

## Microbiologia da água

Prof. Uelinton Pinto

Depto de Alimentos e Nutrição Experimental/FCF/USP

e-mail: uelintonpinto@usp.br

## Onde está a água



**97,5% da água**  
disponível na Terra é  
salgada e está em oceanos  
e mares



**2,493% é doce**  
mas se encontra em  
geleiras ou regiões  
subterrâneas (aqüíferos),  
de difícil acesso

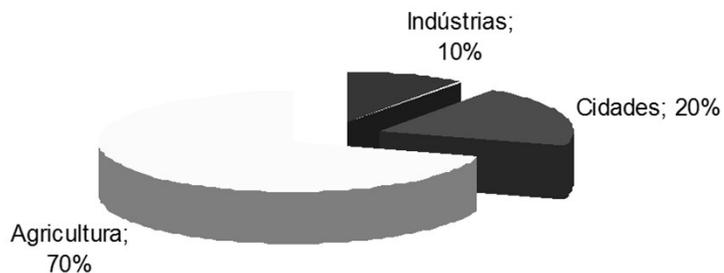


**0,007% é doce**  
encontrada em rios,  
lagos e na atmosfera,  
de fácil acesso para o  
consumo humano

- O Brasil detém 11,6% da água superficial do mundo.
- Região Amazônica - 70% da água disponível.
- Os restantes 30,0% → distribuídos desigualmente para atender 93% da população.

## Onde a água é utilizada

Consumo de água por setor no Brasil



## Situação no mundo

- 1 bilhão de pessoas não recebem água tratada
- 4 bilhões de casos de diarreia/ano
  - 88% causados por água de baixa qualidade ou condições higiênico - sanitárias inadequadas
- 1,8 mi morrem/ ano por doenças diarreicas
  - >ria crianças < 5 anos

Fonte: WHO, 2007; Cantúcio, 2005

## E no Brasil?

- 8,5 milhões de pessoas não dispõem de água tratada
- 40 milhões carecem de rede de esgotos
- Grandes cidades (Campinas)
  - 10-15% dos esgotos são tratados
- Dados da Fundação Nacional de Saúde (2001)
  - Doenças de transmissão hídrica responsáveis por 3,4 milhões de internações e 80% das consultas pediátricas na rede pública

Fonte: Cantúcio, 2005

## Inúmeros agentes causadores de doenças veiculados por água

**Bactérias patogênicas**

**Bolores e leveduras**

**Vírus entéricos**

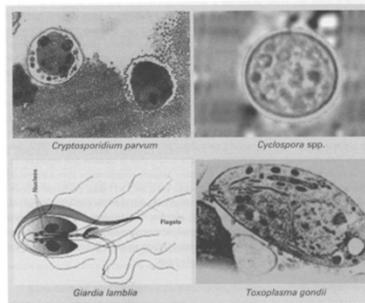
**Parasitas intestinais**

**Toxinas de cianobactérias**

**neurotoxinas, haptotoxinas**

**endotoxinas pirogênicas**

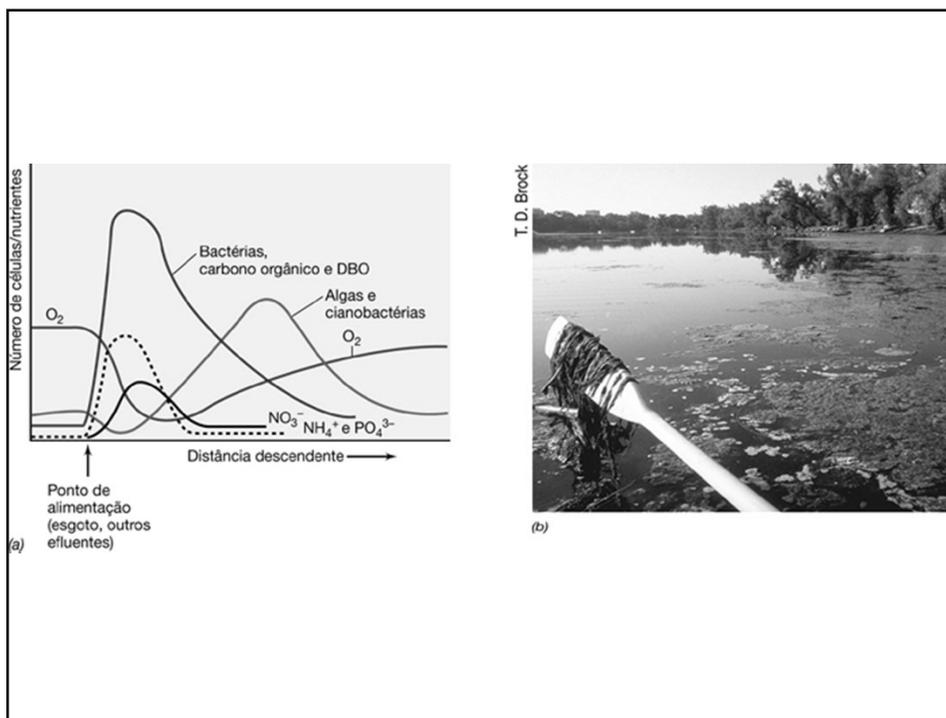
**Contaminantes químicos (fungicidas, pesticidas, metais pesados)**



Ilustrações de células vegetativas de protozoários.

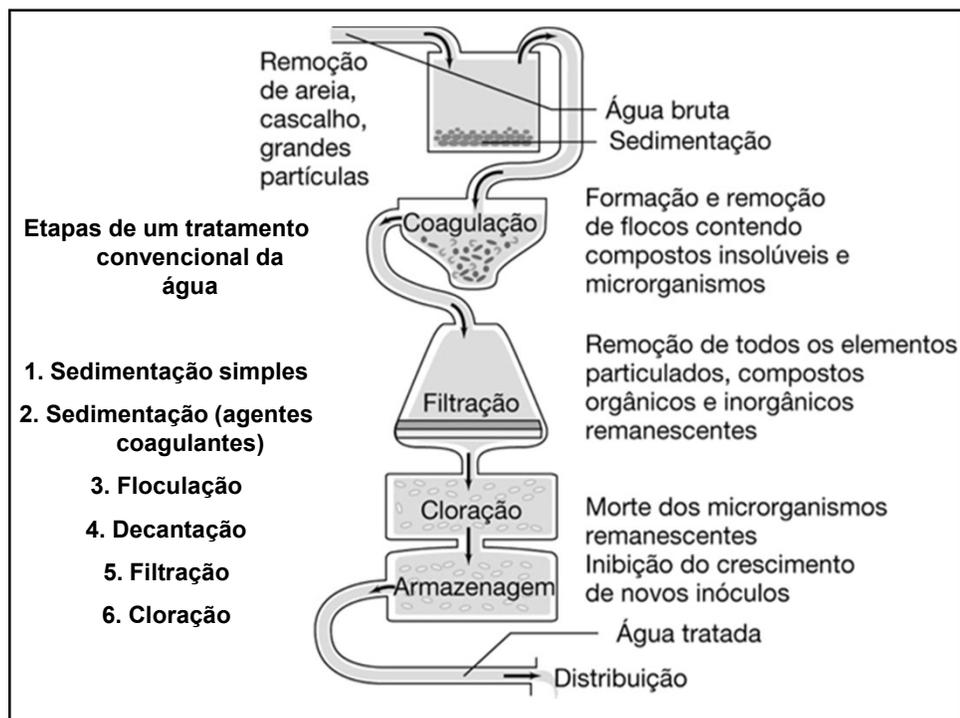
## A água já foi responsável:

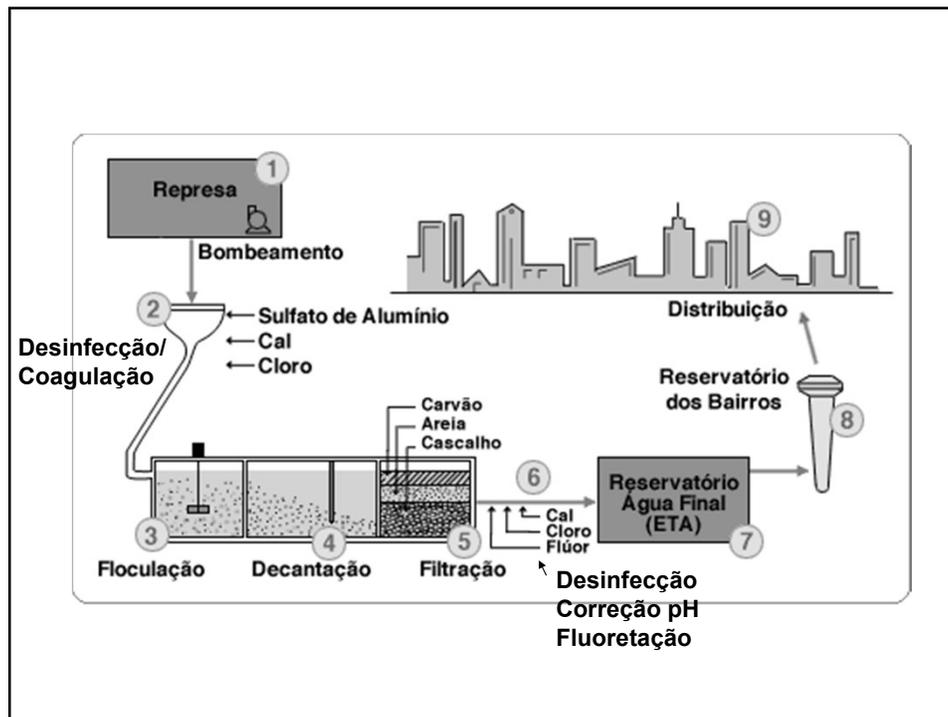
- a) Maior surto de *E. coli* O 157:H7 e *Campylobacter jejuni* no Canadá (2002) – 2300 doentes (7 mortes)
- b) Surto de *Cryptosporidium* nos USA (1993) - (400.000 casos ~200 mortes )
- c) Várias epidemias de cólera



### Objetivos e finalidades do tratamento da água

Parâmetros	Finalidade
Higiênico (aspectos microbiológicos)	Remoção de bactérias; elementos venenosos ou nocivos; mineralização excessiva; teores elevados de compostos orgânicos; protozoários; e outros micro-organismos.
Estético (aspectos físicos)	Correção da cor; do sabor e turbidez.
Econômico (aspectos químicos)	Redução da corrosividade, dureza (sais de cálcio e magnésio), acidez, pH, cloretos, cloro residual, ferro, manganês, etc





## Produção de água de consumo

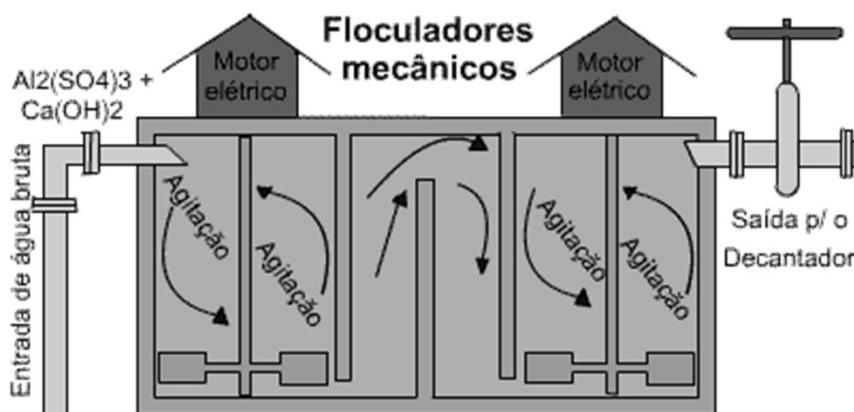
- Sedimentação simples
  - Deposição de partículas mais pesadas
  - Diminuição da carga microbiana
- Pré-tratamento
  - Eliminação de folhagens e outras sujidades maiores
  - Água é direcionada para armazenagem em tanques

## Produção de água de consumo

- Pré-tratamento
- Coagulação
  - Uso de agentes cogulantes (sais de alumínio ou ferro ou polímeros floculantes)
  - Cal
- Floculadores mecânicos ou hidráulicos



### Uso de floculador mecânico



Objetivo de formar hidróxidos que têm carga positiva e adsorvem as partículas negativas responsáveis pela turbidez, cor, sabor e odor, resultando em aumento de diâmetro e de densidade. A agitação facilita o contato entre as partículas.

## Produção de água de consumo

- Pré-tratamento
- Coagulação
- Floculação/ Decantação
  - remove 50-95% dos micro-organismos e vírus
  - remove até 90% dos parasitas

O decantador deve remover 90%, pelo menos, da turbidez encontrada na água bruta

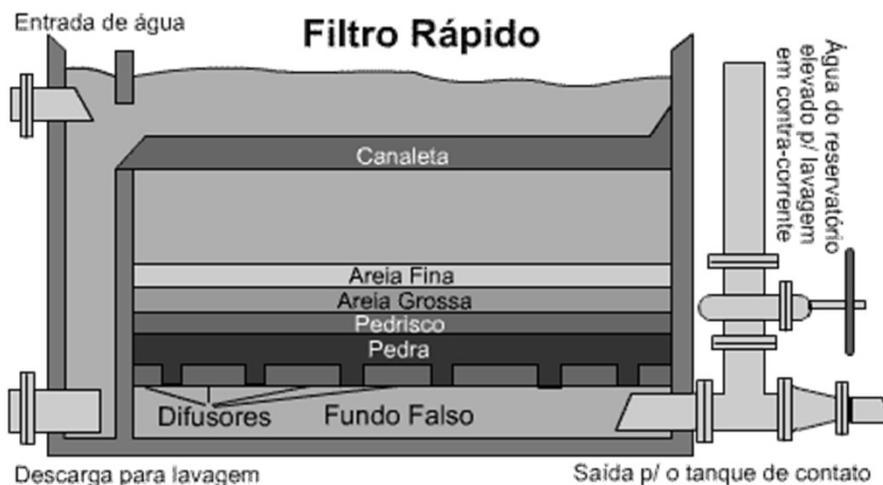


Na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água, sedimentando-se no fundo dos tanques.

## Produção de água de consumo

- Pré-tratamento
- Coagulação
- Filtração
  - Filtro de areia-carvão-cascalho
    - Muito eficiente
  - Redução
    - $10^3$ - $10^4$  da população bacteriana
    - compostos químicos

A água ainda contém impurezas que não foram sedimentadas. Por isso, ela precisa passar por filtros constituídos por camadas de areia e antracito suportadas por cascalho de diversos diâmetros.

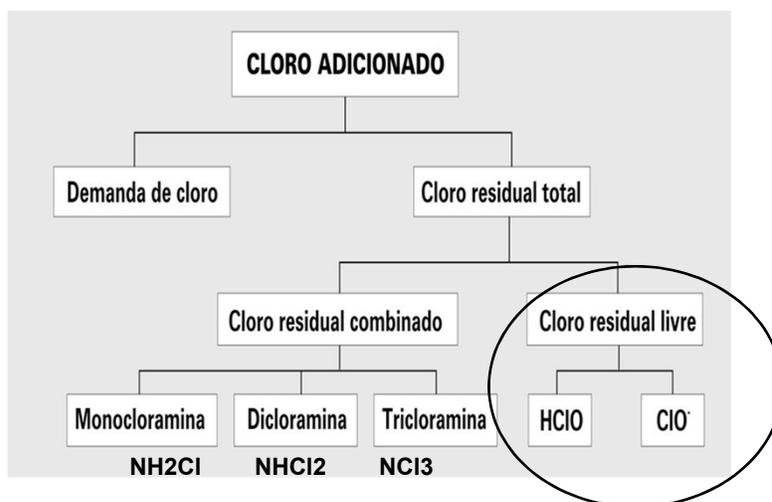


## Produção de água de consumo

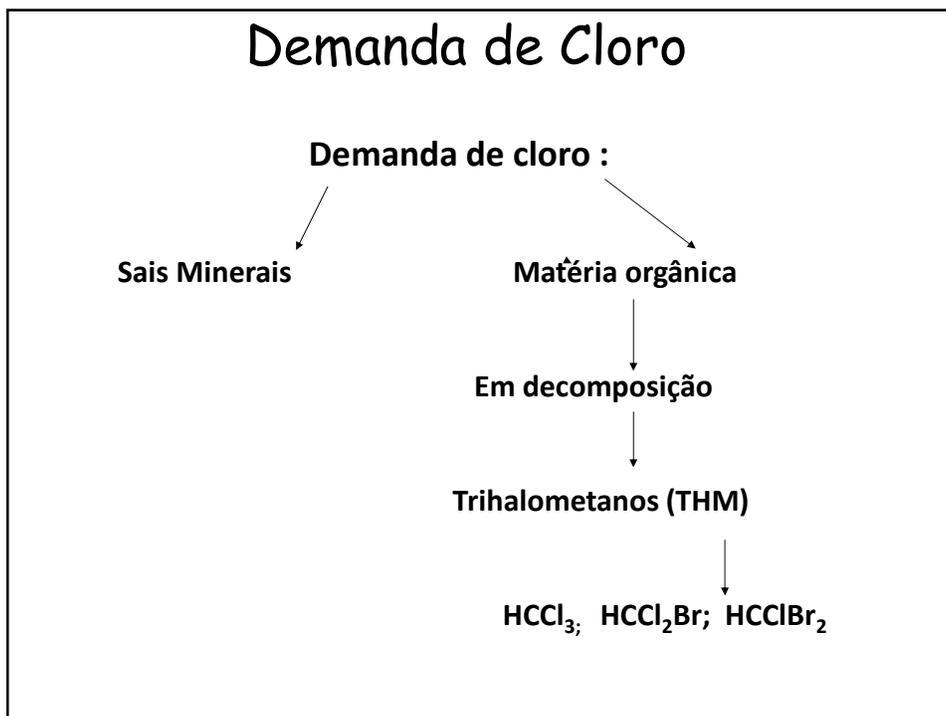
- Coagulação
- Filtração
- Desinfecção: Cloração/ fluoretação/ correção pH
  - adição de hipoclorito ou gás Cloro
    - ácido hipocloroso (HClO)
      - destrói 99,9% das bactérias
      - bom agente bactericida e viricida
  - Dióxido de cloro
  - Ozônio
  - Ultrafiltração
  - Luz UV, etc.

## Desinfecção: Cloração

### Reações do cloro adicionado na água



## Demanda de Cloro



## Compostos clorados aplicados na sanitização da água

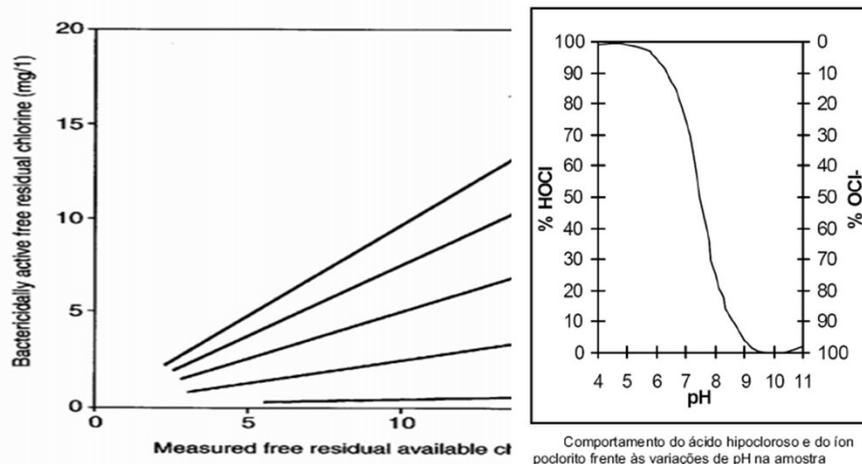
Compostos inorgânicos	Cloro residual total (%)
Cloro gás (Cl <sub>2</sub> )	100
Hipoclorito de sódio ( NaClO)	1-10
Hipoclorito de cálcio (Ca(ClO) <sub>2</sub> )	70-72
Dióxido de cloro (ClO <sub>2</sub> )	17
Compostos orgânicos	Cloro residual total (%)
Dicloroisocianurato de sódio	70
Tricloroisocianurato de sódio	89-90
Diclorodimetil hidantoína	66
Dicloramina T	56-60
Cloramina T	24-26

## Quantificação de Ácido Hipocloroso em Água

$$\text{mg.L}^{-1} \text{ de HClO} = \frac{\text{mg.L}^{-1} \text{ de cloro residual livre}}{1 + 10^{\text{pH} - 7,5}}$$

**Equação de Henderson-Hasselblach**

**Relationship between Measured Free Residual Available Chlorine (HOCl<sup>+</sup>, OCl<sup>-</sup>) and Bactericidally Active (HOCl)**



**FIGURA 2-** Gráfico que relaciona a atividade bactericida do cloro residual livre com a concentração de ácido hipocloroso e o pH

## Níveis de cloro em função do uso (mg/L CRL)

<b>Água potabilizada</b>	<b>0,2 - 1</b>
<b>Controle de microbiota/carcaças</b> (bovinos, suínos, aves)	<b>5 – 8</b>
<b>Resfriamento de enlatados</b>	<b>10</b>
<b>Controle da microbiota/superfícies</b> (Frutas, hortaliças)	<b>50-200</b>
<b>Sanitização de superfícies</b> (aço inoxidável, poletileno, polipropileno, policarbonato, vidro, etc)	<b>100-200</b>
<b><u>Higienização de ovos</u></b>	<b><u>200</u></b>

## Qualidade de água



**Atender à legislação vigente quanto aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos**

• Portaria 2.914 de 12/12/2011 que "*Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*".

• **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA - RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**

*Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.*

**Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011 (Federal)**

Data D.O.: 14/12/2011

*Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.*

Tipo de água		Parâmetro		VMP(1)
Água para consumo humano		Escherichia coli(2)		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
		Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.	

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

## Classificação

- 3 categorias de águas
  - águas de consumo
  - águas para fins industriais
  - águas envasadas

## Água de consumo

- Microbiota inicial
  - Depende da fonte
    - águas superficiais
      - variação de qualidade biológica, física e química durante o ano
    - águas profundas
      - melhor qualidade microbiológica
      - usadas somente em regiões áridas ou muito poluídas

## Água de consumo

- pode conter certa quantidade de
  - bactérias não patogênicas
    - *Flavobacterium*
    - *Pseudomonas*
    - *Acinetobacter*
    - *Moraxella*
    - *Chromobacterium*, entre outros

## Água de consumo

- pode conter grande quantidade de
  - bactérias não patogênicas
  - águas de países tropicais
    - > variedade de micro-organismos
    - predomínio de micro-organismos mesófilos e termotolerantes

## Água de consumo

- pode conter grande quantidade de
  - Bactérias não patogênicas
  - Bactérias patogênicas
    - *Vibrio cholerae*
    - *Salmonella* spp.
    - *Shigella* spp.
    - *E. coli*
    - *S. aureus*
    - *Pseudomonas*
    - *Leptospira*
    - *Yersinia enterocolítica*
    - *Vibrio parahaemolyticus*
    - *Aeromonas hydrophila*

## Água de consumo

- pode conter grande quantidade de
  - Bactérias não patogênicas
  - Bactérias patogênicas
  - Fungos
    - *Candida albicans*
    - *C. tropicalis*
    - *C. krusei*
    - *Geotrichum* spp

## Água de consumo

- pode conter grande quantidade de
  - Bactérias não patogênicas
  - Bactérias patogênicas
  - Fungos
  - Virus
    - Poliomielite
    - Hepatite (A)
    - Rotavirus
    - Reovirus
    - Adenovirus, etc

## Água de consumo

- pode conter grande quantidade de
  - Bactérias não patogênicas
  - Bactérias patogênicas
  - Fungos
  - Virus
  - Protozoários
    - *Entamoeba histolítica*
    - *Giardia lamblia*
    - *Schistosoma mansoni*
    - *Ascaris lumbricoides, etc.*

## Águas para fins industriais

- Indústrias de alimentos
  - 5ª consumidora de água
  - Água como ingrediente
    - bebidas
    - sorvetes
    - produtos cárneos
      - gelo ou água
    - enlatados

## Águas para fins industriais

- Indústrias de alimentos
  - lavagem, transporte, branqueamento de frutas e hortaliças
  - escaldagem, resfriamento e limpeza de carcaças
  - armazenamento de peixes e carnes em gelo
  - lavagem de queijos
  - Higiene pessoal
  - Componente de formulações
  - Produção de vapor
  - Resfriamento etc.

## Águas para fins industriais

- Indústrias de alimentos
  - Deve ter mesma qualidade que a água de consumo
  - Reciclagem
    - permitida para poucas atividades
      - transporte de frutas e hortaliças antes da limpeza e branqueamento
  - Água não potável (qualidade específica em função do uso)
    - emprego em sistema de resfriamento de motores
    - combate a incêndios
    - Caldeiras

## Águas envasadas

Água Mineral e Água Natural

Resolução - RDC nº 274, de 22 de setembro de 2005

Resolução - RDC nº 275, de 22 de setembro de 2005

## Águas envasadas

- Controle
  - Fonte
  - Bombas, tubulações e reservatórios
  - Embalagens
  - Ar
    - Filtrado e filtros limpos
  - Planta deve ter GMP e HACCP

## Águas envasadas (minerais)

- Difere das águas potáveis por
  - sua natureza
    - conteúdo de minerais
    - elementos traço
  - efeitos benéficos à saúde
  - origem
  - características especificadas no rótulo
  - composição constante

## Águas envasadas (minerais)

- Não podem ser submetidas a tratamentos, exceto
  - Filtração e decantação
    - separação de elementos instáveis
    - eliminação total ou parcial de algum composto
    - introdução ou reintrodução de CO<sub>2</sub>

## Águas envasadas (minerais)

- Origem
  - subterrânea
  - colhida na fonte
  - envasada no local de coleta
  - Transportada só em contêiners permitidos

## Águas envasadas ( não minerais)

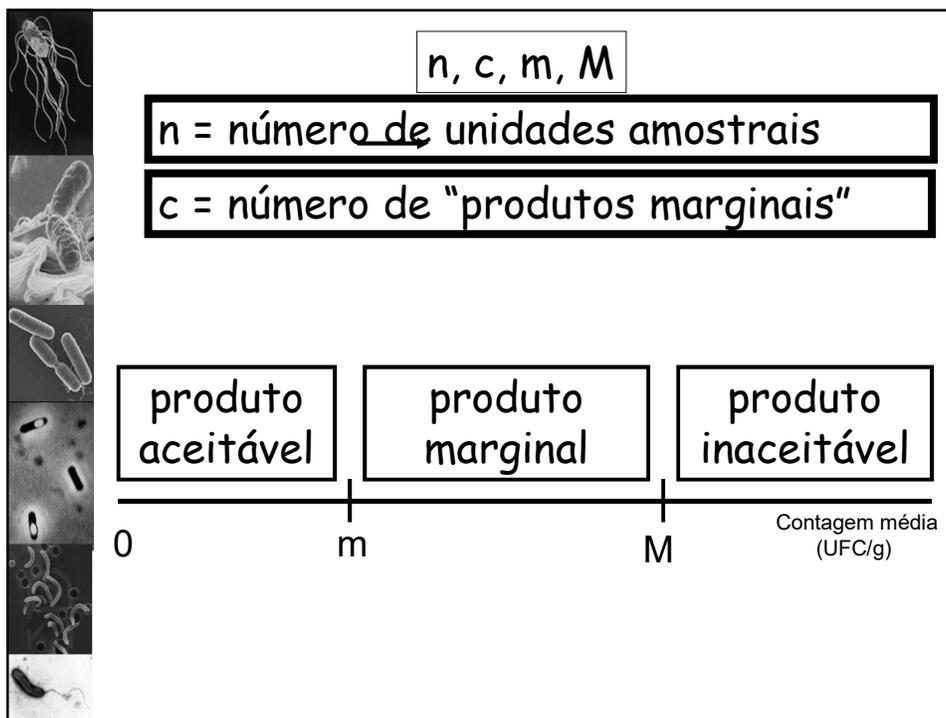
- Exigências menos estritas
  - composição variável
  - pode ser superficial
  - pode ser submetida a tratamento bactericida
  - pode ser adicionada de sais e outros “ingredientes”

Resolução RDC nº 275, de 22 de setembro de 2005

Art. 1º Aprovar o "REGULAMENTO TÉCNICO DE CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS PARA ÁGUA MINERAL NATURAL E ÁGUA NATURAL", constante do Anexo desta Resolução.

Tabela 1 - Características microbiológicas para Água Mineral Natural e Água Natural.

Microrganismo	Amostra indicativa limites	Amostra representativa			
		n	c	m	M
Escherichia coli ou coliforme (fecais) termotolerantes, em 100 mL	Ausência	5	0	-.-	Ausência
Coliformes totais, em 100 mL	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,1 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP
Enterococos, em 100 mL	<1,0 UFC; <1,15 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,15 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP
Pseudomonas aeruginosa, em 100 mL	<1,0 UFC; <1,15 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,15 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP
Clostrídios sulfito redutores ou Clostridium perfringens, em 100 mL	<1,0 UFC; <1,15 NMP ou ausência	5	1	<1,0 UFC; <1,15 NMP ou ausência	2,0 UFC ou 2,2 NMP



### Bibliografia

Jay, J. M., Loessner, M. J., Golden, D. A. Modern Food Microbiology. 7th ed. Springer, New York, 2005 790p.

Franco, B.D.G.M.; Landgraf, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo, Atheneu, 1996.

Torotorello, M.L. Indicator organisms for safety and quality – uses and methods for detection: minireview. Journal of AOAC International, v. 86:1208-1217, 2003.

ANVISA -

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos/Publicacao+Alimentos>