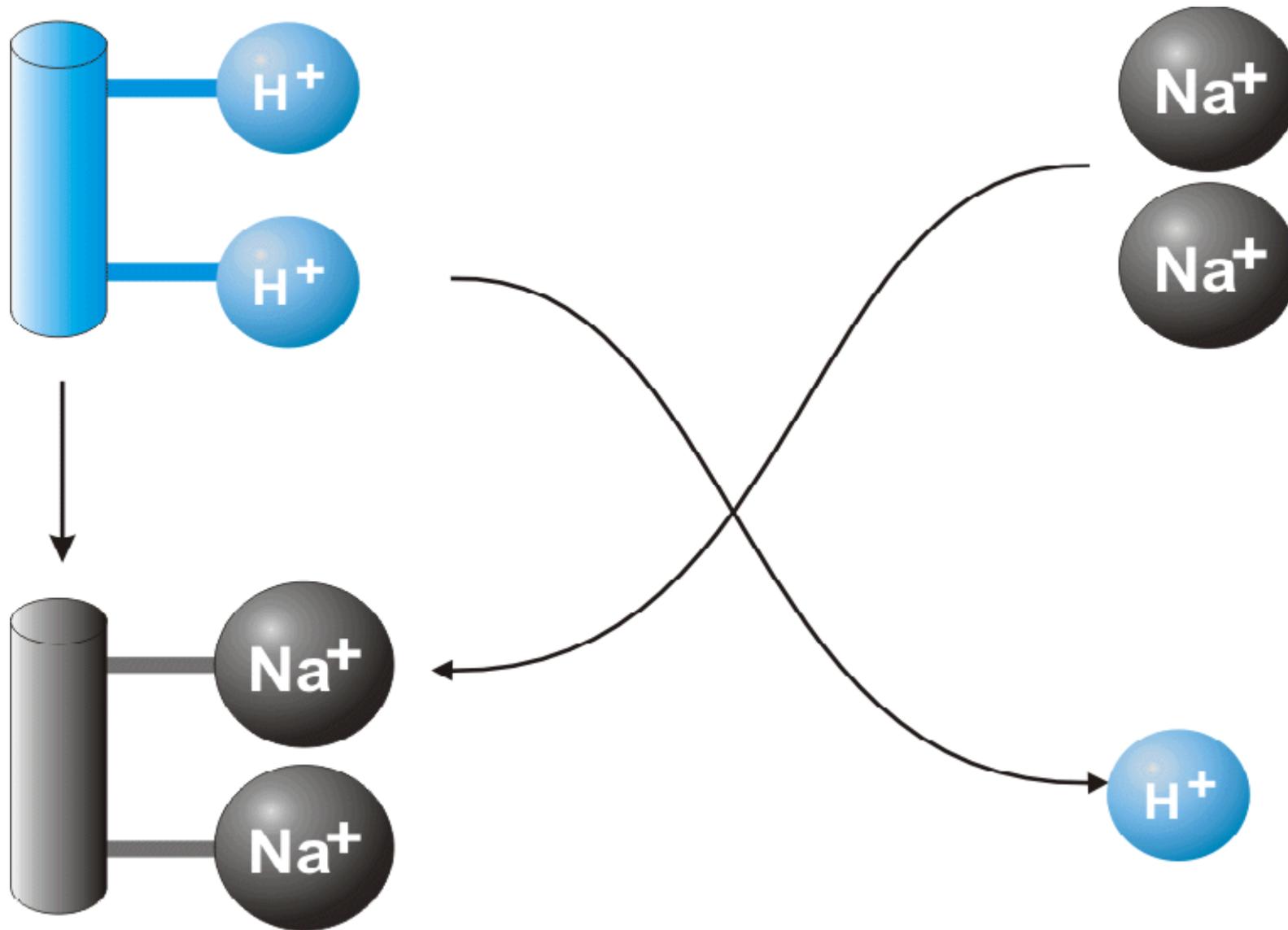
# Abrandador



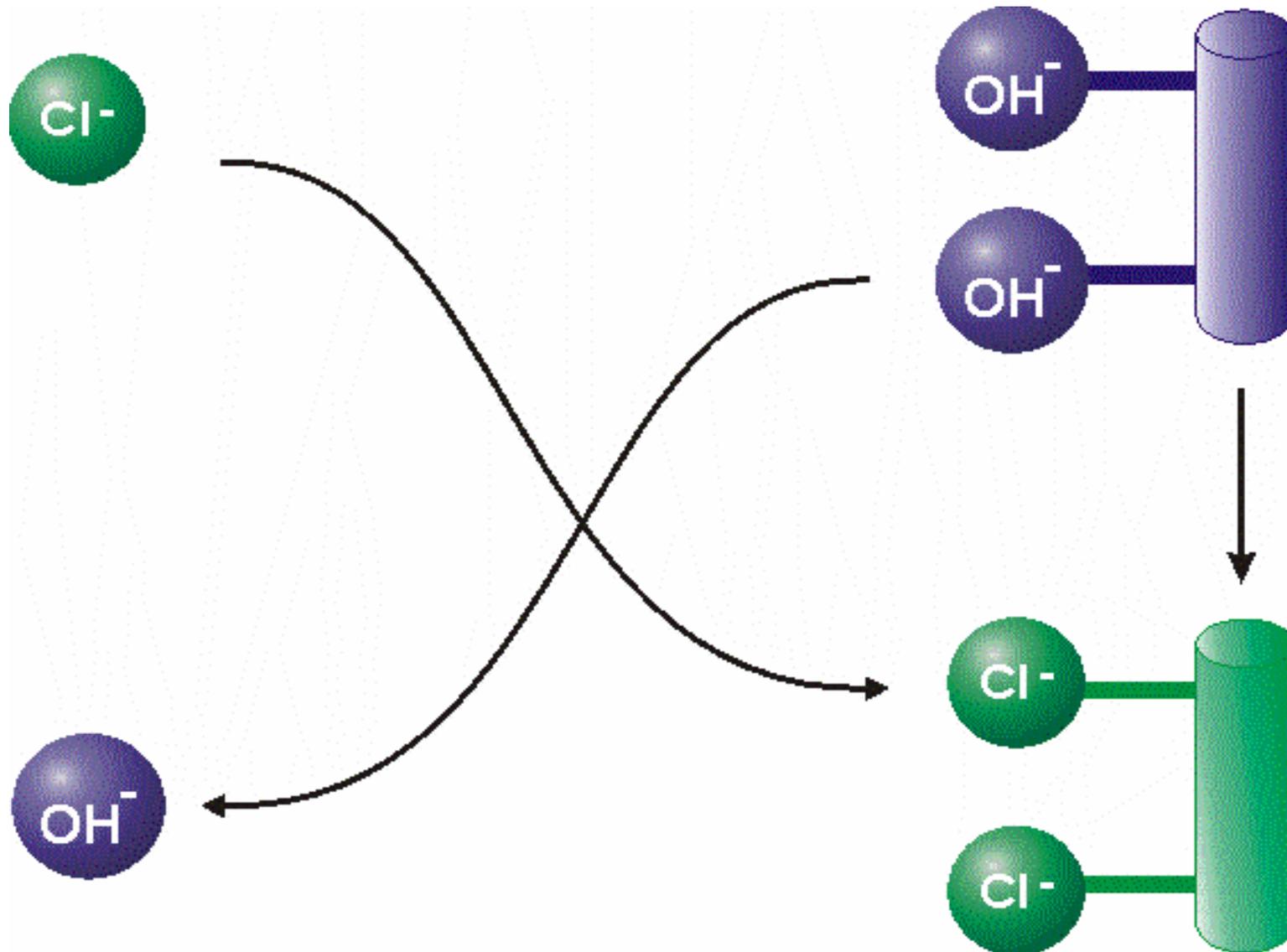
# Deionizador

- Aplicação
  - retirada de:
    - cátions: Na
    - ânions: Cl
- Funcionamento
  - troca de íons positivos por  $H^+$
  - troca de íons negativos por  $OH^-$

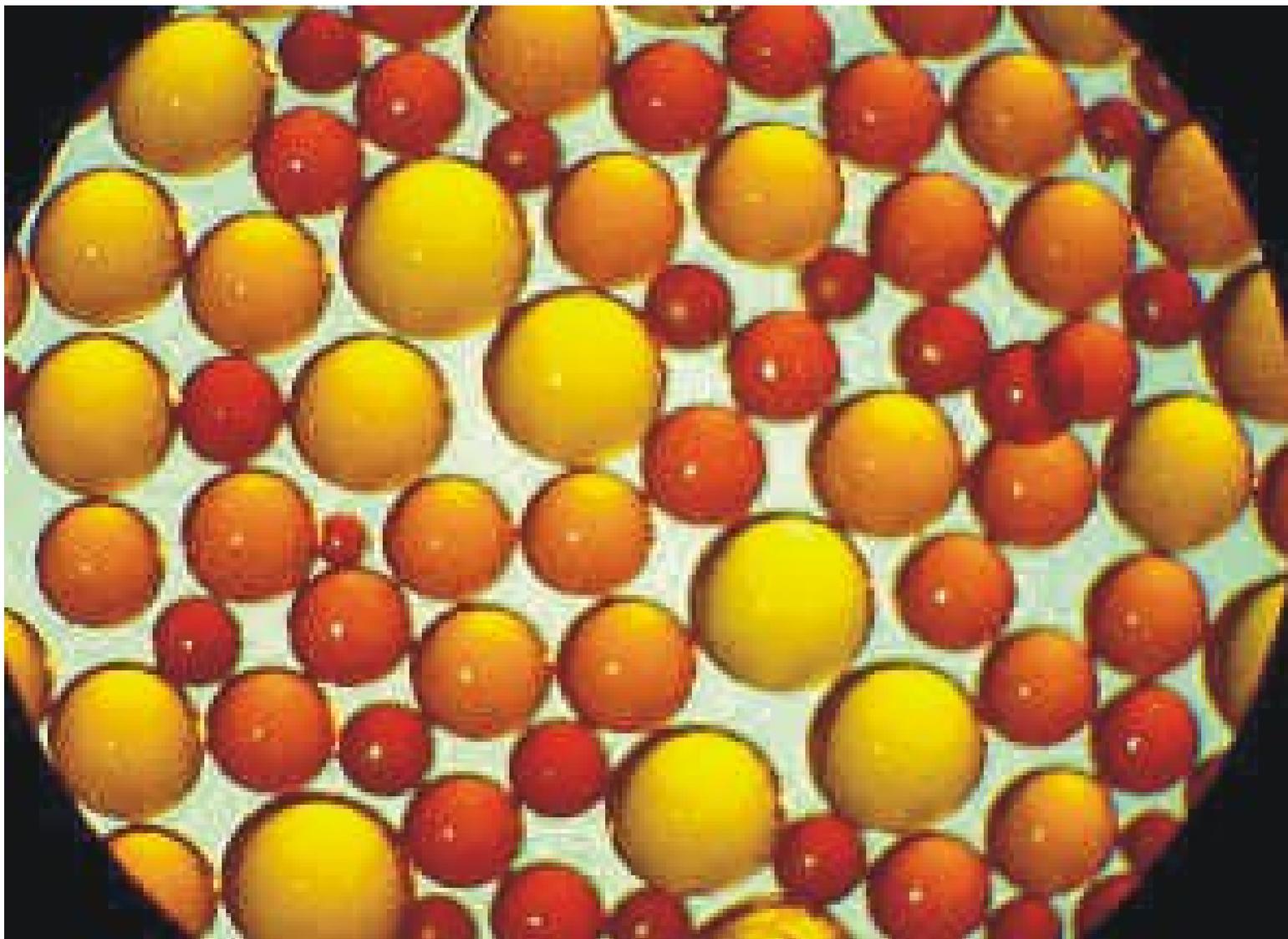
# Coluna Catiônica



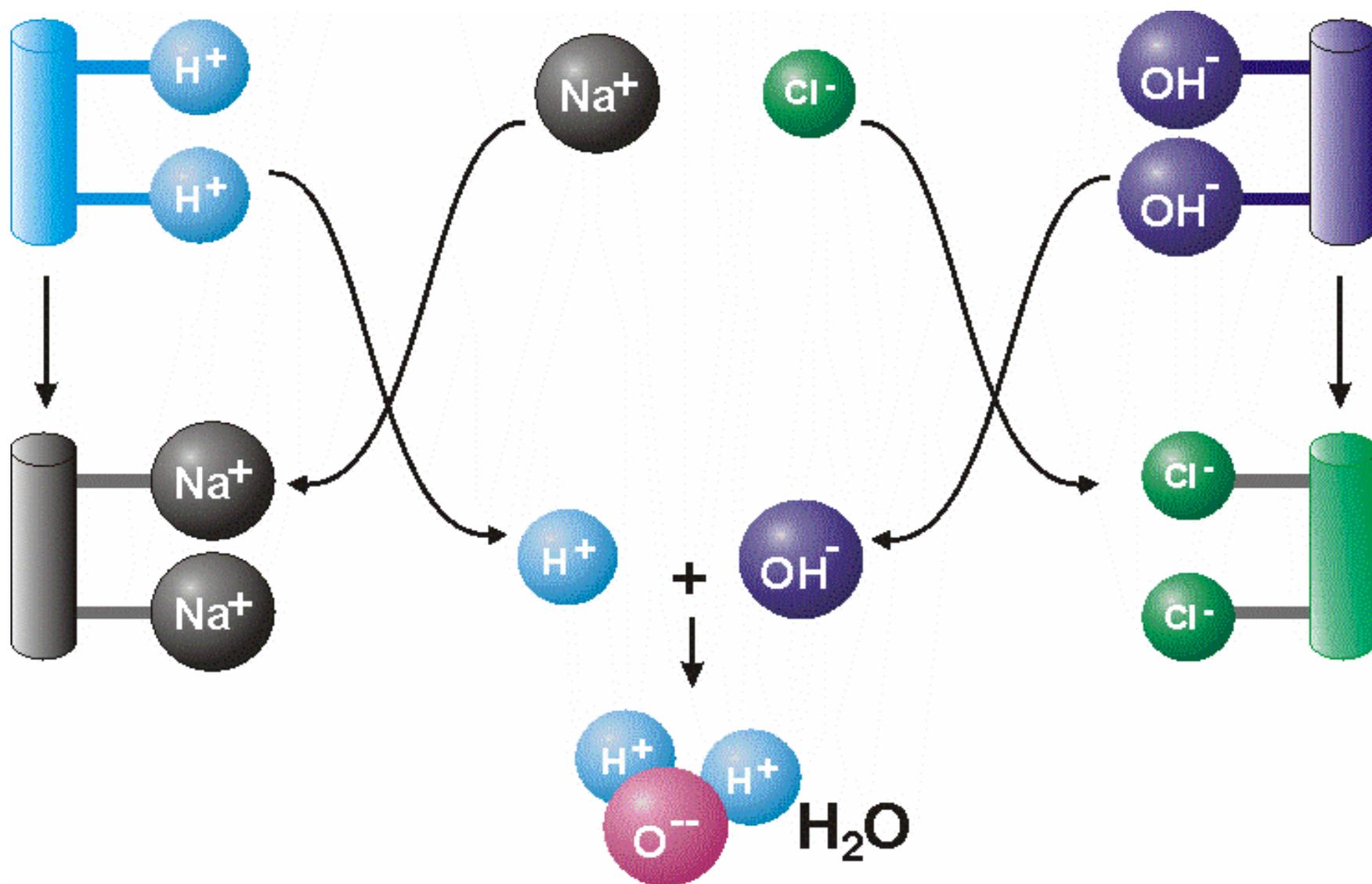
# Coluna Aniônica



# Resina Mista



# Deionizador Misto



# Deionizador

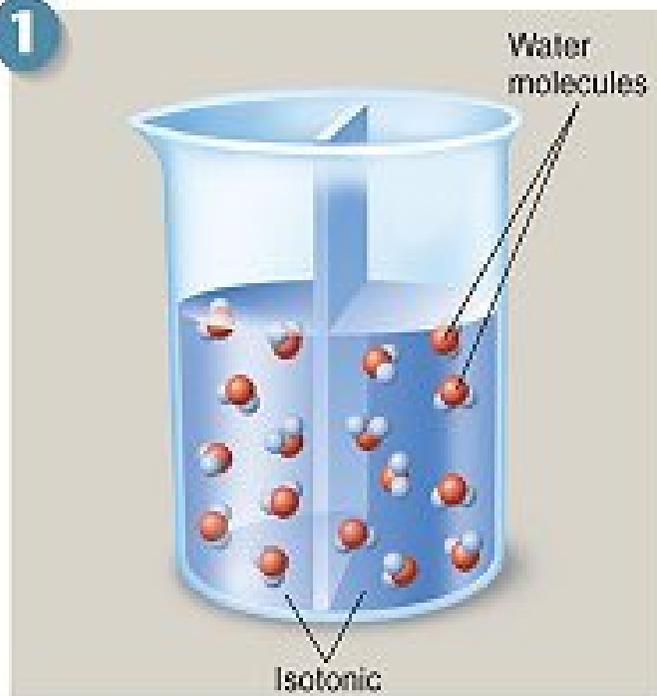


# Deionizador

- Controle
  - Medição da condutividade dos efluentes
  - Medição do pH
- Manutenção
  - Regeneração com ácido clorídrico, sulfúrico ou hidróxido de sódio

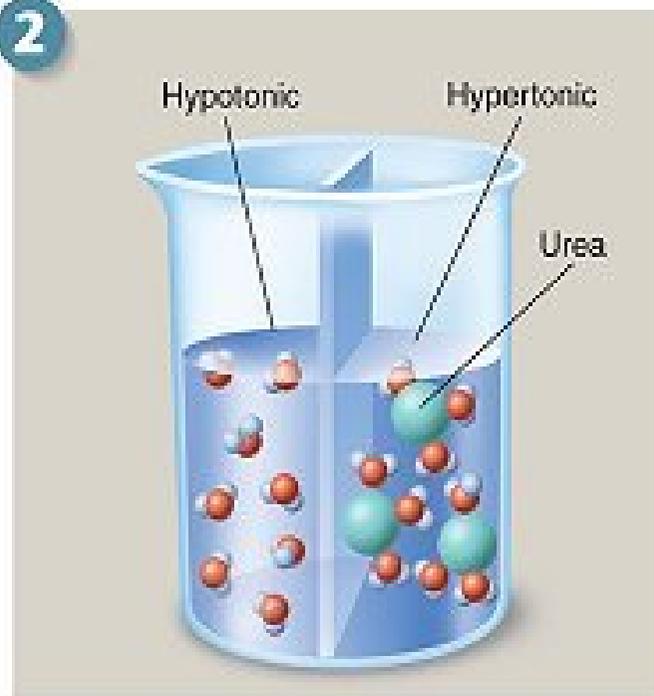
# Osmose

1



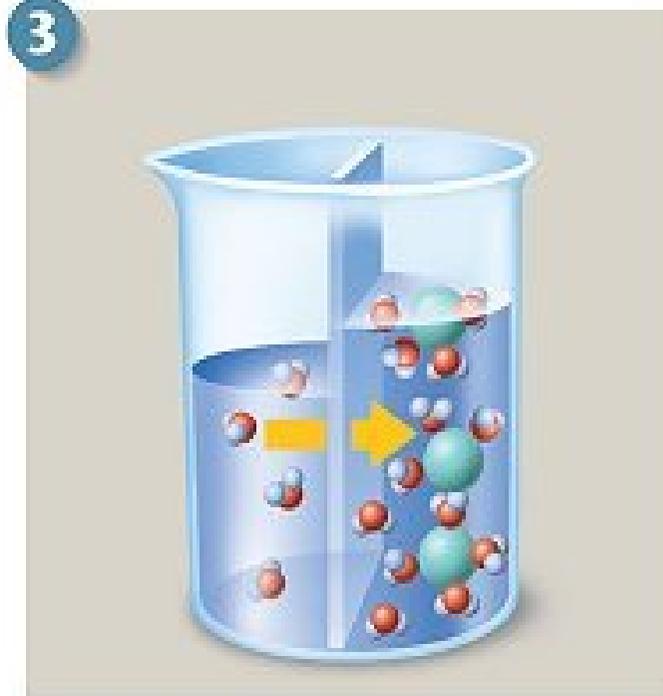
Diffusion causes water molecules to distribute themselves equally on both sides of a semipermeable membrane.

2



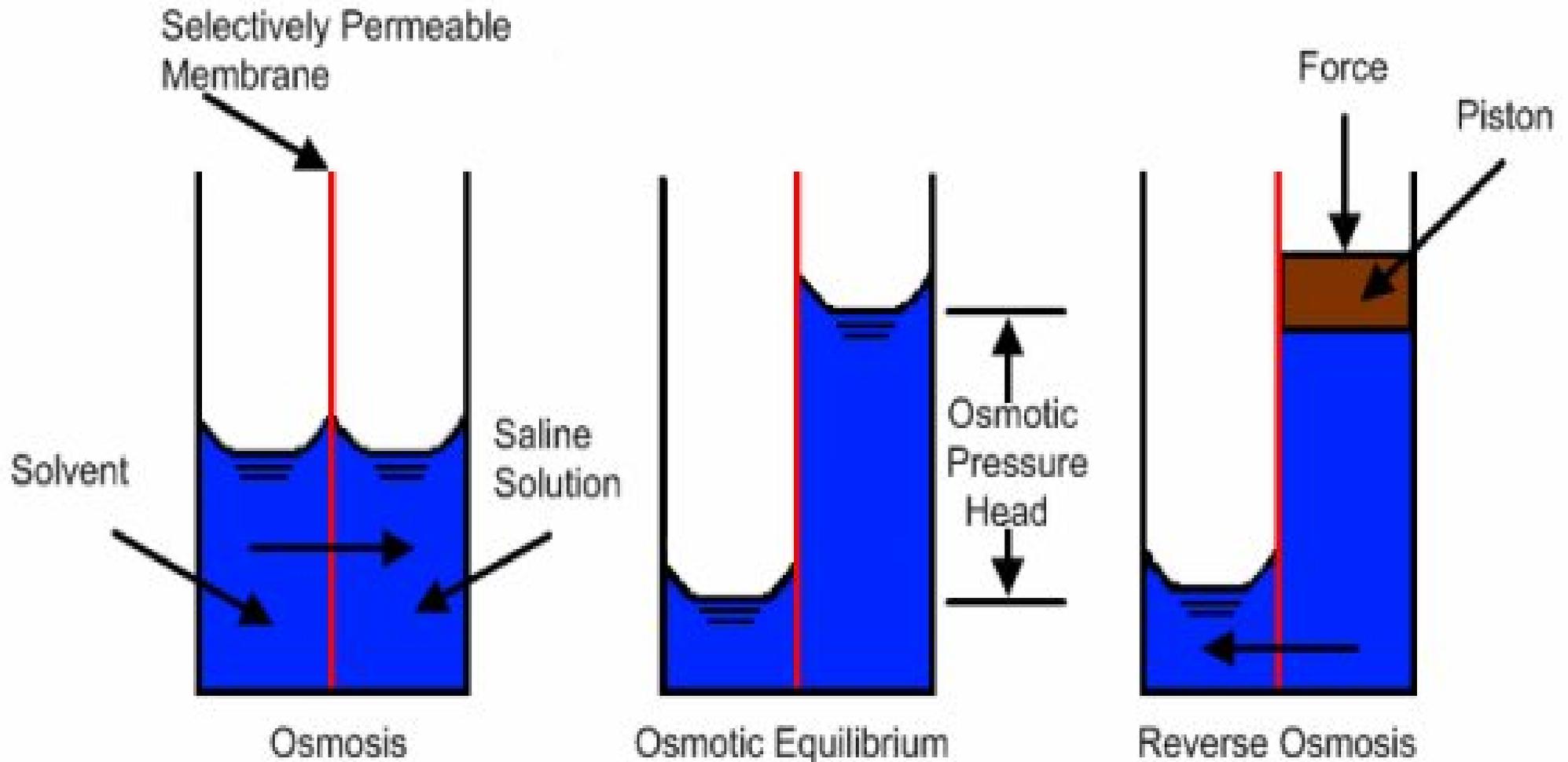
Addition of solute molecules that cannot cross the membrane reduces the number of free water molecules on that side, as they bind to the solute.

3

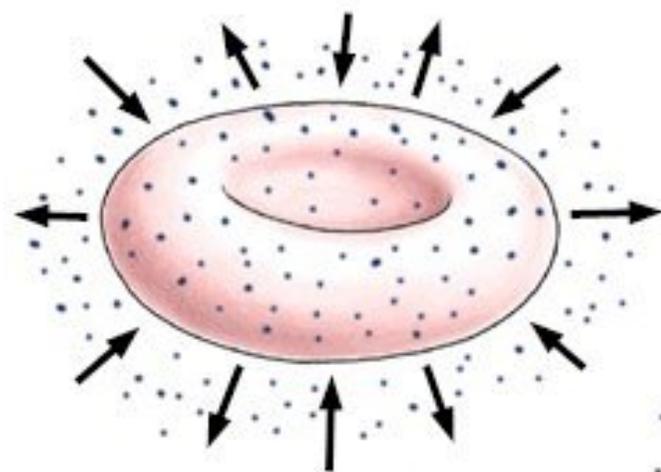


Diffusion then causes free water molecules to move from the side where their concentration is higher to the solute side, where their concentration is lower.

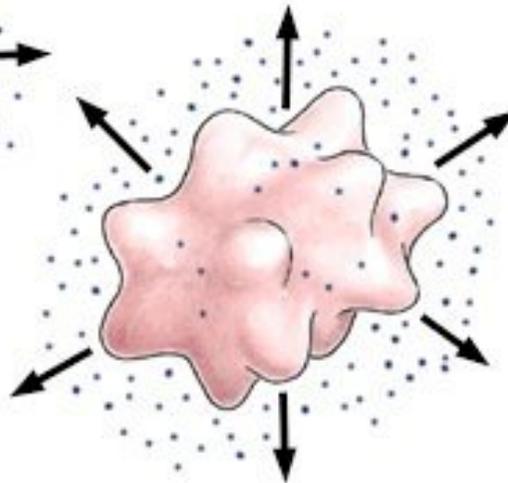
# Osmose Reversa



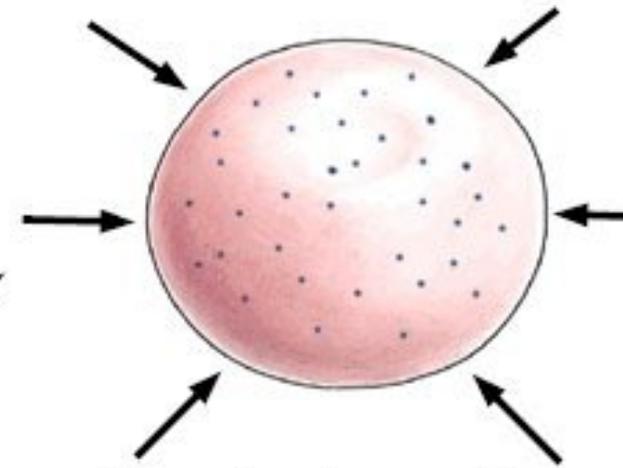
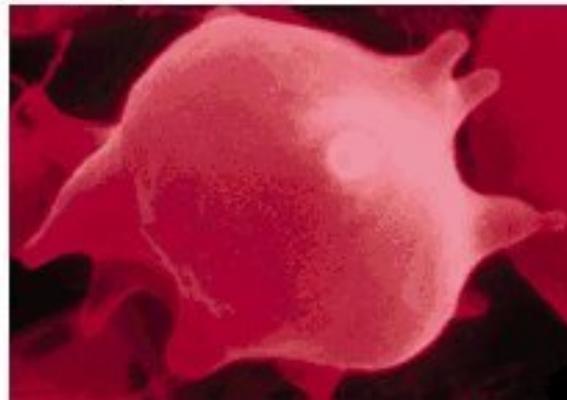
# Efeito Osmótico



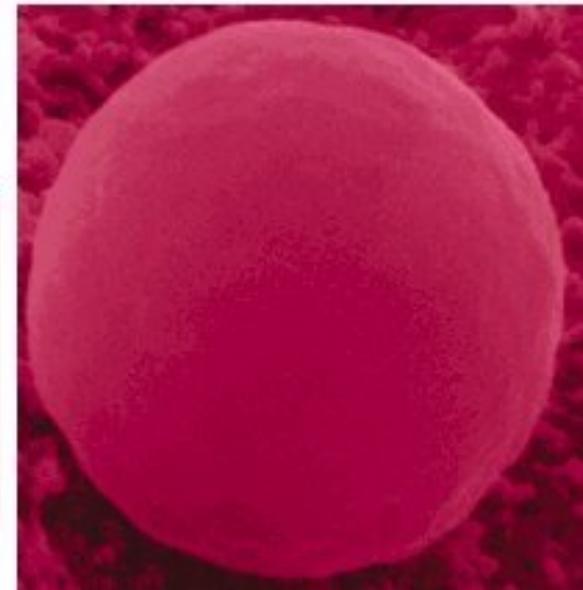
Isotonic medium



Hypertonic medium



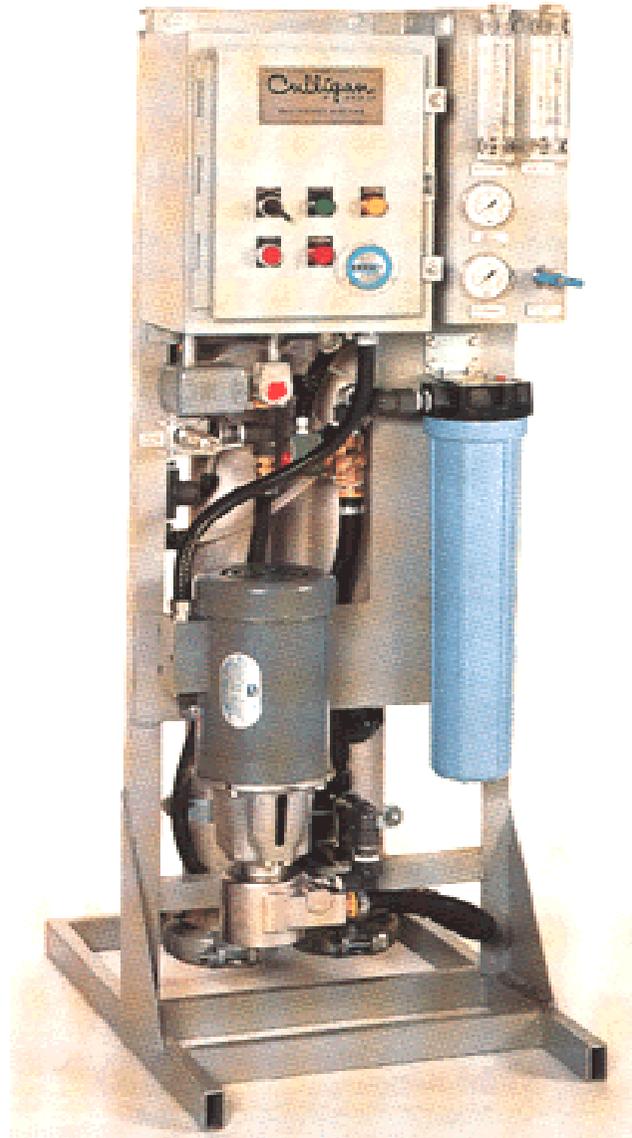
Hypotonic medium



# Osmose Reversa

- Aplicação
  - retirada de moléculas orgânicas maiores, íons e micro-organismos
- Funcionamento
  - pressurização (1,38 a 27,58 Bar)
  - percentagem de rejeito
  - temperatura

# Osmose Reversa



# Osmose Reversa



# Osmose Reversa



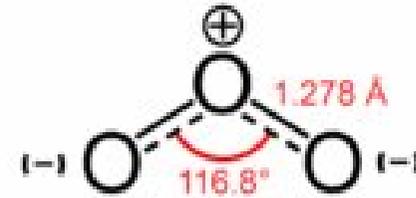
# Osmose Reversa Portátil



# Osmose Reversa

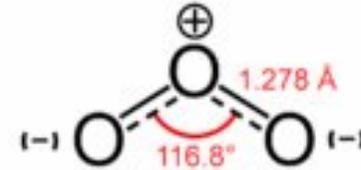
- Desempenho
  - tipo de membrana
- Controle
  - condutividade do efluente
- Manutenção
  - limpeza
  - troca de membrana

# Ozônio - O<sub>3</sub>



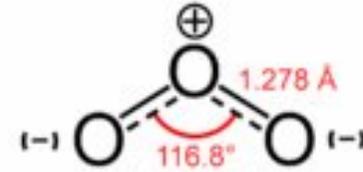
- O ozônio é um gás à temperatura ambiente, instável, altamente reativo e oxidante.
- A camada de ozônio é encontrada na estratosfera, região da atmosfera situada entre 16 e 30 Km de altitude, a camada é tão rarefeita que, se fosse comprimida à pressão atmosférica ao nível do mar, sua espessura não ultrapassaria a três mm.
- A produção de ozônio artificialmente se dá com descargas elétricas de alta tensão através de uma corrente de O<sub>2</sub> ou ar seco.

# Ozônio - O<sub>3</sub>



- É um poderoso bactericida, virucida e inativador de cistos, com capacidade de oxidar (destruir) outras matérias orgânicas, tais como endotoxinas à CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.
- Não deixa residual, seu único subproduto é o gás oxigênio e CO<sub>2</sub>:  
$$(2O_3 \rightarrow 3O_2)$$
- Desinfetante mais efetivo do que cloro, dióxido de cloro e cloraminas.
- Recomenda-se antes do seu uso, observar se os materiais do SDATH são inertes ao O<sub>3</sub>.

# Ozônio - O<sub>3</sub>



- Por ser instável e tendo uma meia-vida muito curta, o Ozônio deve ser gerado no local em que vai ser usado.
- Em água desmineralizada, com condutividade de 1,35μS/cm, a sua meia-vida é de 80 minutos. Já em água monodestilada a meia-vida cai para 20 minutos.

# Ozônio - O<sub>3</sub>

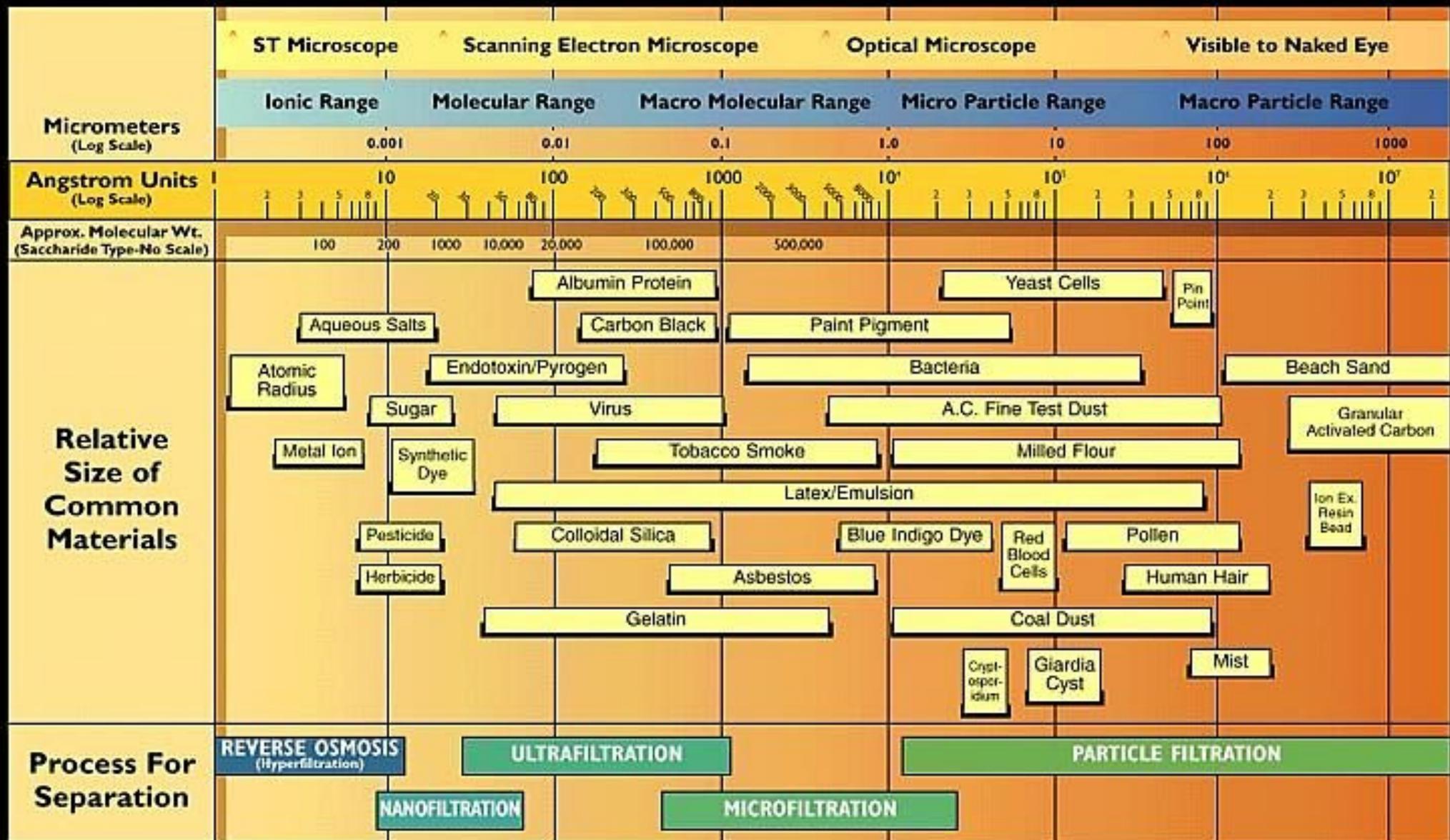


Water cooled Ozone Generators (air or oxygen fed)



# 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



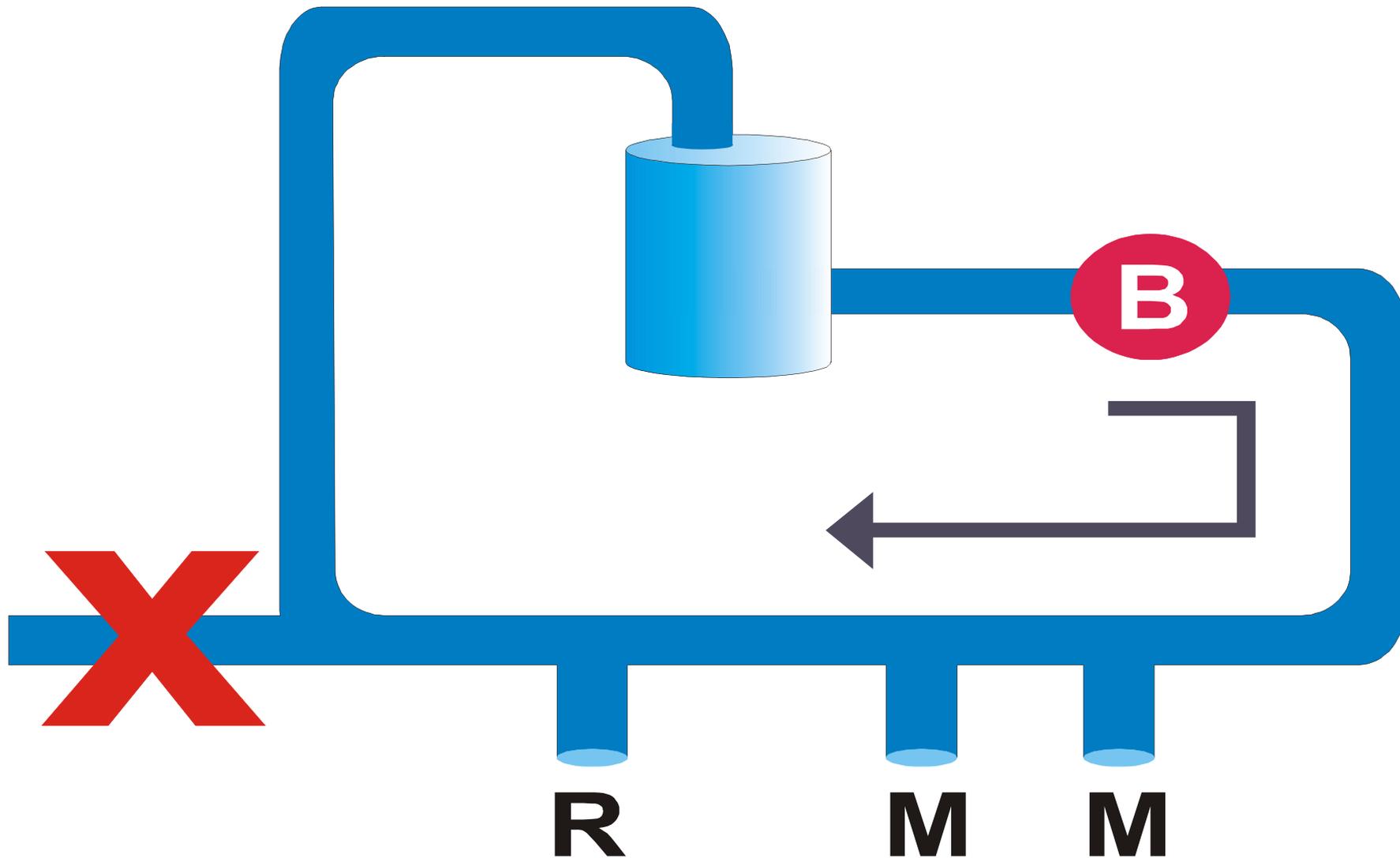
Agência Nacional  
de Vigilância Sanitária

[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)

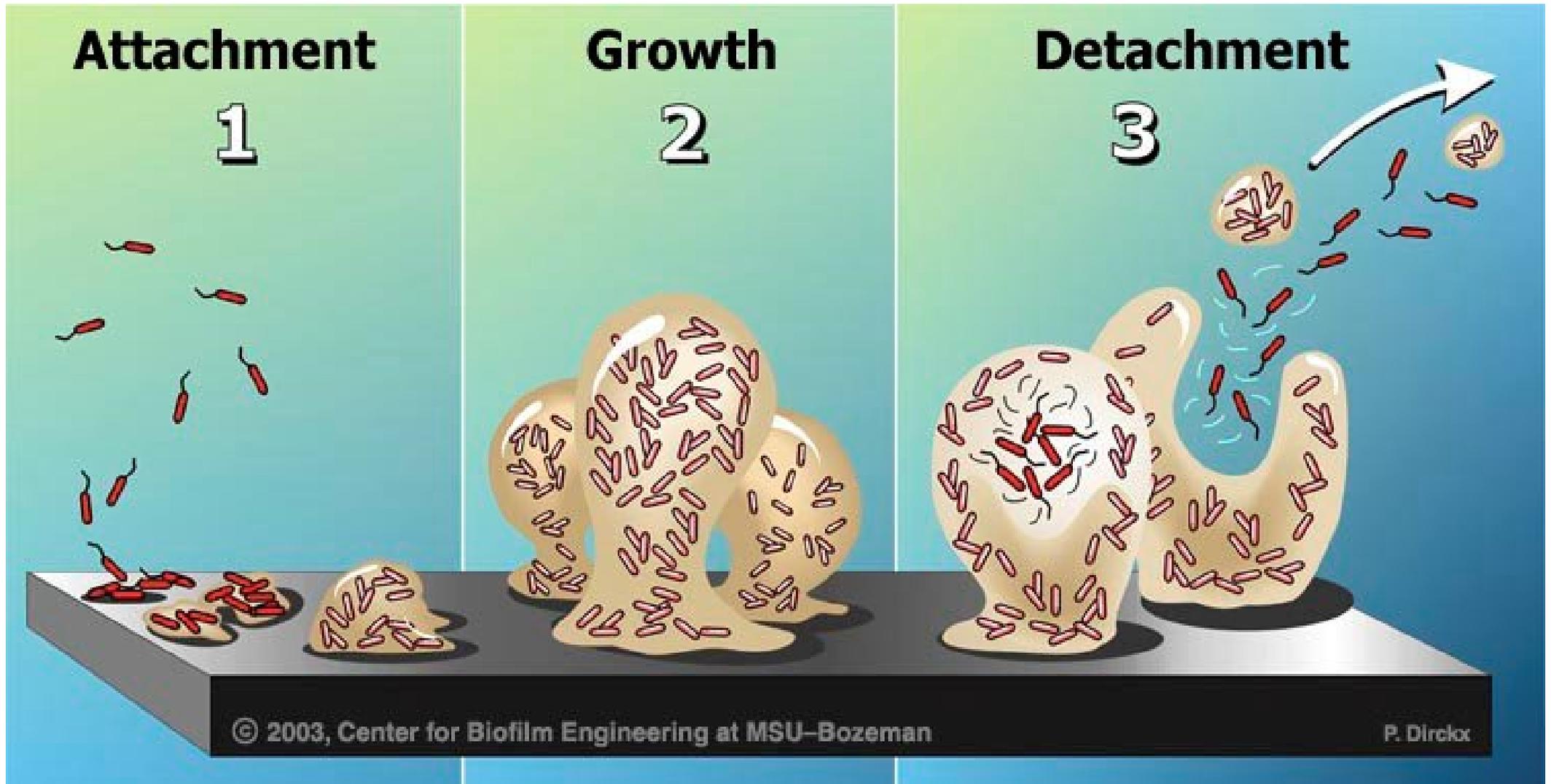
# Sistema de Distribuição

- Características
  - Circuito fechado
  - Ausência de segmento cego
  - Velocidade de circulação:
    - Fluxo turbulento e não laminar
  - Reservatório
  - Materiais inertes e opacos

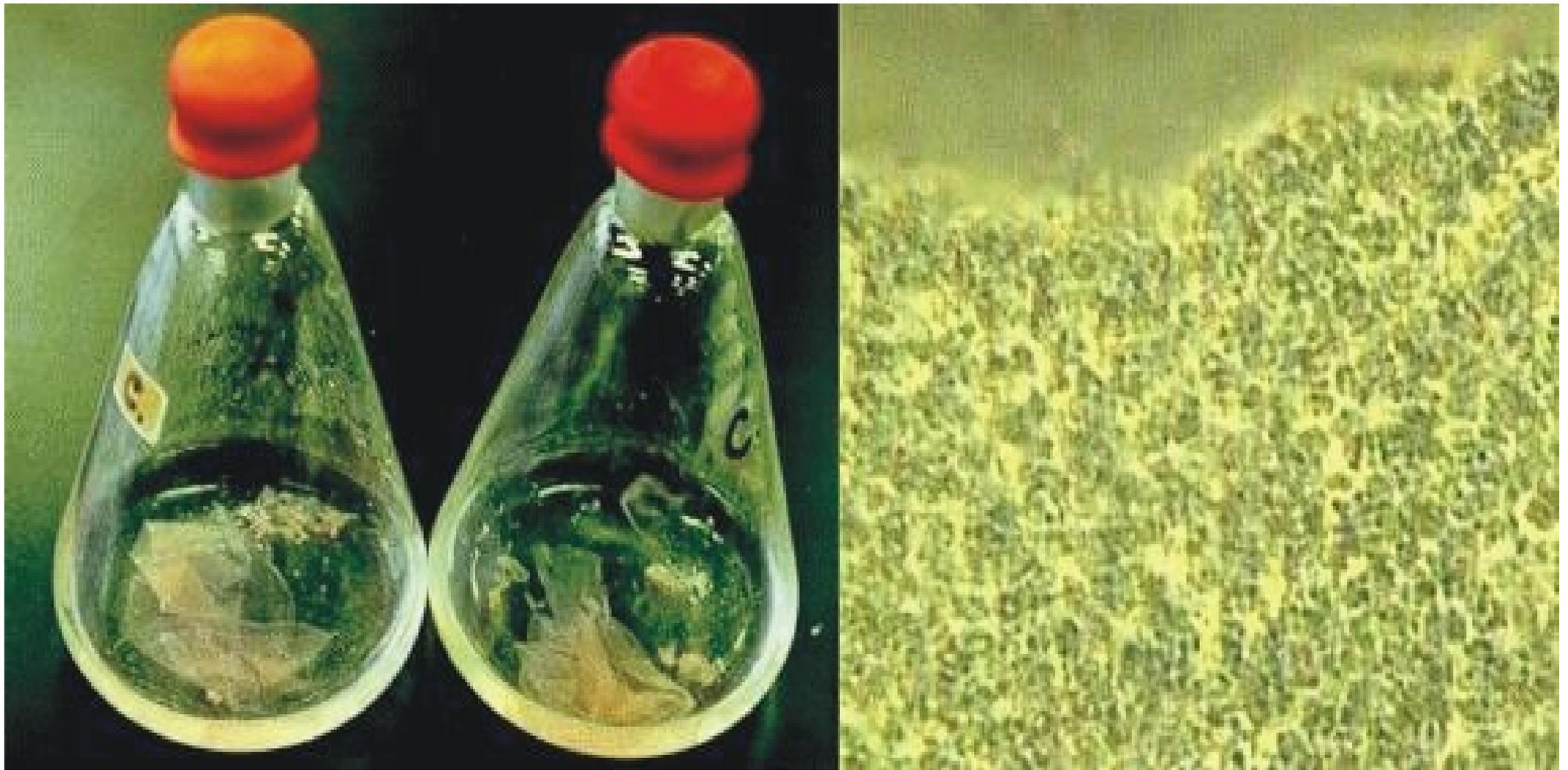
# Sistema de Distribuição



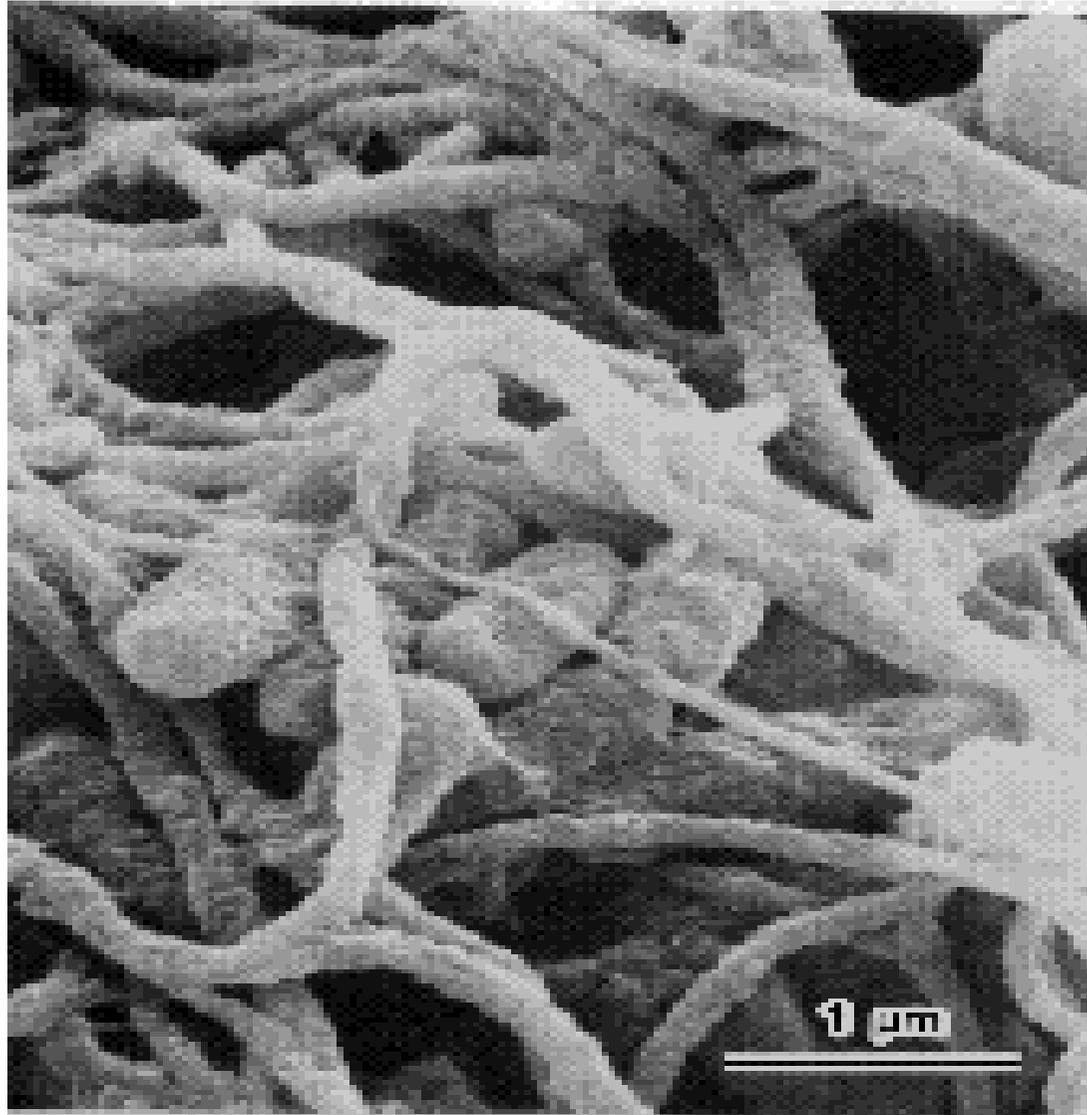
# Biofilme



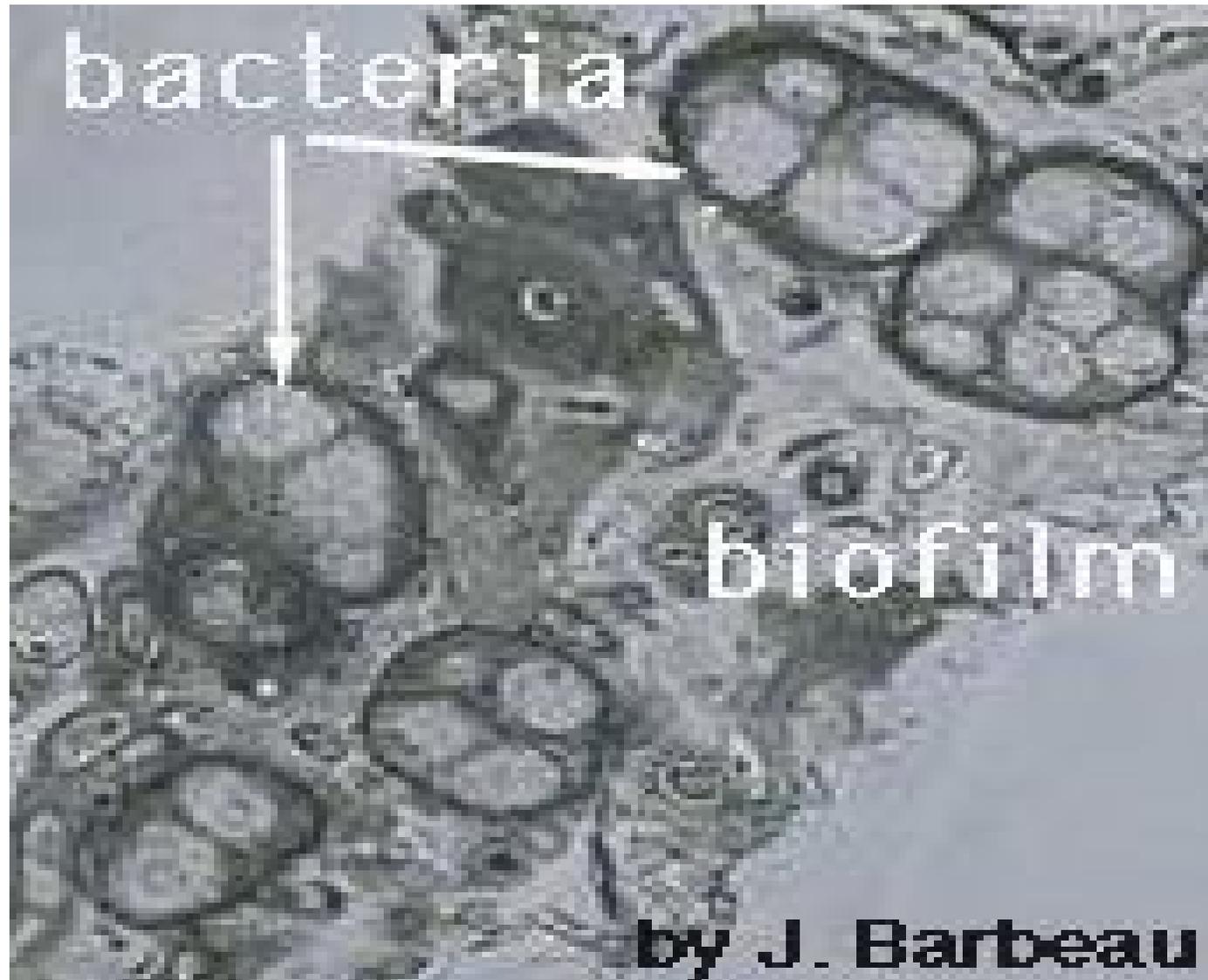
# Biofilme



# Biofilme



# Biofilme



# Controle da Qualidade

- Programa de CQ, deve exercer vigilância contínua sobre o nível de qualidade nos procedimentos dialíticos, produzindo índices médico-epidemiológicos, tais como, incidentes durante o procedimento, morbidade e mortalidade.



# Controle da Qualidade

- Os indicadores a serem monitorizados podem ser as variáveis clínicas controladas, tais como: dados demográficos e nutricionais, perfil bioquímico,  $KT/V$  (índice de adequação do processo dialítico), parâmetros de morbidade (complicações do acesso vascular, cardiovasculares, infecciosas e hospitalizações), acidentes interdialíticos e taxa de mortalidade dos pacientes.
- Além dessas, outras variáveis cotejadas são: reprocessamento de capilares, qualidade de materiais e produtos de consumo e tratamento da água.

# Identificando Contaminação

- Investigação
  - Dados iniciais
  - Controle
    - registro
      - alterações organolépticas
      - análises da água tratada
      - manifestações pirogênicas
      - outros sintomas contemporâneos
      - correlação entre locais e ocorrências

# Identificando Contaminação

- Coleta de novos dados
  - esquema do tratamento da água
  - indicação dos pontos de amostragem
  - técnica de coleta das amostras
  - técnica de conservação e transporte
  - Exame no campo de dados voláteis

# Identificando Contaminação

- Tabulação dos dados coletados
  - Tipo de ocorrência
  - datas
  - locais
- Interpretação dos dados e informações
- Preenchimento de relatório padrão
- Discussão interna no Serviço, buscando soluções para os problemas

# Aqua torbido non lava



Agência Nacional  
de Vigilância Sanitária

[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)