

Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP



ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE (LOB1046)

Aula 2

Meio Ambiente Aquático

Prof. MSc. Paulo Ricardo Amador Mendes



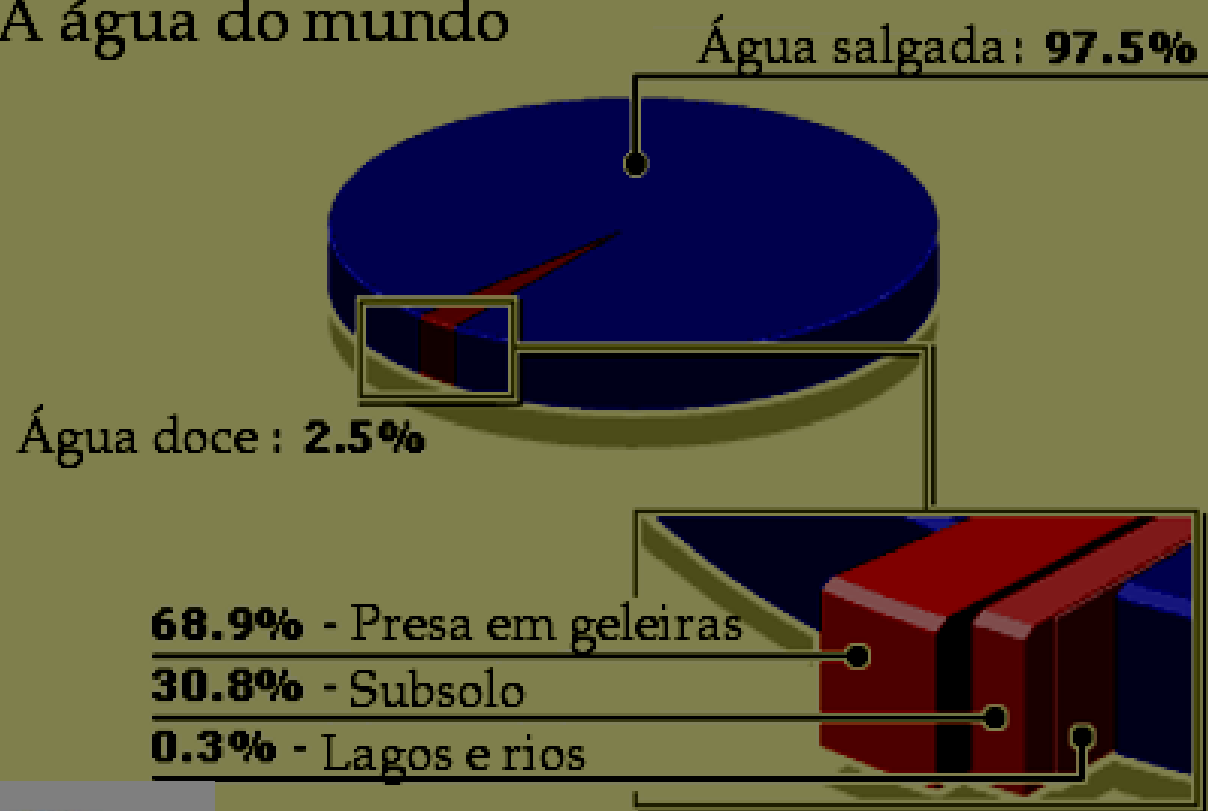
ASPECTOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS DA ÁGUA

I. INTRODUÇÃO

- É essencial que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para sua utilização pelos organismos.
- Caracterização dos recursos hídricos: com relação à quantidade e qualidade.
- Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS):
 - 62% dos leitos hospitalares são ocupados por pacientes com doenças de veiculação hídrica;
 - Nos países em desenvolvimento 70% da população rural e 25% da população urbana não dispõem de abastecimento de água potável.
- "A água é esquisita. Deveria ser um gás mas é um líquido. Deveria contrair mas se expande ao se resfriar...e dissolve quase tudo que toca, em função do tempo".

■ Lin Shon: Prêmio Nobel da Química, 1996.

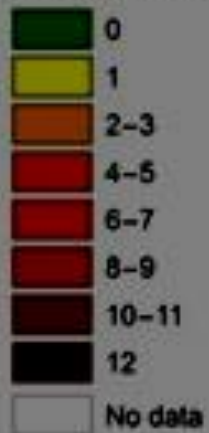
A água do mundo



Fonte: UNEP

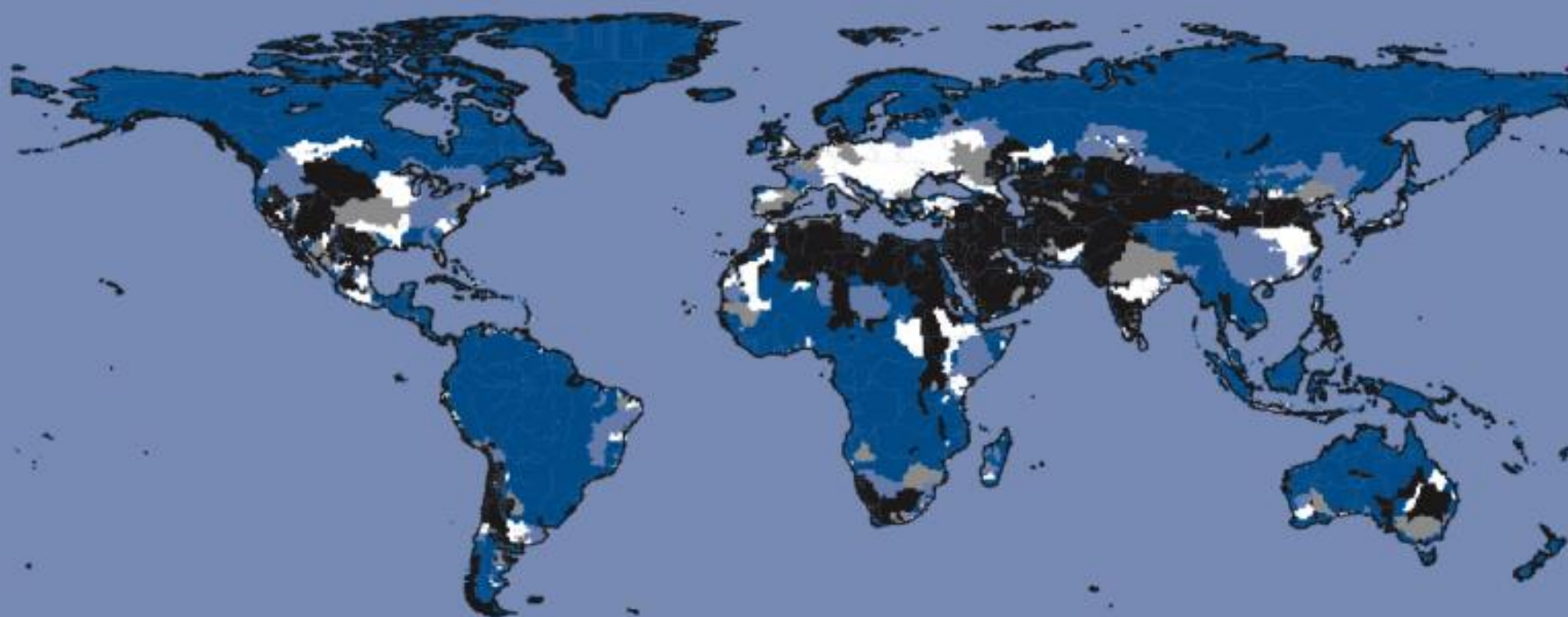


Number of months in which
water scarcity is >100%



Water stress in 2025 under the business as usual scenario

Under the business as usual scenario, by 2025 about 4 billion people—half the world's population—will live in countries with high water stress.





■ Distribuição do consumo de água no planeta

■ (World Resources 2002-2004)

Período de referência	Região	Consumo específico (m³/hab.d)	Distribuição do Consumo (%)		
			Uso agrícola	Uso doméstico	Uso industrial
1977 - 1987	Norte África e Oriente Médio	774	80	16	4
1987 - 1995	África	151	68	24	8
1988 - 1998	Europa	523	26	23	51
1990 - 1991	América Norte	1.721	27	16	57
1990 - 1997	América Central	394	65	21	14
1987 - 1997	América Sul	833	76	17	7
1998**	Brasil	398	68	14	18
1990	Mundo	650	71	9	20



✓ Características físicas:

- A água é polar - substâncias polares se misturam na água;
- Densidade varia com a temperatura (o gelo flutua);
- Calor específico elevado (pode absorver ou liberar calor c/ pouca variação de Temperatura) - grandes massas d'água alteram clima local;
- Variações de temperatura dos meios aquáticos são brandas - toda biota aquática não está adaptada a sobreviver a grandes variações de temperatura;
- A penetração da luz no meio aquático é essencial para a fotossíntese.



✓ Características químicas:

- A água é um ótimo solvente - chamada de solvente universal;
- A presença de gases dissolvidos O_2 e CO_2 permite a fotossíntese e a respiração aeróbia do meio;
- A presença de sais dissolvidos é essencial para as cadeias alimentares - N e P para autótrofos. O excesso gera *eutrofização*;
- Sistemas biológicos são sensíveis ao valor do pH (6,5-8,5). Água saturada de CO_2 terá pH 5,6.



✓ Características biológicas:

- Em condições físicas e químicas surgirá cadeia alimentar (produtores, consumidores de várias ordens e, decompositores);
- Grupos de organismos aquáticos: vírus, bactérias, fungos, algas, macrófitas, protozoários, rotíferos, crustáceos, insetos aquáticos, vermes, moluscos, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos;
- Classificação de organismos por região:
 - - plâncton: seres que vivem em suspensão (fitoplâncton e zooplâncton)
 - - nécton: seres com capacidade de locomoção independente das correntes
 - - Bentônicos: habitam os leitos dos corpos d'água.

Qualidade da água

- A quantidade e qualidade da água estão associadas;
- Alteração da qualidade das águas: natural ou pelo homem;





Qualidade da água

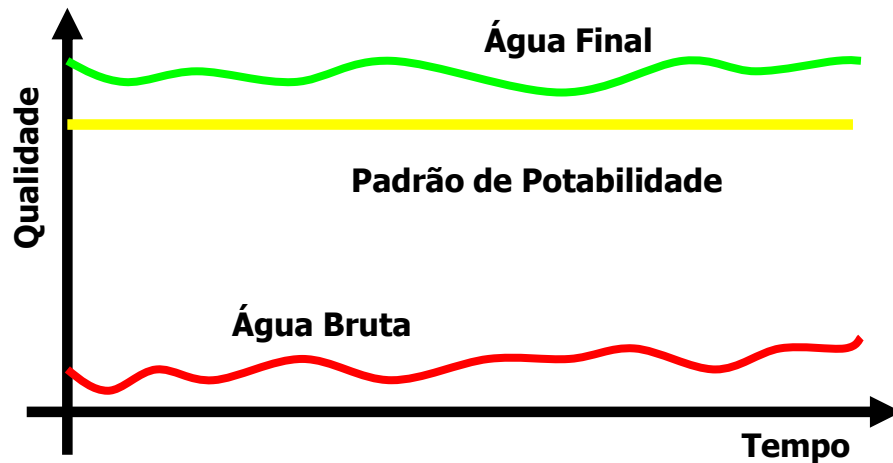
- Água pura: não existe na natureza;
- Grau de tratamento – característica final;
 - Para consumo humano:
 - Não deve conter elementos nocivos à saúde (substâncias tóxicas e organismos patogênicos);
 - Não apresentar sabor, odor ou aparência desagradável;
 - Denominada de **água potável**;
 - Atender padrões de potabilidade.



Qualidade da água

- No estado natural – água raramente tem características para consumo;
- Necessidade de tratamento - Estações de tratamento de água (ETAs);
- Padrão de Potabilidade:
 - Padrões mínimos exigidos para que a água possa ser consumida sem que haja transmissores de doenças.

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 4.000 a.C: Documentos em sânscrito e grego recomendavam que águas impuras deveriam ser purificadas por fervura ou serem expostas ao sol ou purificadas por filtração em leitos de areia.

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 1.500 a.C: São apresentadas em algumas gravuras egípcias artefatos confeccionados artesanalmente com a finalidade de permitirem a separação de sólidos presentes em águas empregadas para consumo.

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 500 a.C: Hipócrates, considerado o pai da medicina, recomendava a fervura e filtração da água de chuva antes do seu uso para abastecimento público.

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 300 a.C a 300 d.C: Engenheiros romanos criaram os primeiros sistemas públicos para abastecimento de água e os grandes aquedutos.

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



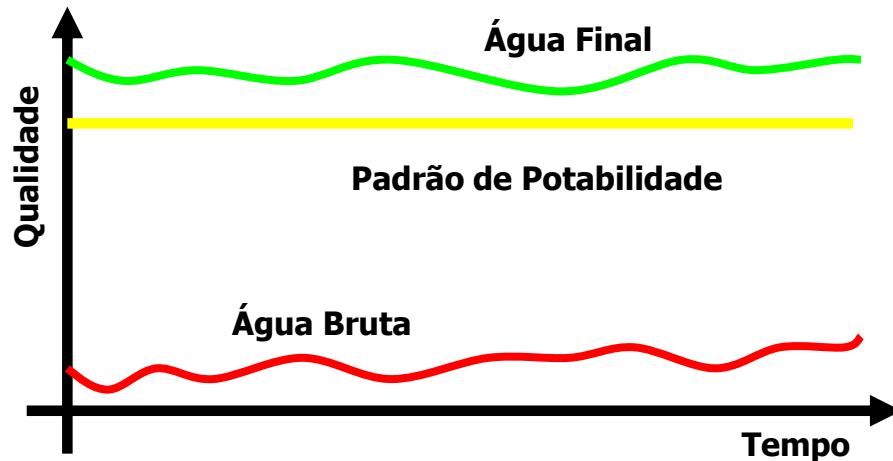
- 500 d.C. – 1600 d.C:
Durante este período, conhecido como a Idade Média, muito pouco foi efetuado com respeito ao desenvolvimento dos sistemas de saneamento públicos de saneamento

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



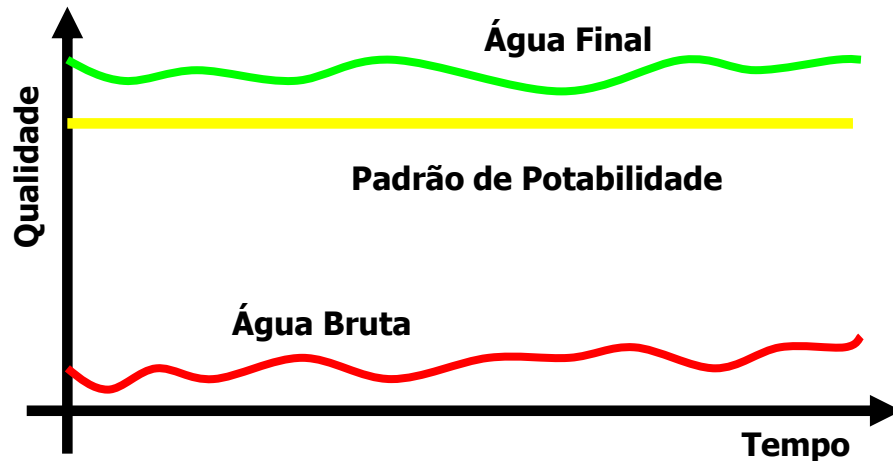
- 1676 – O inventor holandês Anton van Leeuwenhoek efetua experiências com óptica e concebe os primeiros microscópicos

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 1804 – Construção e operação dos primeiros filtros lentos em areia para tratamento de água para abastecimento público em Paisley (Escócia);
- 1807 – A cidade de Glasgow (Escócia) foi uma das primeiras a distribuir água tratada por meio de tubulações.

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 1829 – Construção e operação de filtros lentos em areia para tratamento de água na cidade de Londres
- Parâmetros de qualidade da água estéticos considerados: Turbidez, cor aparente e real, etc...

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 1854 – John Snow demonstra de modo empírico que a água é um veiculador de doenças, embora nada fosse conhecido até então acerca do mundo microbiológico.

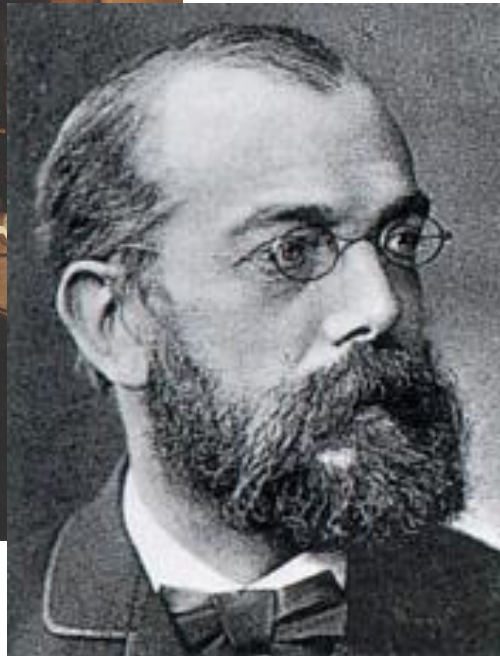
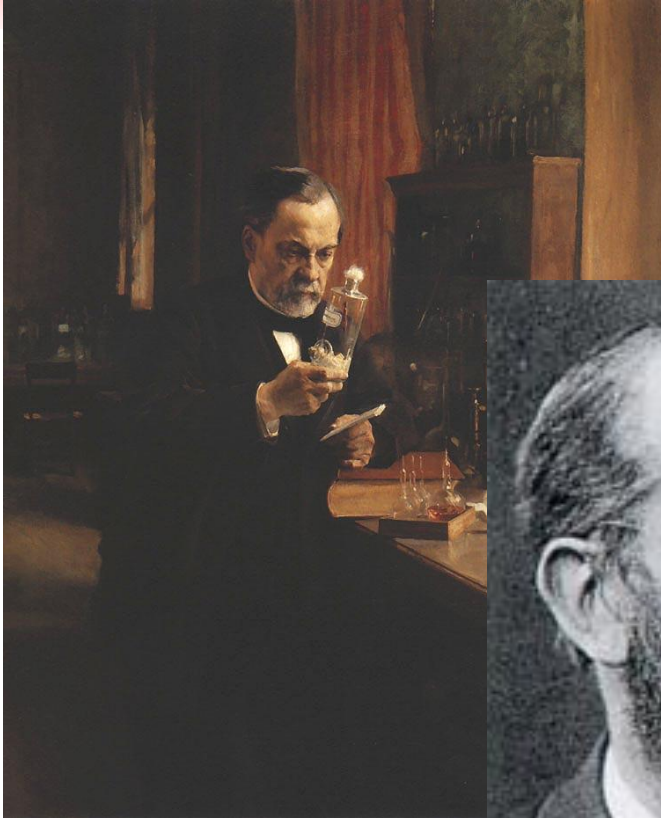
Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 1864 – Louis Pasteur e Robert Koch propõem a teoria dos germes e derrubam a tese da geração espontânea.



Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água

- Evidências de John Snow – 1854;
- Teoria dos germes - Louis Paster e Robert Koch – 1870;
- Poder do cloro na ação desinfetante - Robert Koch – 1881.



Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água

- Primeiras aplicações do cloro como agente regular no processo de desinfecção de águas de abastecimento;
 - Alemanha (1890)
 - Inglaterra - Lincon - (1905)
 - Estados Unidos - Chicago - (1908)

Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



- 1890 a 1900 – Os maiores desenvolvimentos do processo de filtração rápida ocorreram por intermédio de Allan Hazen e George Warren Fuller.

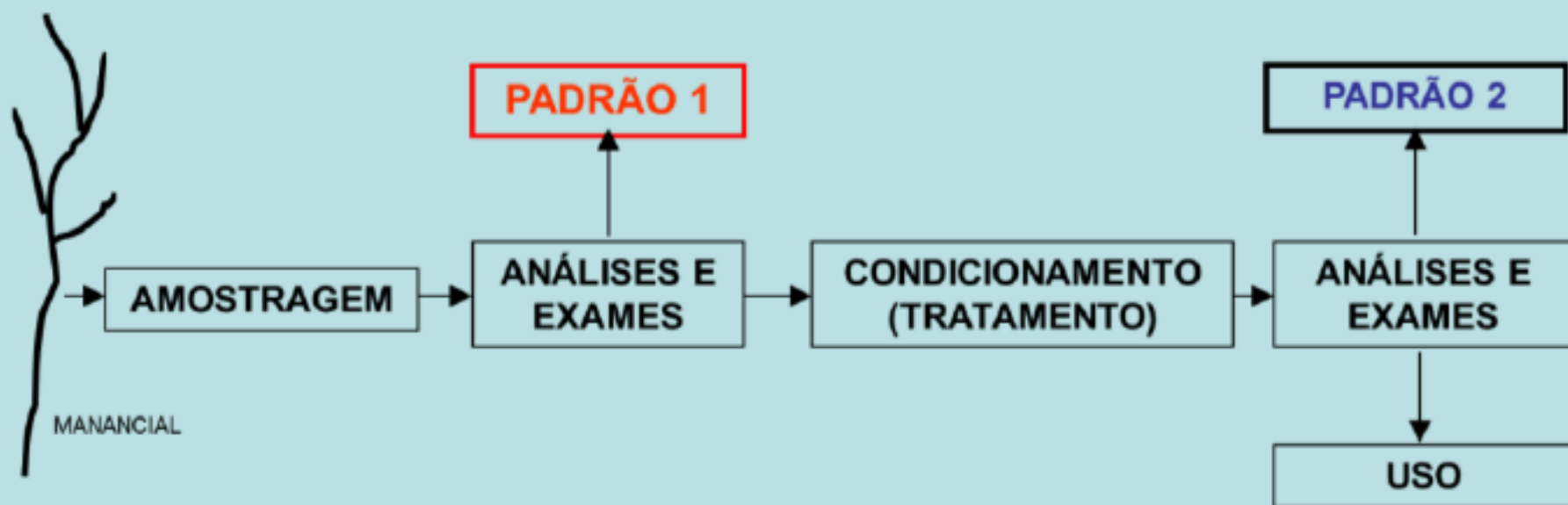
Evolução histórica dos sistemas de tratamento de água



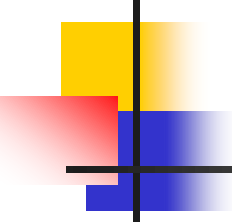
- 1890 a 1900 – Os maiores desenvolvimentos do processo de filtração rápida ocorreram por intermédio de Allan Hazen e George Warren Fuller.

Aspectos legais do tratamento de água

FLUXOGRAMA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA



**PADRÃO 1: RESOLUÇÃO 357/2005 CONAMA
RESOLUÇÃO 430/2011 CONAMA**
PADRÃO 2: POTABILIDADE (Portaria 2914)



Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 274/2000**

- “Define o padrão de balneabilidade em corpos d’água”

- **Resolução CONAMA 396/2008**

- “Dispõe sobre a classificação e enquadramento de águas subterrâneas”

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- “Regulamenta a classificação e enquadramento de corpos d’água.” Complementada e alterada pela Resolução CONAMA 430/2011.

- **Resolução CONAMA 430/2011**

- “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.” Complementa e alterada a Resolução CONAMA 357/2005.

Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Classes de qualidade – atendimento de usos importantes, atuais e futuros;





Padrões de Qualidade de Água

■ **Resolução CONAMA 357/2005**

- Enquadramento – estabelecimento de metas a ser alcançada ou mantida;
- Enquadramento dos corpos d'água – baseado nos níveis para atender as necessidades das comunidades;
- Di Bernardo e Dantas (2005) – Conhecimento das características da água para abastecimento público pode garantir a produção de água com qualidade com tecnologias de tratamento adequadas;
- Critérios de avaliação de qualidade – NBR 12216 (Projeto de Estações de Tratamento para Abastecimento Público).



Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Capítulo I – Das definições:

- Águas doces – Salinidade: $SAL \leq 0,05 \%$;
- Águas salobras – $0,05 \leq SAL < 3,00 \%$;
- Águas salinas – $SAL \geq 3,00 \%$.

- Capítulo II – Da classificação dos corpos d'água:

- 13 enquadramentos – conforme usos preponderantes;
- Para abastecimento público: Classe especial, 1, 2 e 3;
Águas doces – Classes especial, 1, 2, 3 e 4;
Águas salobras – Classes especial, 1, 2 e 3;
Águas salinas – Classes especial, 1, 2 e 3.



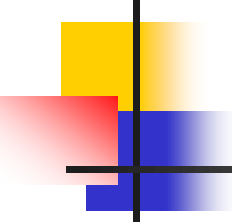
Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Classificação: Águas doces**

- Classe especial:

- Para consumo humano, com desinfecção;
- Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.



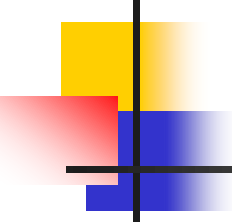
Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Classificação: Águas doces**

- **Classe 1:**

- Consumo humano, com tratamento simplificado;
 - Proteção das comunidades aquáticas;
 - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
 - Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
 - Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.



Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Classificação: Águas doces**

- **Classe 2:**

- Para consumo humano, com tratamento convencional (Completo);
 - Proteção das comunidades aquáticas;
 - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
 - Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
 - Aquicultura e atividade de pesca.



Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Classificação: Águas doces**

- **Classe 3:**

- Para consumo humano, com tratamento convencional ou avançado;
- Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- Pesca amadora;
- Recreação de contato secundário;
- Dessedentação de animais.



Padrões de Qualidade de Água

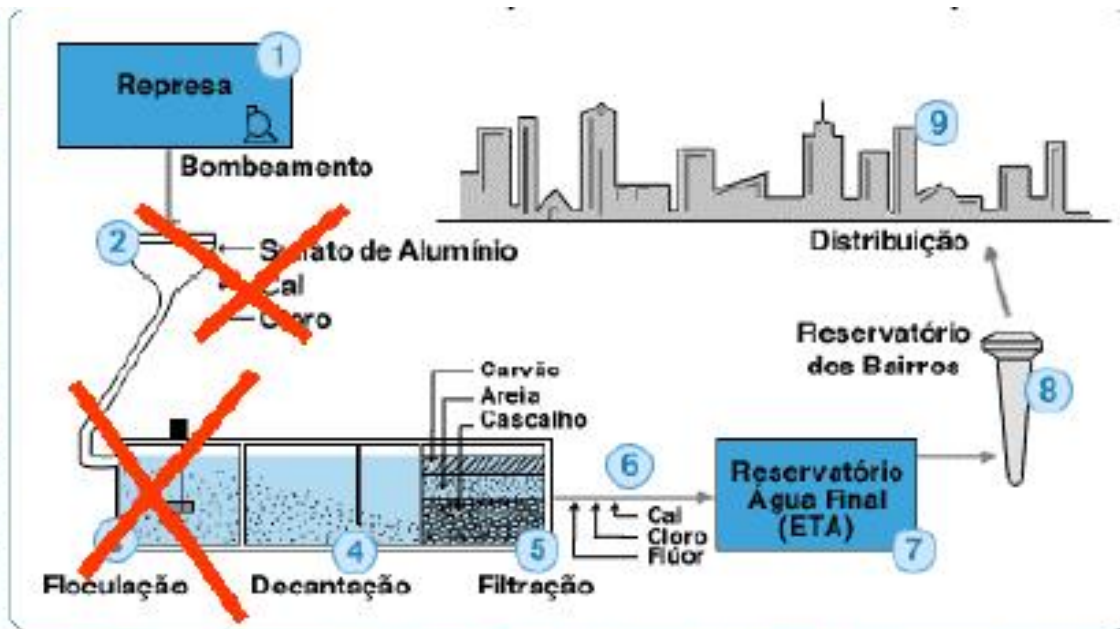
- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Classificação: Águas doces**

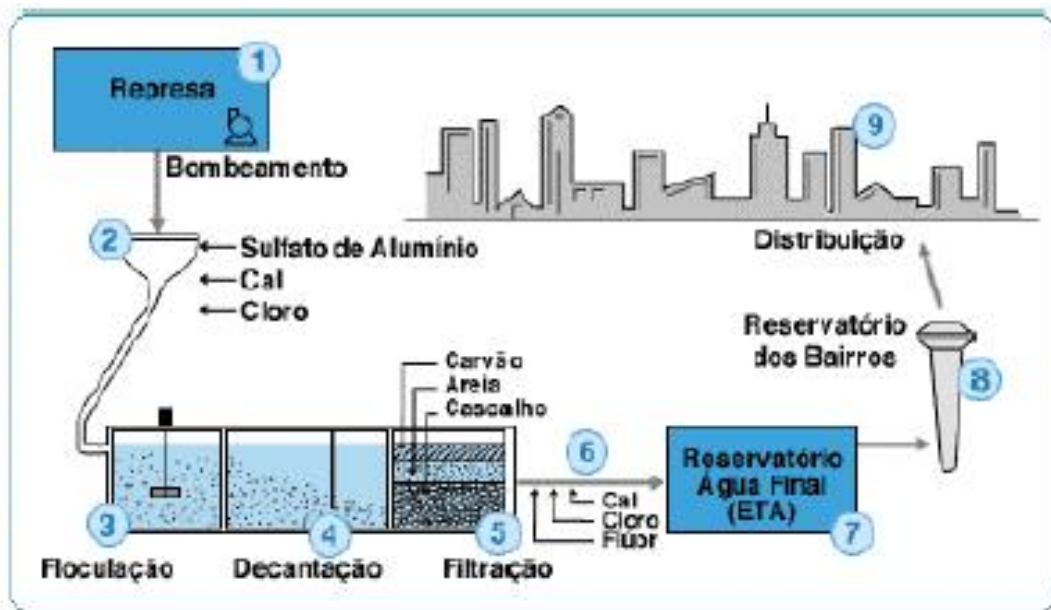
- **Classe 4:**

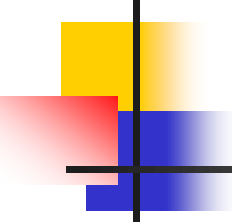
- Não destinadas a consumo humano;
 - Navegação;
 - Harmonia paisagística.

Tratamento simplificado (Classe I)



Tratamento completo (Classes 2 e 3)





Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Capítulo III – Das Condições e Parâmetros de Qualidade das Águas”
 - Artigos 7º ao 23.
- Capítulo IV – Das condições e Padrões de Lançamento de Efluentes
 - Artigos 24 ao 37;
 - **Revogado pela Resolução CONAMA 430/2011.**
- Capítulo V – Diretrizes Ambientais para o Enquadramento da Águas Subterrâneas;
- Capítulo VI – Disposições Finais e Transitórias.

Padrões de Qualidade de Água

■ Resolução CONAMA 357/2005

- Valores limites dos parâmetros de qualidade

CLASSE DO RIO	1	2	3	4
Resolução CONAMA nº 357/05 (Condições/Padrões)	Artigo 14	Artigo 15	Artigo 16	Artigo 17
Coliformes termotolerantes	Conama 274/00 (recreação)	Conama 274/00 (recreação)	2500/100 mL (recreação de contato secundário)	-
	200/100 mL (demais usos)	1000/100 mL (demais usos)	1000/100 mL (dessedentação de animais)	
	E.coli – valor a critério do ór- gão ambiental)	E.coli – valor a critério do ór- gão ambiental)	4000/100 mL (demais usos)	
			E.coli – valor a critério do ór- gão ambiental)	
DBO _{5,20} (mg/L O ₂)	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	-
OD (mg/L O ₂)	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2,0
Turbidez (UNT)	≤ 40,0	≤ 100,0	≤ 100,0	-
Cor verdadeira(mg Pt/L)	Natural	Natural	≤ 75,0	-
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Padrões de Qualidade de Água

■ Resolução CONAMA 357/2005

- Valores limites dos parâmetros de qualidade

CLASSE DO RIO	1	2	3	4
Resolução CONAMA nº 357/05 (Condições/Padrões)	Artigo 14	Artigo 15	Artigo 16	Artigo 17
<i>Padrões / Parâmetros</i>				
Clorofila a (µg/L)	10,0	30,0	60,0	-
Densidade de cianobactéria	20.000,0 cel/mL	50.000,0 cel/mL	100.000,0 cel/mL	-
	2,0 mm ³ /L	5,0 mm ³ /L	10,0 mm ³ /L	-
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	500,0	500,0	500,0	-
<i>Padrões / Parâmetros Inorgânicos</i>				
Alumínio dissolvido (mg/L Al)	0,1	0,1	0,2	-
Antimônio (mg/L Sb)	0,005	0,005	-	-
Arsênio total (mg/L As)	0,01	0,01	0,033	-
	0,14 µg/L (1)	0,14 µg/L (1)		



Padrões de Qualidade de Água

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- Valores limites dos parâmetros de qualidade

CLASSE DO RIO	1	2	3	4
Resolução CONAMA nº 357/05 (Condições/Padrões)	Artigo 14	Artigo 15	Artigo 16	Artigo 17
Crômio total (mg/L Cr)	0,05	0,05	0,05	-
Ferro dissolvido (mg/L Fe)	0,3	0,3	5,0	-
Fluoreto total (mg/L F)	1,4	1,4	1,4	-
Fósforo total (ambiente lêntico) (mg/L P)	0,020	0,030	0,05	-
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico) (mg/L P)	0,025	0,050	0,075	-



Padrões de Potabilidade

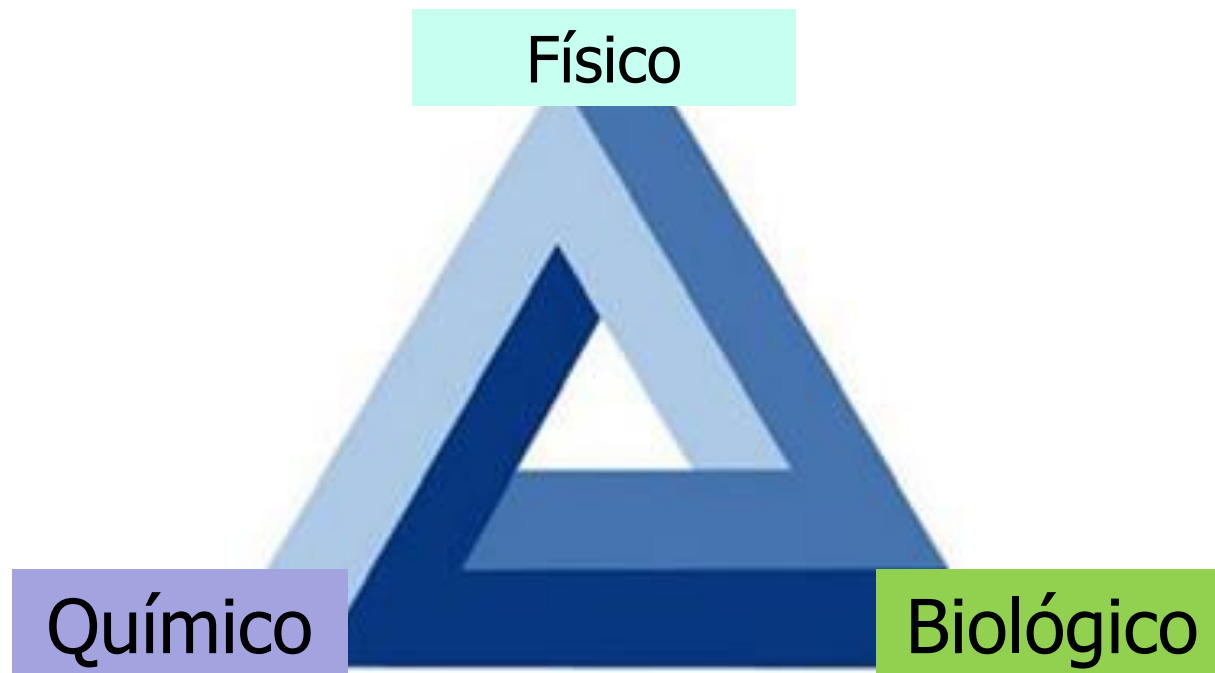
Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde

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



Qualidade da água

- Indicadores de qualidade das águas



Qualidade da água

- Indicadores

- Físicos:

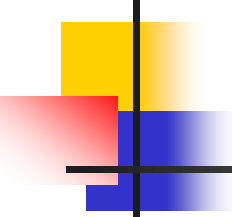
- Temperatura
 - Gosto e odor
 - Cor
 - Turbidez
 - Condutividade

Água Limpa



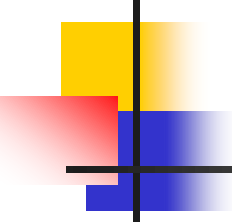
Água Suja





Indicadores Físicos

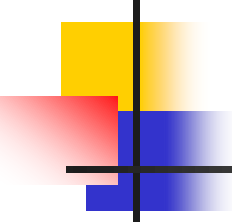
- Di Bernardo e Dantas (2005) – Estas características têm pouca importância no ponto de vista sanitário;
- Determinantes na escolha da tecnologia ou condicionantes dos processos;
- Portaria 2914/11, MS – O padrão organoléptico é o conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;
- Anexo X (Portaria 2914/11, MS) – Padrão organoléptico de potabilidade.



Indicadores Físicos

Anexo X – Tabela de padrão organoléptico de potabilidade

Alumínio: 0,2 mg/L;
Amônia: 1,5 mg/L;
Cor aparente: 15 uH;
Cloreto: 250 mg/L;
1,2 diclorobenzeno: 0,01 mg/L;
Dureza total: 500 mg/L;
Etilbenzeno: 0,2 mg/L;
Ferro: 0,3 mg/L;
Gosto e odor: 6;
Manganês: 0,1 mg/L;
Sólidos dissolvidos totais: 1000 mg/L;
Turbidez: 5 uT;
Zinco: 5 mg/L.



Indicadores Físicos

■ Temperatura

- Mede a intensidade de calor;
- Interfere nas propriedades da água (densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido);
- Variação da temperatura da água: fontes naturais e antropogênicas;
- Aumento da temperatura:
 - Aumento nas taxas de reações química e bioquímicas;
 - Diminui a solubilidade de gases dissolvidos na água;
 - Aumento na taxa de transferência de gases.



Indicadores Físicos

■ Temperatura

- Caracterização de corpos d'água e de águas brutas residuárias;
- Resolução CONAMA 430/2011
 - Lançamento de efluentes com temperatura inferior a 40 °C e que a variação no corpo receptor não exceda 3 °C.
- Coagulação (etapa presente no tratamento de água) é menos eficiente a baixas temperaturas;
- Brasil (Exceção de mananciais do Sul e Sudeste) – médias diárias superiores a 18 °C;
- Águas subterrâneas – necessidade de resfriamento.



Indicadores Físicos

- Gosto e odor
 - Interação entre o gosto e odor;
 - Causas naturais ou antropogênicas:
 - Natural: Decomposição de material orgânico, presença de microrganismos, gases dissolvidos, metais, acidez ou alcalinidade pronunciadas, cloretos, etc.
 - Antropogênica: Despejos domésticos, industriais e até do tratamento de água visando potabilidade.
 - Possibilidade de rejeição da população abastecida;



Indicadores Físicos

- Gosto e odor
 - Principais compostos naturais: MIB (2-metilisoborneol) e geosmina (trans-1,10-dimetil-trans-9-decalol)
 - Produção por algas, cianobactérias e actinomicetos;
 - Perceptíveis a concentrações menores que 5 ng/L;
 - Não são associados a efeitos prejudiciais à saúde;
 - Grande parte das ETAs não realiza análises para estes compostos.
 - Inclusão do composto MTBE (metil-terc-butil-éter): Odor a água.
 - Contaminação de lençóis freáticos por postos de gasolina.

Indicadores Físicos

- Gosto e odor

- Portaria 188/2006 (exceção)

- Cloro residual desde a

- Prazo máximo

- Análise:

- Controle

- Alteração

odor percebido pelo consumidor.

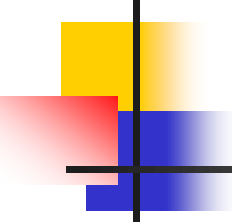


Foto de carvão ativado.

intensidade

assegurada

conforme o



Indicadores Físicos

■ Cor

- Decorrência em absorver certas radiações do espectro visível;
- Cor da água – sólidos dissolvidos;
 - Ferro ou manganês: cor avermelhada e amarronzada, respectivamente;
 - Decomposição de matéria orgânica: cor marrom;
 - Despejos de esgoto doméstico e industrial: variável.
- Cor aparente $\neq$ Cor real;
- Água pura: isenta de cor;
- Lagos: eutrofização acelerada (aporte excessivo de N e P);
- Cor da água: indicativo do estado de poluição ($\uparrow$ DQO e DBO).

Indicadores Físicos

■ Cor

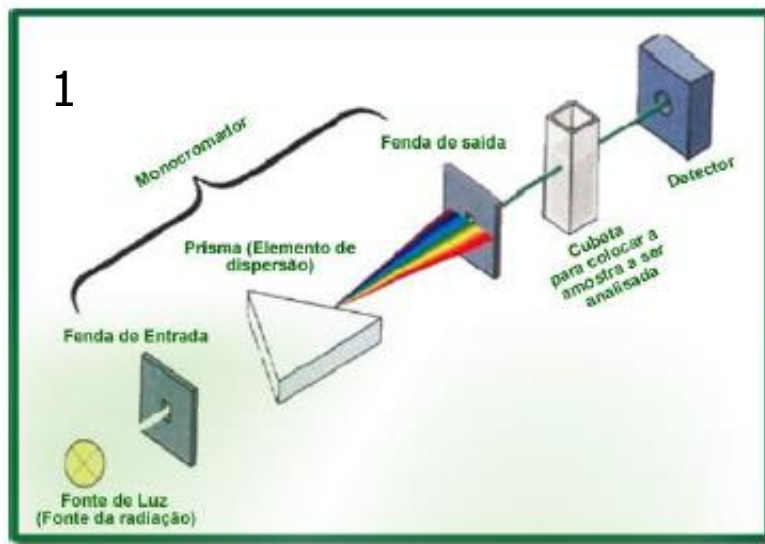
- Unidade de cor: cor produzida por 1 mg de platina e 0,5 mg de cobalto em 1 L de água;
 - mg/L Pt-Co, graus Hazen ($^{\circ}\text{H}$), unidade Hazen (uH) ou unidades de cor (uC);
 - Comparação direta da amostra com o padrão de referência (tubo de Nessler) – Aquatest[®].

- 1) Aquatest[®];
- 2) Colorímetro visual modelo DLNH-100 da Delab.



Indicadores Físicos

- Cor



2



- 1) Esquema de funcionamento interno de um espectrofotômetro;
- 2) Foto de um espectrofotômetro.



Indicadores Físicos

■ Cor

- Presença de produtos potencialmente carcinogênicos: trihalometanos (THM);
 - Consequência da cloração das águas de abastecimento;
 - THM: família do clorofórmio (reação do cloro com substâncias húmicas);
 - Provável causador de câncer na bexiga e no baixo trato intestinal;
 - Alguns autores: Revisão de pré-cloração e de níveis residuais elevados no sistema de abastecimento;
 - Alternativas para cloração: aminocloração.
- Faixa aceitável (portaria 2914/11, MS): 15 uH (desejável menor que 5 uH).



Indicadores Físicos

- Turbidez

- Grau de interferência a passagem de luz pela água (aparência turva);
- Partículas em suspensão: grosseiras e coloidais;
- Principais causadores:
 - Argila;
 - Silte;
 - Substâncias orgânicas finamente divididas;
 - Descarga de esgotos industriais e domésticos;
 - Água pluvial;
 - Organismos microscópicos e outras partículas.



Indicadores Físicos

■ Turbidez

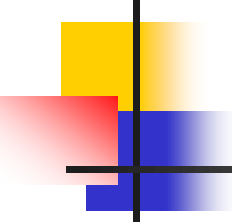
- Um dos principais parâmetros para determinação da tecnologia de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento;
- Escolha do processo de remoção da turbidez: natureza e tamanho das partículas;
- Dificuldade no tratamento: clarificação da água com valores elevados de turbidez após variação súbita;
 - Prejuízo das etapas seguintes do tratamento;
 - Recomendação: Uso de pré-sedimentador (300 uT).



Indicadores Físicos

■ Turbidez

- Águas superficiais: 1 a 1000 uT;
 - Época de estiagem: 50 uT;
 - Época de chuvas intensas: picos de 1500 uT.
- ETAs convencionais e de dupla filtração não funcionam bem em épocas de chuvas intensas;
- Turbidez natural
 - Águas superficiais: 3,0 – 50,0 uT;
 - Águas subterrâneas: < 1,0 uT;
 - Lagos e represas: < 10,0 uT.
 - Brasil: elevados valores em regiões com solos erodíveis.



Indicadores Físicos

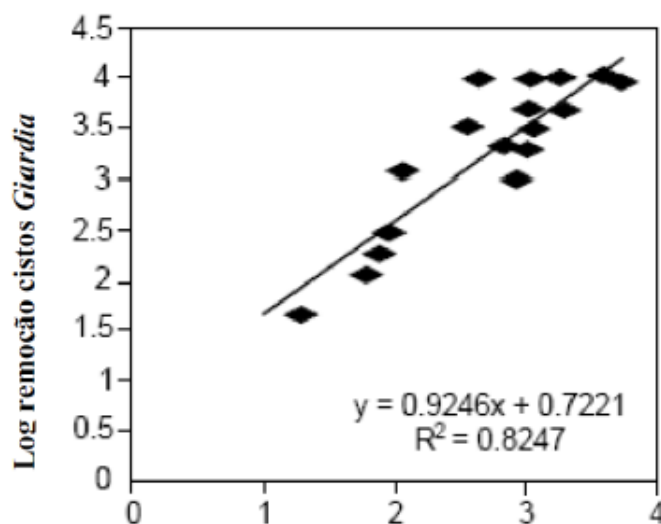
■ Turbidez

- Problemática de análise: equipamentos diferentes fornecem valores distintos de turbidez;
- Portaria 2914/11, MS: não padroniza o tipo de equipamento;
- Potabilidade: Parâmetro principal para eficiência em ETAs;
 - Baixa turbidez: maior eficiência na desinfecção;
 - Efeito escudo: partículas pode servir de abrigo para microrganismos;
 - Redução da concentração de substâncias tóxicas: remoção dos sólidos suspensos.

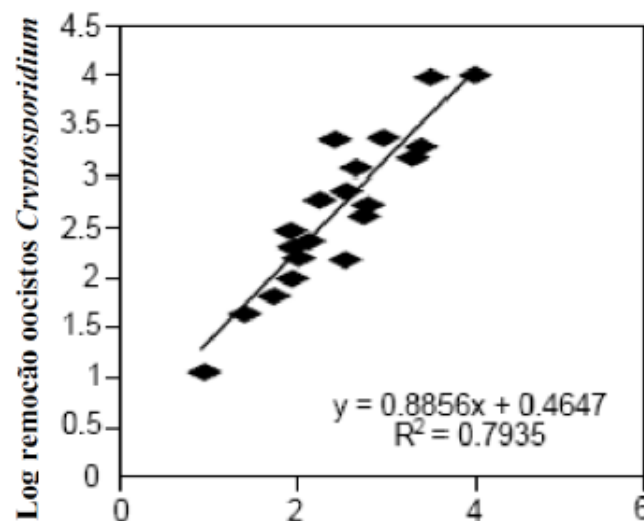
Indicadores Físicos

■ Turbidez

- Parâmetro indicador: para remoção de cistos e oocistos de protozoários;

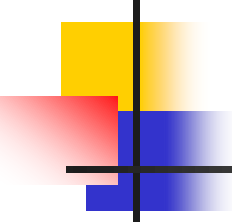


Log remoção partículas 7-14 µm



Log remoção partículas 4-7 µm

Associação entre remoção de (oo)cistos de *Giardia sp.* e *Cryptosporidium sp.* e de partículas (OLIVEIRA, 2014).



Indicadores Físicos

■ Turbidez

- Faixa (Portaria 2914/11, MS) – Anexos II e III;
 - Padrão organoléptico: < 5 uT.

■ Condutividade elétrica

- Capacidade da água em conduzir corrente elétrica;
- Unidade: $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens);
- Materiais ionizáveis na água;
- Alguns valores de condutividade (25 °C):
 - Água pura: 0,04 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
 - Água destilada: 1,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
 - Água bruta: 20-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Qualidade da água

- Indicadores

- Químicos:

- Salinidade
 - Dureza
 - Alcalinidade
 - Corrosividade
 - Ferro e manganês
 - Impurezas orgânicas, nitrogênio e cloretos
 - Compostos tóxicos
 - Pesticidas, etc.





Indicadores Químicos

- Grande importância – presença de substâncias pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento;
- Portaria 2914, MS – Anexo VII
 - Padrão de potabilidade para as substâncias químicas que apresentam risco à saúde.



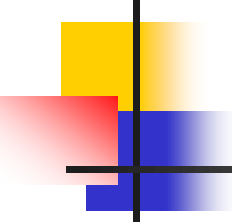
Indicadores Químicos

- pH (potencial hidrogeniônico)
 - Concentração de íons H^+ (escala logarítmica);
 - Faixas de pH (0 – 14):
 - Ácido: $pH < 7$;
 - Neutro: $pH = 7$;
 - Básico ou alcalino: $pH > 7$.
 - pH da água depende de sua origem e características naturais;
 - Alteração do pH por despejo de resíduos domésticos e industriais.



Indicadores Químicos

- pH (potencial hidrogeniônico)
 - Relevância do pH:
 - Desinfecção utilizando compostos de cloro: valores menores de pH ajudam na formação do ácido hipocloroso (HOCl);
 - Coagulação: faixa estrita de pH;
 - Controle de corrosão em adutoras e redes de distribuição;
 - Formação de subprodutos de TMH: valores mais elevados de pH;
 - Abrandamento de dureza de águas.



Indicadores Químicos

- pH (potencial hidrogeniônico)
 - Parâmetro de maior frequência de monitoramento em ETAs;
 - Equipamentos utilizados: pHmetro e métodos colorimétricos;
 - Portaria 2914/11, MS: $\text{pH} = 6,0 - 9,0$.
 - Valores muito baixos: corrosão;
 - Valores muito altos: incrustação.

Indicadores Químicos

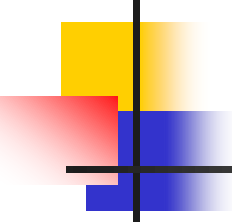
- pH (potencial hidrogeniônico)



Fonte: (pH-metro de bancada spectrun MOD UB 10, disponível em
<http://www.spectrun.com.br/site/index.php?pag=visualiza_cat&id=1472&cat=3>)



Fonte: (pHmetro de bancada Modelo pH 21 - HANNA - disponível em
<<http://www.splabor.com.br/equipamentos-laboratorio/phmetro-de-bancada/phmetro-de-bancada-modelo-ph-21.html>>)

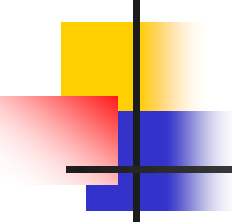


Indicadores Químicos

- pH (potencial hidrogeniônico)

Indicador	Cor em pH abaixo da viragem	Intervalo aproximado de pH de mudança de cor	Cor em pH acima da viragem
Violeta-de-metila	Amarelo	0,0-1,6	Azul-púrpura
Azul-de-bromofenol	Amarelo	3,0-4,6	Violeta
Alaranjado-de-metila	Vermelho	3,1-4,4	Amarelo
Azul-de-bromotimol	Amarelo	6,0-7,6	Azul
Vermelho-de-metila	Vermelho	4,4-6,2	Amarelo
Vermelho-de-fenol	Amarelo	6,6-8,0	Vermelho
Fenolftaleína	Incolor	8,2-10,0	Rosa-carmim
Timolftaleína	Incolor	9,4-10,6	Azul
Amarelo-de-alizarina R	Amarelo	10,1-12,0	Vermelho
Carmim-de-indigo	Azul	11,4-13,0	Amarelo

Indicadores colorimétricos e faixas de pH.
Fonte: OLIVEIRA, 2014.



Indicadores Químicos

- Alcalinidade

- Capacidade de neutralizar ácidos ou capacidade de minimizar variações significativas de pH;
- Principais íons constituintes de alcalinidade:
 - Bicarbonato (HCO_3^-);
 - Carbonato (CO_3^{2-});
 - Hidróxido (HO^-).



Indicadores Químicos

- Alcalinidade

- Três formas de alcalinidade, conforme pH:
 - $\text{pH} < 4,5$ – Alcalinidade de ácidos minerais;
 - $\text{pH } 4,5 - 9,3$ – Alcalinidade somente bicarbonatos;
 - $\text{pH } 8,3 - 9,4$ – Alcalinidade de carbonatos e bicarbonatos;
 - $\text{pH } 9,4 - 11,0$ – Alcalinidade de hidróxidos e carbonatos.
- Não apresenta risco potencial à saúde.
 - Efeito limitado ao valor do pH.



Indicadores Químicos

- Alcalinidade

- Função primordial no processo de tratamento de água;
 - Minimização do efeito de redução de pH provocado pelo agente coagulante;
 - Mananciais brasileiros tem baixa alcalinidade;
 - Adição de alcalinidade artificial: cal primária;
 - Etapa de floculação: Reação do coagulante com a alcalinidade da água formando hidróxidos metálicos.



Indicadores Químicos

■ Alcalinidade

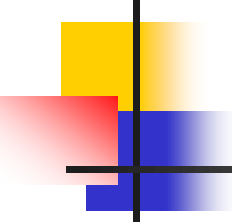
- Função primordial no processo de tratamento de água;
 - Pós-tratamento: cal secundária (redução de problemas de corrosão;
- Determinação da alcalinidade
 - Titulação da água com ácido sulfúrico ou outro ácido forte;
 - Unidade: mg/L CaCO_3 ;
 - Águas naturais superficiais (Brasil): < 100 mg/L CaCO_3 .



Indicadores Químicos

■ Acidez

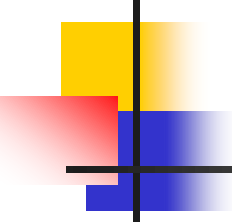
- Capacidade de neutralizar bases e evitar alterações bruscas de pH;
- Águas superficiais ácidas: despejos industriais ácidos ou lixiviação de águas de minas;
- Águas naturais: Tampão bicarbonato/ácido carbônico (pH 6,0 – 8,3);
- Unidade: mg/L CaCO_3 ;
- Importância: Estudo de corrosão de adutoras e redes de distribuição;
- Correção de acidez: cal ou barrilha.



Indicadores Químicos

■ Dureza

- Concentração de íons multivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} e Al^{3+});
- Unidade: mg/L CaCO_3 ;
- Condições de supersaturação: íons Ca^{2+} e Mg^{2+} ;
- Águas duras: incrustação (formação de precipitados).

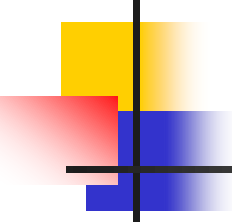


Indicadores Químicos

- Dureza

- Origem

- Natural: dissolução de rochas calcárias;
 - Antropogênica: despejo de efluentes de mineração e industriais em corpos receptores.
 - Dureza = alcalinidade: cálcio e magnésio associados a carbonatos e bicarbonatos;
 - Dureza < alcalinidade: Carbonatos e bicarbonatos associados ao sódio e potássio;
 - Dureza > alcalinidade: Parte de cálcio e magnésio associado a sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos.

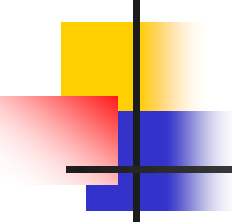


Indicadores Químicos

- Dureza

- Formas de dureza

- **Total:** conteúdo total de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , distinguindo as parcelas de dureza de cada um;
- **Permanente ou não-carbonatada:** quantidade de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , após ebulição da água por meia hora com recuperação do volume inicial com água destilada;
- **Temporária ou de carbonatos:** Bicarbonatos de cálcio e magnésio eliminados por ebulição. Diferença entre a dureza total e a permanente.



Indicadores Químicos

■ Dureza

■ Classificação das águas, segundo a dureza:

- **Água mole ou branda:** $< 50 \text{ mg/L CaCO}_3$;
- **Dureza moderada:** $50 - 150 \text{ mg/L CaCO}_3$;
- **Dura:** $150 - 300 \text{ mg/L CaCO}_3$;
- **Muito dura:** $> 300 \text{ mg/L CaCO}_3$.

■ Determinação da dureza

- Quantificação da concentração de bases (Ca^{2+} e Mg^{2+}) na amostra, convertidos em unidades de concentração de CaCO_3 .



Indicadores Químicos

- Cloretos, sulfatos e sólidos dissolvidos totais
 - Bicarbonatos, cloretos e sulfatos: sólidos dissolvidos totais;
 - Cloretos
 - Indicativo de poluição;
 - Regiões litorâneas sem contaminação pelo homem;
 - Confere sabor salino às águas;
 - Podem interferir na coagulação;
 - VMP: < 250 mg/L (válido também para sulfatos).
 - Sólidos dissolvidos totais: < 1000 mg/L.



Indicadores Químicos

■ Ferro e manganês

- Dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais;
- Causam coloração na água;
 - Ferro: cor avermelhada;
 - Manganês: cor marrom.
- Outros prejuízos;
 - Manchar roupas;
 - Gosto metálico.
- Águas ferruginosas: desenvolvimento de ferrobactérias.



Indicadores Químicos

- Ferro e manganês

- Padrão de potabilidade – Portaria 2914/11, MS
 - Ferro: $\leq 0,3$ mg/L;
 - Manganês: $\leq 0,1$ mg/L.
- Padrão de lançamento de efluentes no corpo receptor – Resolução CONAMA 430/2011
 - Ferro dissolvido: ≤ 15 mg/L;
 - Manganês: $\leq 1,0$ mg/L.



Indicadores Químicos

- Produtos farmacêuticos

- Contaminação por águas de higiene pessoal, antibióticos e desreguladores endócrinos;
 - Perclorato – afeta a tireóide;
 - Antrazina – afeta enzima responsável pela regulação de hormônios.
- Compostos resistentes à biodegradação.
 - Feminilização de peixes machos;
 - Níveis elevados de resistência a antibióticos.

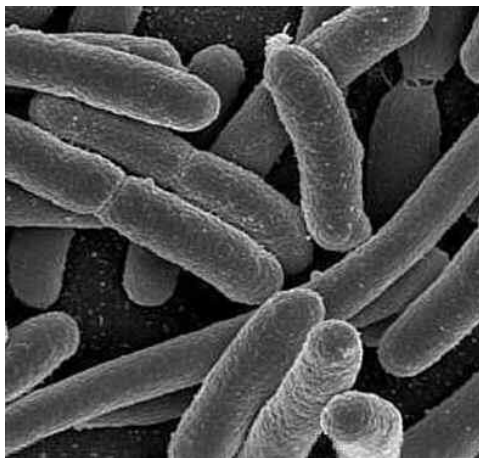
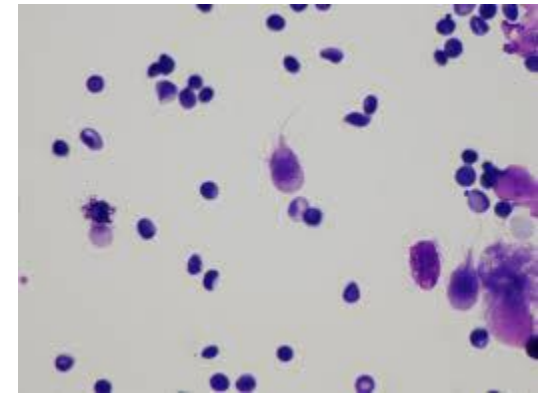
Qualidade da água

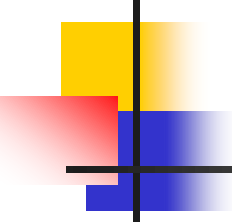
- Indicadores

- Biológicos:

- Algas

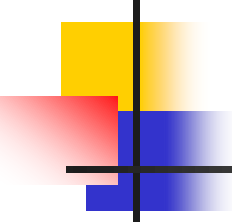
- Microrganismos patogênicos





Indicadores Biológicos

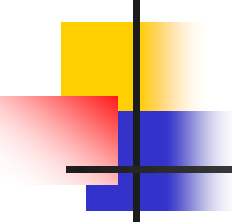
- Presença de microrganismos presentes na água;
- Transmissão de doenças e transformação da matéria orgânica por microrganismos decompositores;
- Padrão microbiológico de água para consumo humano (Portaria 2914/11, MS – Anexo I).



Indicadores Biológicos

Doenças mais comuns de veiculação hídrica.
(RICHTER, 2009).

Organismos	Doença
Vírus	
Poliomielite	Poliomielite, paralisia infantil
ECHO	Meningite, diarreia infantil
Vírus desconhecidos	Hepatite infecciosa
Bactérias	
<i>Leptospirae</i>	Leptospirose
<i>Salmonella paratyphi</i>	Febre paratifoide
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide
<i>Shigella</i>	Disenteria bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
Protozoários	
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase (diarreia)
Helmintos (parasitas)	
<i>Echinococcus</i>	Equinococose (cisto hidático ou hidatitose)
<i>Schistosoma</i>	Esquistossomose



Indicadores Biológicos

- Doenças associadas a água
 - De transmissão ou veiculação hídrica – via fecal;
 - Organismos indicadores de contaminação fecal
 - Resposta satisfatória por contaminação por fezes (humanas e animais);
 - Grupo coliforme: grande quantidade e maior resistência quando comparada a outras bactérias patogênicas.
 - Indicadores: Coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*.



Indicadores Biológicos

■ Doenças associadas a água

- Coliformes totais: grupo de bactérias isoladas de águas poluídas e de fezes de animais de sangue quente;
 - Parâmetro indicador de eficiência do tratamento e integridade da rede de distribuição.
- Coliformes termotolerantes: bactérias resistentes a temperatura no teste de detecção, mas não são necessariamente fecais;
- *Escherichia coli* (grupo coliforme): bactéria que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal.



Indicadores Biológicos

■ Algas

- Plantas usualmente unicelulares que contém clorofila;
- Quatro grandes grupos:
 - Clorofíceas – algas verdes;
 - Cianofíceas – algas azuis;
 - Feofíceas – algas pardas ou marrons;
 - Rodofíceas – algas vermelhas.
- Fotossíntese – luz solar.
 - Redução de alcalinidade e pH.

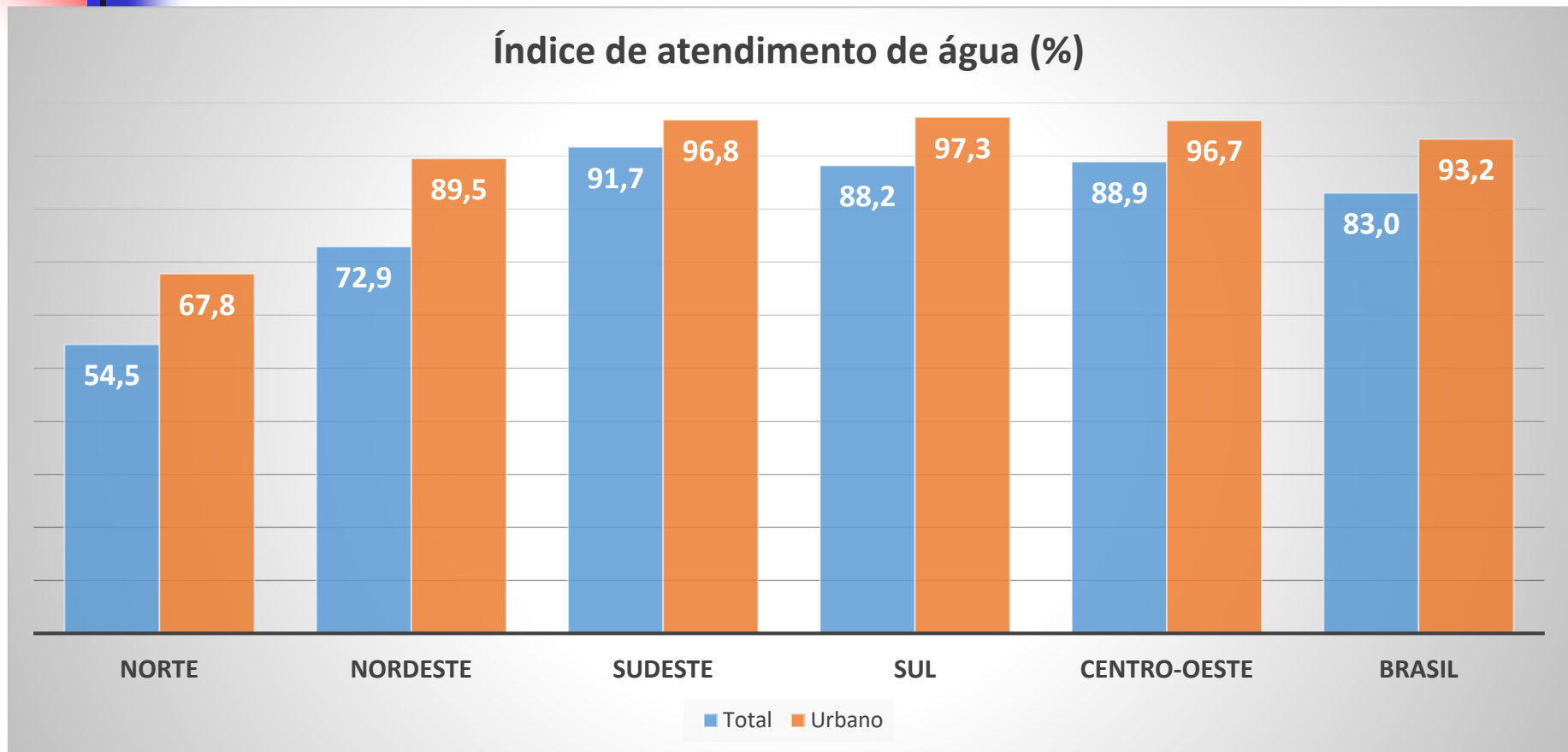


Indicadores Biológicos

■ Algas

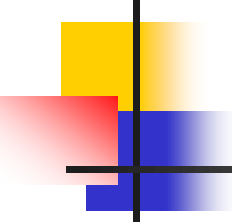
- Incidência das algas;
 - Todos os corpos d'água contêm algas;
 - Águas correntes (menor incidência) e estuários (maior incidência).
- Grandes quantidades – prejudicam o sistema de abastecimento;
 - Sabor e odor desagradáveis;
 - Danos aos filtros.
- Contagem: UPA (Unidade padrão de área) – $400 \mu\text{m}^2$;
 - > 500 UPA – medidas preventivas.

Abastecimento de água no Brasil

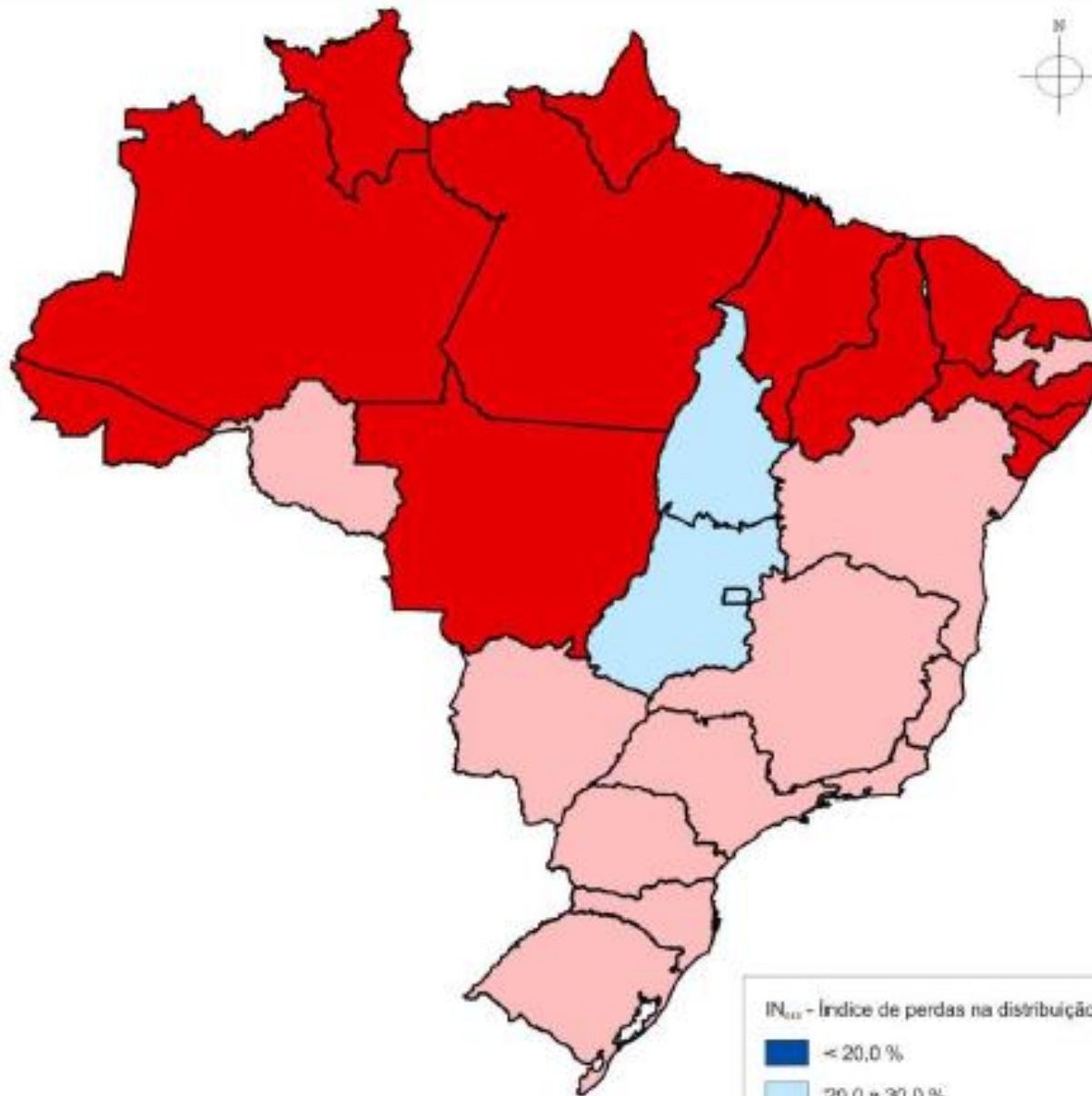


Fonte: SNIS (2014).

Abastecimento de água no Brasil

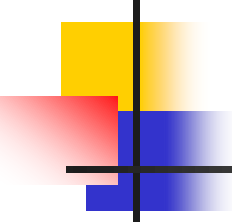


- Situação: Razoavelmente boa
 - Índice de atendimento da população: 83,0 %
 - Índice de atendimento urbano: 93,2 %
 - Ligações ativas de água: 51,6 milhões
 - Extensão da rede de água: 586,17 mil km
 - Volume produzido de água: 15,991 bilhões m³
- Perdas de água
 - Brasil (valor médio): 36,7 %



Representação espacial do índice de perdas na distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2014. (Fonte: SNIS, 2014)

Abastecimento de água no Brasil



- Prestadoras de serviços

- Abrangência regional (companhias estaduais)

- Exemplos: SABESP/SP, COPASA/MG

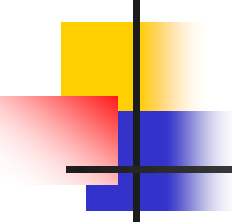
- 77,9 % dos municípios (2014);

- 74,0 % abastecimento urbano de água (2014).

- Restante

- Abrangência microrregional (consórcios municipais)

- Abrangência local (autarquias, companhias municipais ou operadoras privadas)



NBR 12216

- Tipos de águas naturais para abastecimento público (**anterior a Resolução CONAMA 357/2005**)
 - Tipo A – **águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas**, com características básicas definidas na norma, e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade;
 - Tipo B – **águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não-protegidas**, com características básicas definidas na norma, e que possam enquadrar-se nos padrões de **potabilidade, mediante processo de tratamento que não exija coagulação.**



NBR 12216

- Tipos de águas naturais para abastecimento público (**anterior a Resolução CONAMA 357/2005**)
 - Tipo C – **águas superficiais provenientes de bacias não protegidas**, com características básicas definidas na Norma, e que **exijam coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade**;
 - Tipo D – **águas superficiais provenientes de bacias não protegidas**, sujeitas a fontes de poluição, com características básicas definidas na Norma, e que **exijam processos especiais de tratamento para que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade**.



NBR 12216

- Tratamento necessário a cada tipo de água
 - Tipo A – desinfecção e correção de pH;
 - Tipo B – desinfecção e correção de pH e, além disso:
 - a) decantação simples, para águas contendo sólidos;
 - b) filtração, precedida ou no de decantação, para águas de turbidez natural sempre inferior a 40 NTU e cor sempre abaixo de 20 uH.
 - Tipo C – coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção de pH;
 - Tipo D – tratamento mínimo do tipo C e tratamento complementar apropriado a cada caso.

Qualidade da água bruta

- Qualidade da água bruta;
- Qualidade da água final;
- Confiabilidade em processos e equipamentos;
- Mão de obra e pessoal;
- Flexibilidade operacional em lidar com mudanças na qualidade da água;
- Área disponível;
- Disposição dos resíduos (Aspectos ambientais);
- Custos de operação e construção;
- Aspectos políticos.

Tratamento de Água

Qualidade da água final

Esteticamente agradável

Compostos inorgânicos

Compostos orgânicos

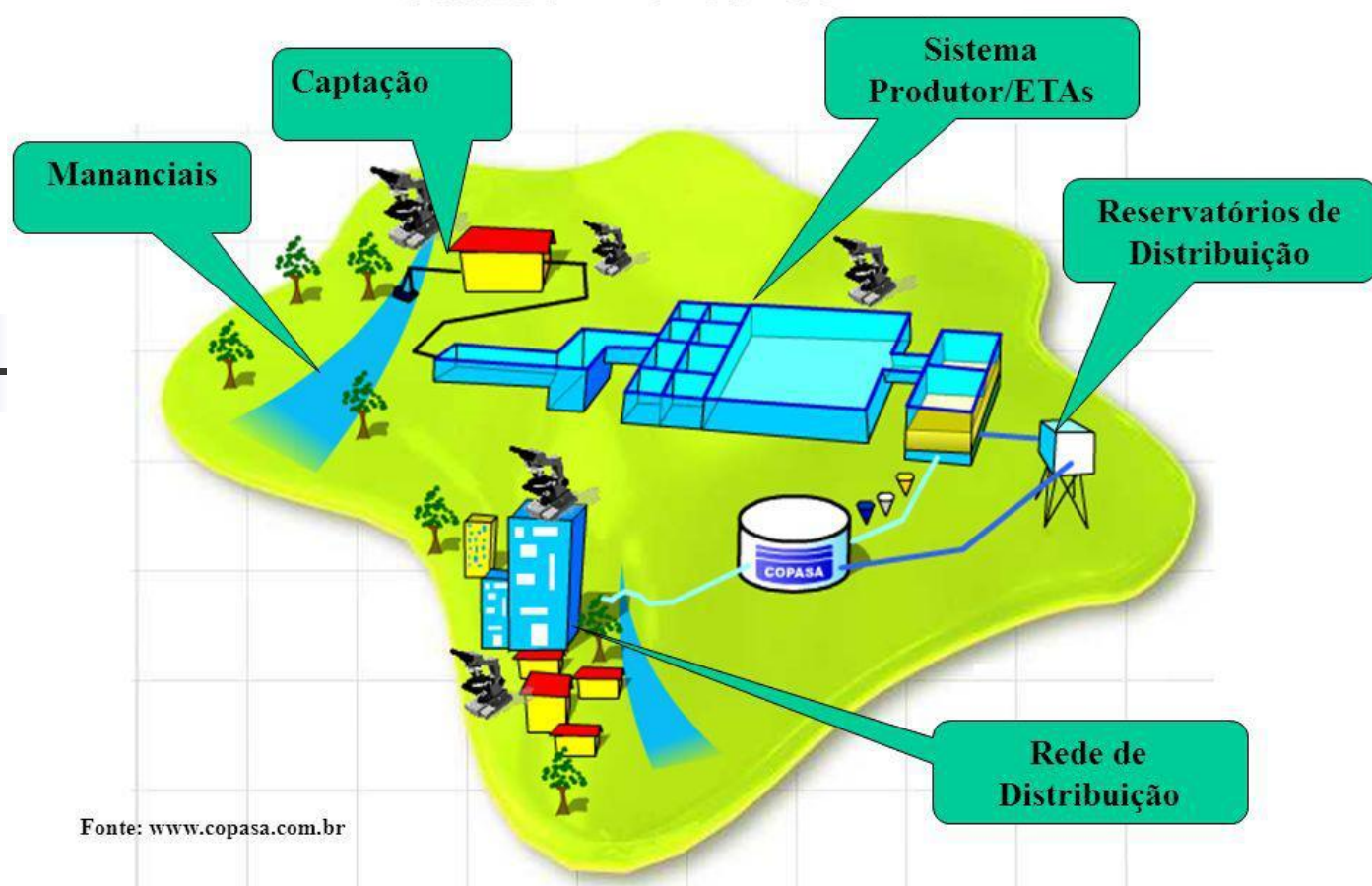
Microbiologicamente segura

Subprodutos da desinfecção



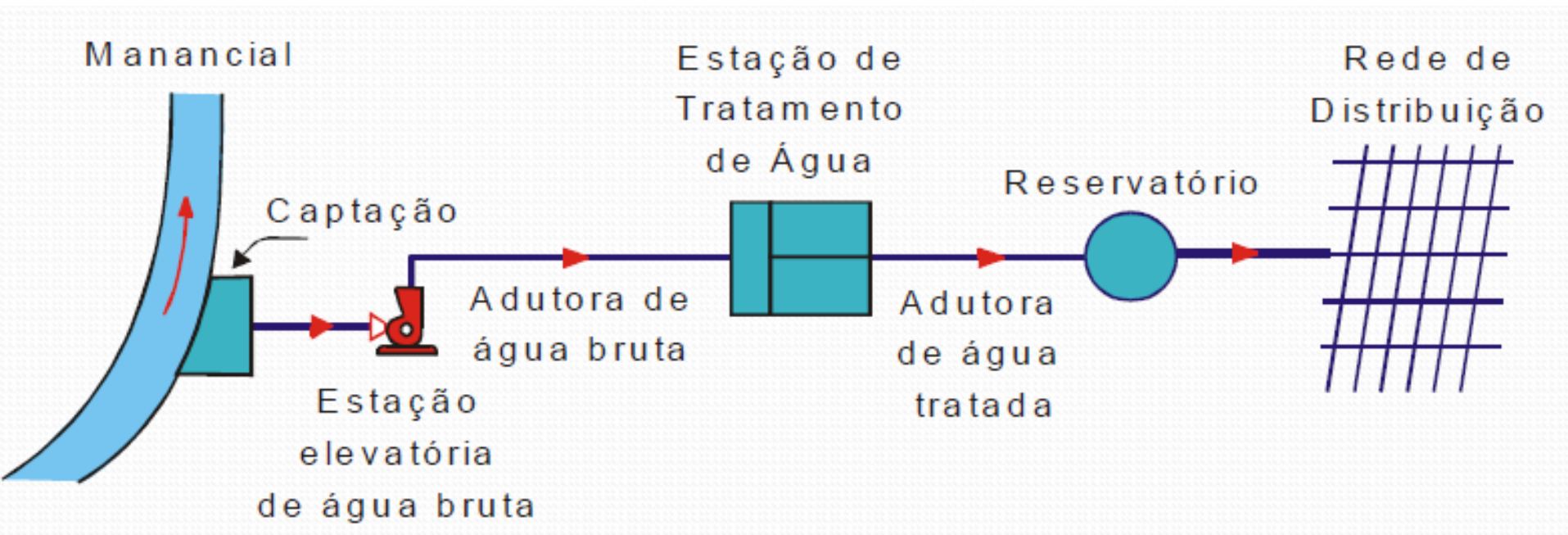
Tecnologias de tratamento

- Três fases – tecnologias de tratamento
 - Clarificação (coagulação, floculação e decantação/flotação);
 - Filtração;
 - Desinfecção.
- Brasil
 - Estações de tratamento convencional (completo);
 - Estações de filtração direta;
 - Estações de flotação a ar dissolvido.



UNIDADES CONSTITUINTES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Partes de um sistema de abastecimento de água



Partes de um sistema de abastecimento de água

- **Manancial:** é o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário.



Partes de um sistema de abastecimento de água

- **Captação:** conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao sistema de abastecimento.



Captação de água do Rio Sorocaba no município de Cerquilha/SP.



Captação de água superficial do município de São Leopoldo/RS.



Partes de um sistema de abastecimento de água

■ **Estação elevatória**

- Conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar a água para a unidade seguinte;
- Várias estações elevatórias, tanto para recalque de água bruta como água tratada;
- Tipo “booster”: aumento de pressão e/ou vazão em adutoras da rede de distribuição de água.

Partes de um sistema de abastecimento de água

■ Estação elevatória



Partes de um sistema de abastecimento de água



Estação elevatória de água tratada do município de Jaboticabal/SP.

Partes de um sistema de abastecimento de água



Estação elevatória de água tratada do município de Itapira/SP.

Partes de um sistema de abastecimento de água



“Booster” instalado na cidade de Canelinha/SC para aumento da pressão na rede de distribuição.

Partes de um sistema de abastecimento de água



“Booster” instalado na cidade de Blumenau/SC para aumento da pressão na rede de distribuição.

Partes de um sistema de abastecimento de água

- **Adutora:** canalização que se destina conduzir água entre as unidades que precedem a rede de distribuição. Não distribuem água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são as subadutoras.



Adutora de água bruta da rede de abastecimento de água do município de Sorocaba/SP.

Partes de um sistema de abastecimento de água



Construção de adutora de água bruta para complemento do abastecimento de água da população de Tauá/CE.



Adutora de água bruta do Rio Pilões para abastecimento de água do município de Florianópolis/SC.

Partes de um sistema de abastecimento de água

- **Estação de tratamento de água:** conjunto de unidades destinado a tratar a água de modo a adequar suas características aos padrões de potabilidade.



Estação de tratamento de água de Meia Ponte, situada na cidade de Goiânia/GO.
Capacidade: 2500 L/s.

Partes de um sistema de abastecimento de água



Estação de tratamento de água de Guandu, situada na cidade do Rio de Janeiro, abastece 8 municípios da região metropolitana. Capacidade: 43000 L/s.

Partes de um sistema de abastecimento de água

- **Reservatório:** é o elemento do sistema de distribuição de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.

Reservatório de água com capacidade de 5 milhões de litros situado no município de Jacareí/SP.



Partes de um sistema de abastecimento de água



Reservatório de água de Marechal Cândido Rondon/PR
com capacidade de armazenamento de 4 milhões de litros.

Partes de um sistema de abastecimento de água

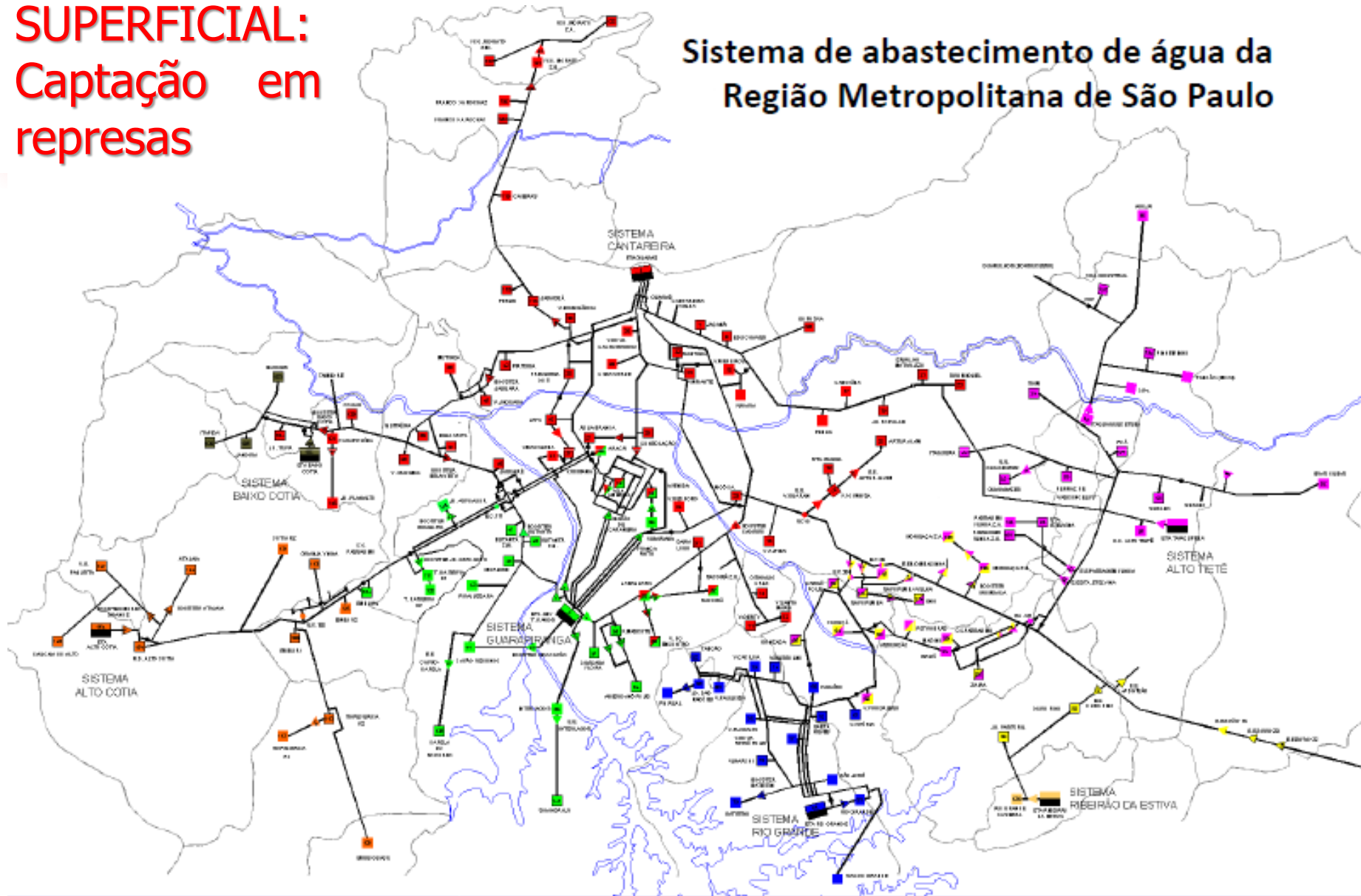
- **Rede de distribuição:** parte do sistema de abastecimento de água formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendada.

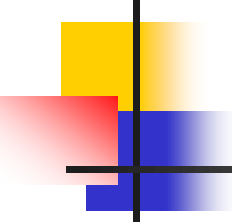
Esquema de captação, tratamento e distribuição de água de Manaus/AM.



MANANCIAL SUPERFICIAL: Captação em represas

Sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo





Abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

- Sistemas produtores (Fonte: SABESP, 2017)
 - Cantareira – 33 m³/s
 - Guarapiranga – 15 m³/s
 - Alto Tietê – 15 m³/s
 - Rio Grande – 5,0 m³/s
 - Rio Claro – 4,0 m³/s
 - Baixo Cotia – 0,9 m³/s
 - Alto Cotia – 1,2 m³/s
 - Ribeirão da Estiva – 0,1 m³/s

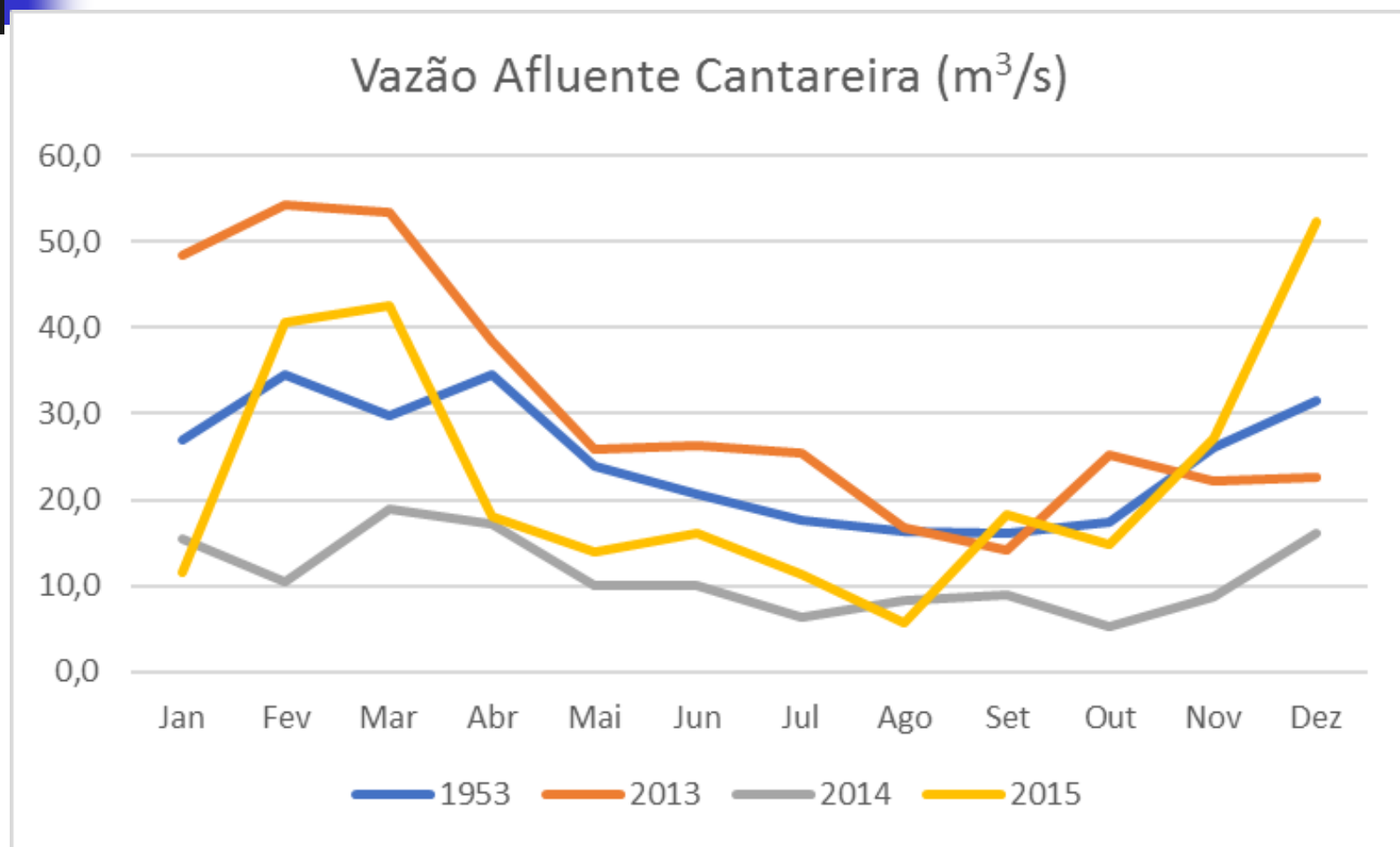
Abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

■ Cantareira

- Volume Útil: 982 hm³
- Reserva Técnica: 287,5 hm³
- 1ª cota: 182 hm³ (-18,5%)
- 2ª cota: 105 hm³ (-29,2%)
- 3ª cota: 41 hm³ (-33,4%)
- 4ª cota: 40 hm³ (-37,5%)



Abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)



Fonte: Ana, 2016.

Abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

- Alto Tietê

- Volume Útil: 520 hm³
- "Reserva": 39 hm³

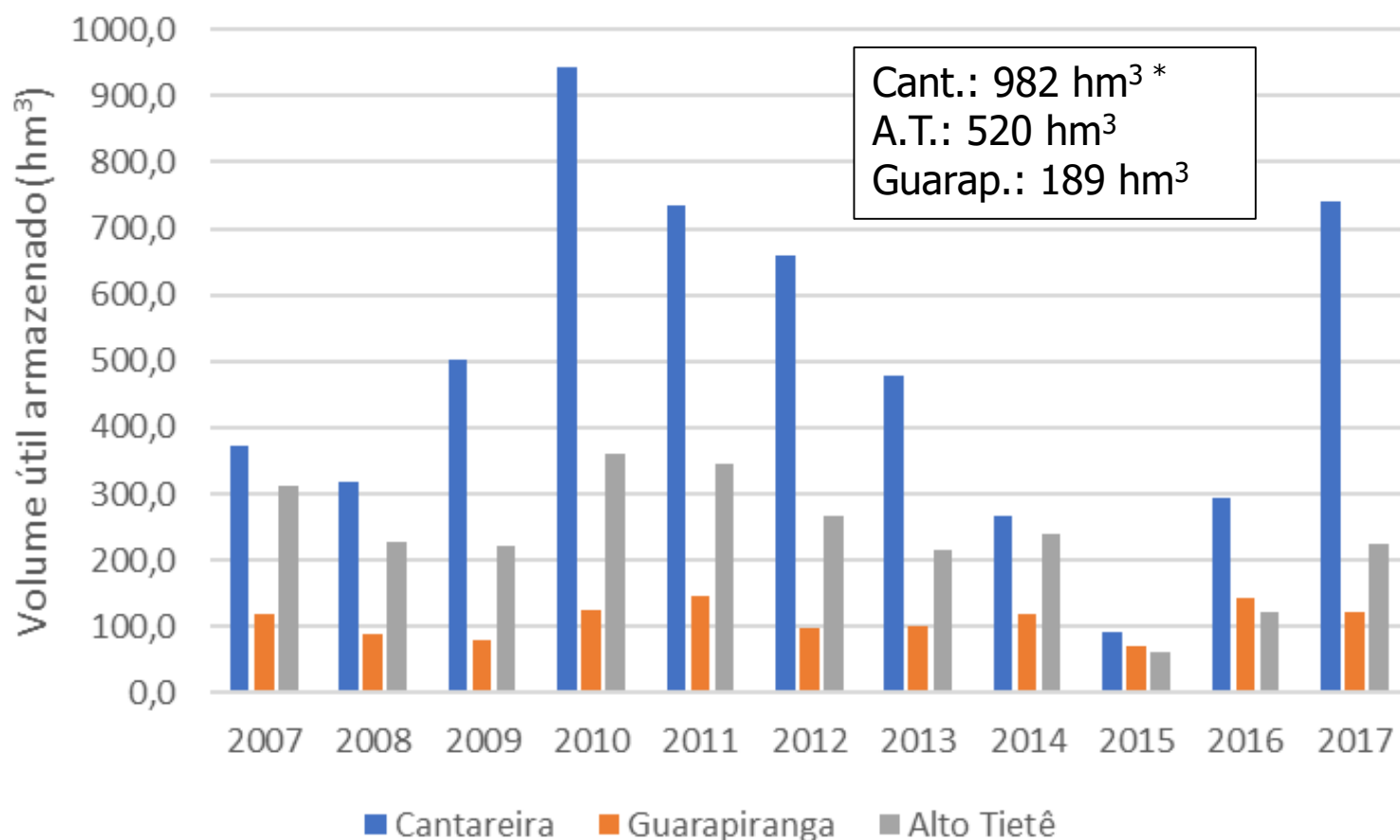


- Guarapiranga

- Volume Útil: 189 hm³



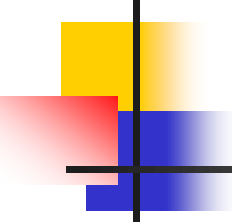
Abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)



* 16/05/2014 – 1ª Reserva técnica – 182,5 hm³
24/10/2014 – 2ª Reserva técnica – 105,0 hm³

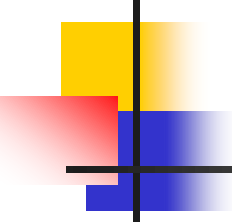


POLUIÇÃO DAS ÁGUAS



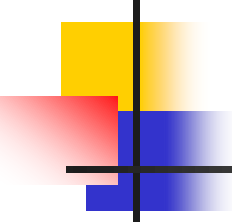
Introdução

- Desenvolvimento da humanidade: disponibilidade de recursos;
- Fontes de energia: qualidade e quantidade.
 - Luz solar;
 - Ar;
 - Água;
 - Alimento.



Introdução

- Homem: “esbanjador” – geração de resíduos;
 - Esgoto;
 - Lixo;
 - Partículas no ar.
- Ficar próximos a fontes X Afastar ou condicionar resíduos gerados.



Introdução

- Comodismo natural: fonte de energia e resíduos;
 - Fontes impuras;
- Meio ambiente: Elementos e fatores indispensáveis a vida;
- Poluição do meio ambiente: matéria rejeitada sobre as fontes de energia;
- Impactos ambientais e poluição existem desde o início da humanidade;
- Evolução tecnológica: problemas evidentes.



Introdução

- Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) – Lei 6938/1981;
 - Poluição: Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:
 - Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
 - Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
 - Afetem desfavoravelmente a biota;
 - Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
 - Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.



Introdução

- Agravamento das fontes de energia a estados impuros;
- Autoconservação: Sistemas de defesa;
 - Sistemas de abastecimento de água;
 - Sistema de coleta de esgotos;
 - Sistema de limpeza urbana;
 - Sistema de processamento de alimento;
 - Sistema de controle de poluição.



Introdução

- Solução de problemas: Ciências (Ecologia, Engenharia, Medicina, Farmácia, etc.);
- Saúde Pública (George Rosen (1994)¹): “quando da necessidade de se conter as epidemias, a partir da melhoria do ambiente físico, da provisão das águas, da assistência médica e de outras medidas.”

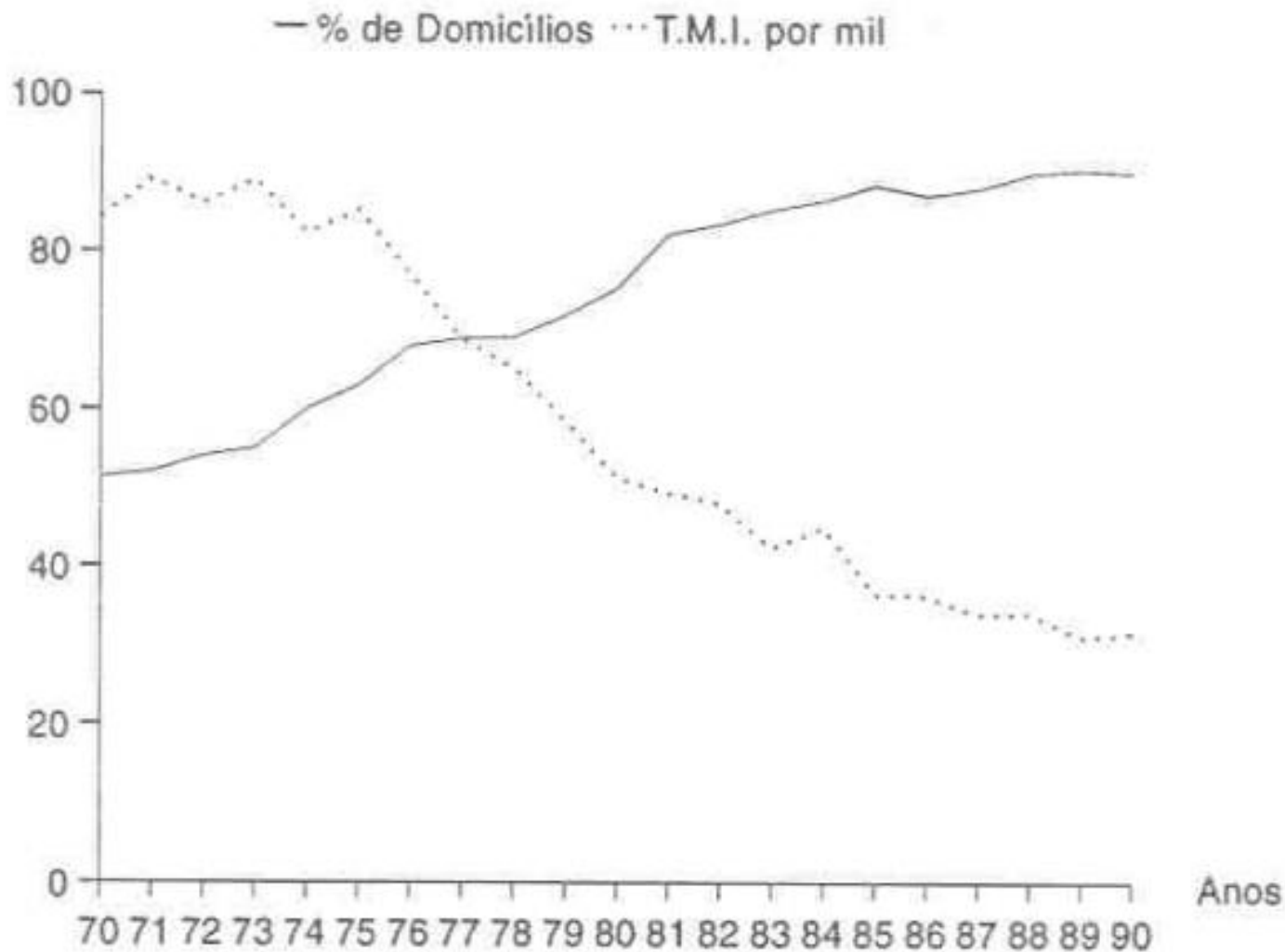
Fonte:

(1) ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: Hucitec, 1994.



Introdução

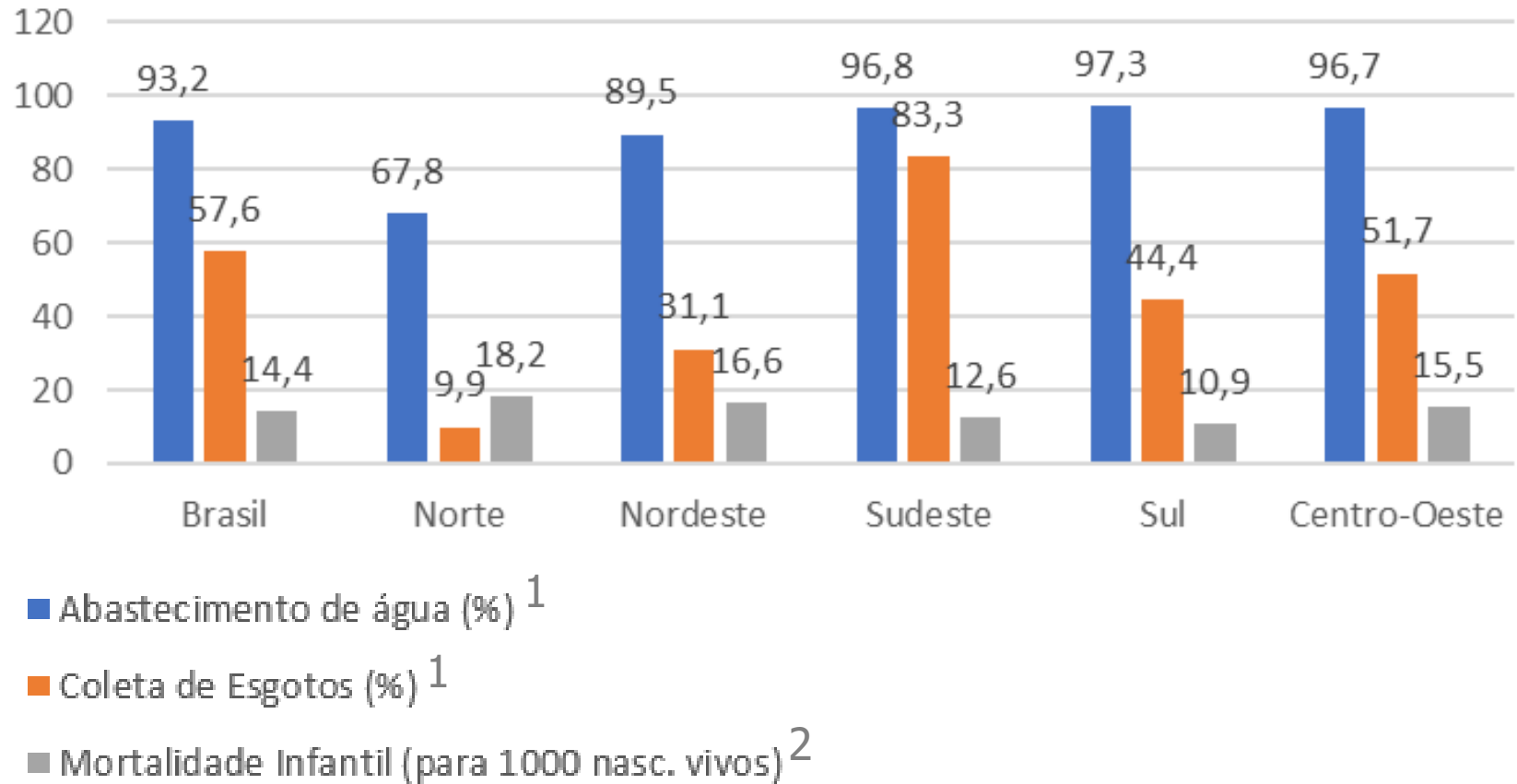
- Postura “antropocêntrica”: Ações que causam prejuízos ambientais.
- Saneamento (OMS): Controle de todos os fatores do meio físico do Homem que exercem ou podem exercer efeito contrário sobre seu bem-estar físico, social ou mental.”
- Relação entre saúde e saneamento;
 - Taxas de mortalidade x saneamento



Evolução da taxa de mortalidade infantil e da proporção de domicílios ligados à rede geral de água com canalização interna no estado de São Paulo de 1970-90.

Fonte: FERREIRA, C.E. de C. Saneamento e mortalidade infantil. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo. 6(4), p. 62-69, out/dez, 1992.

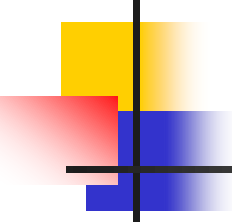
Saneamento e Mortalidade Infantil



Fonte:

(1) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgotos**, 2014.

(2) Indicadores e dados básicos, Índices de Mortalidade, Ministério da Saúde, IDB-2013.



Benefícios do abastecimento de água à saúde pública

- Enfermidades transmitidas pela água
 - Grupo de Doenças Infecciosas e Parasitárias (DIP);
 - Água contaminada: Doenças infecciosas intestinais
 - Brasil
 - 1979: 10,26 % dos óbitos
 - 1995: 4,33 % dos óbitos
 - 2007: 4,00 % dos óbitos
 - Grupos mais afetados: Crianças menores de 9 anos



Poluição dos corpos d'água

- Alteração da qualidade da água;
 - Descarte de esgoto sem tratamento ou parcialmente tratado.
- Inconvenientes nos corpos d'água:
 - Matérias orgânicas solúveis: consumo oxigênio dissolvido, gosto e odor;
 - Matérias tóxicas e metais pesados: toxicidade e bioacumulação;
 - Cor e turbidez: estética;
 - Nutrientes (N e P): eutrofização de lagos e pântanos;



Poluição dos corpos d'água

- Inconvenientes nos corpos d'água:
 - Materiais refratários;
 - Óleos e materiais flutuantes: interferências estéticas e decomposição biológica;
 - Ácidos e bases: interferência no pH;
 - Substâncias que produzem odores: sulfetos;
 - Matérias em suspensão: bancos de lama nos rios e canalizações;
 - Temperatura: solubilidade de oxigênio dissolvido.



Poluição dos corpos d'água

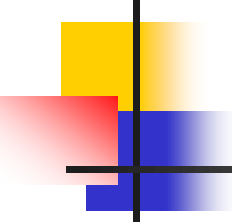
- Fontes de poluição
 - Fontes naturais;
 - Águas de áreas agrícolas;
 - Águas servidas ou esgotos;
 - Fontes diversas.
- Características locais – uso de solo, topografia, ocupação ordenada do território, etc.
- Principal fonte: esgotos domésticos não tratados.



Esgotamento sanitário de água no Brasil (2014)

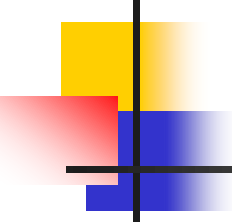
■ Situação: Ruim

- Índice de atendimento da população: 49,8 %
- Índice de atendimento urbano: 57,6 %
- Ligações ativas de esgoto: 98,0 milhões
- Extensão da rede de esgotos: 270,66 mil km
- Volume de esgoto coletado: 5,36 bilhões m³
- Volume de esgoto tratado: 3,76 bilhões m³



Abastecimento de água no Brasil (2014)

- Situação: Razoavelmente boa
 - Índice de atendimento da população: 83,0 %
 - Índice de atendimento urbano: 93,2 %
 - Ligações ativas de água: 51,6 milhões
 - Extensão da rede de água: 586,17 mil km
 - Volume produzido de água: 15,991 bilhões m³
- Perdas de água
 - Brasil (valor médio): 36,7 %



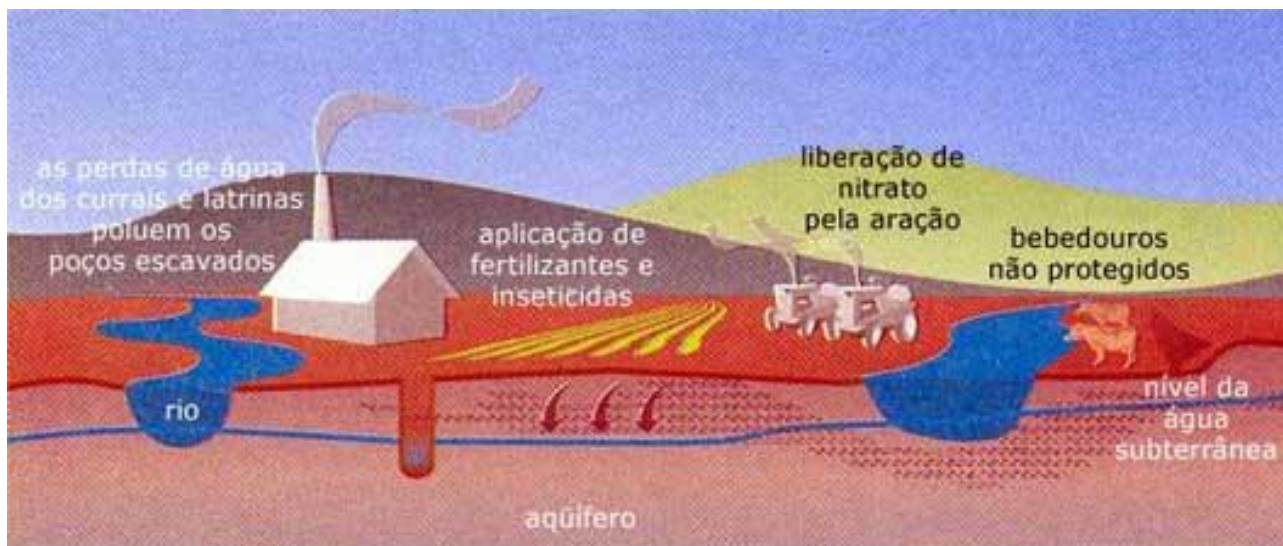
Poluição dos corpos d'água

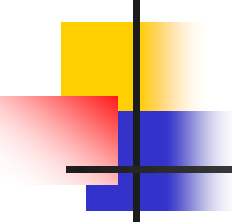
■ Fontes naturais de poluição

- Pouca ou nenhuma relação com atividade humana;
- Poluição atmosférica: origem natural (vento ou vulcânica) ou atividades industriais (trazida de outros locais);
- Minerais dissolvidos: concentrações excessivas (dureza);
- Dissolução de vegetação: alta demanda de oxigênio e cor elevada;
- Floração aquática: fenômeno natural ou eutrofização acelerada (ambiente rico em nutrientes);
- Escoamento superficial: contribui com uma parcela de poluição (erosão do solo) – arraste de partículas sólidas.

Poluição dos corpos d'água

- Poluição por contribuição de áreas agrícolas
 - Cultivo para agricultura: geração de vários tipos de poluição;
 - Menor importância: aumento de descarga sólida;
 - Maior importância: contribuição de pesticidas, herbicidas; fertilizantes e defensivos agrícolas.





Poluição dos corpos d'água

- Poluição por contribuição de águas servidas urbanas
 - Esgotos domésticos;
 - Esgotos industriais;
 - Esgotos pluviais;
 - Lodos das estações de tratamento de água.
- **Fontes pontuais:** 2 primeiros – diminuição de oxigênio nos cursos d'água e contribuição de sólidos, organismos patogênicos, nutrientes, metais pesados e diversas substâncias.



Poluição dos corpos d'água

- Poluição por contribuição de águas servidas urbanas
 - **Fontes difusas:** esgotos pluviais – impacto significativo (ligada a rede de esgotos domésticos);
 - Lodos de ETAs – coagulantes químicos, sólidos sedimentados da água bruta e água de lavagem de filtros. Exigência ambiental: projetos para unidades de condicionamento e desidratação do lodo produzido.



Poluição dos corpos d'água

- Poluição por causas diversas
 - Áreas de mineração: percolação de águas de áreas em atividade ou abandonadas (ácidos, metais, etc.);
 - Áreas de influência de aterros sanitários: lixiviado de aterros sanitários de lixo urbano (alta carga orgânica) e recebimentos de despejos perigosos (alta toxicidade);
 - Reservatórios de acumulação: deterioração da qualidade da água (floração de algas, eutrofização, acúmulo de descargas sólidas e anaerobiose no fundo do reservatório).



Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial

- Quanto à natureza

- Físicos: sólidos em suspensão, sedimentáveis, flutuantes, calor;
 - Químicos: compostos orgânicos, inorgânicos, radioativos;
 - Biológicos: bactérias, vírus, protozoários, fungos, organismos patogênicos.

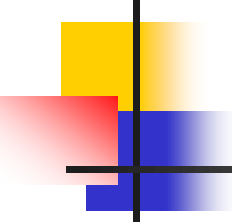
- Quanto à forma

- Sólidos: areia, cascalho, silte, argila, lodo, etc.;
 - Líquidos: esgotos sanitários, industriais, pluviais, lixiviados de áreas agrícolas, de aterros;
 - Gasosos: emitidos para a atmosfera.



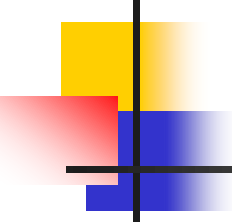
Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Quanto ao tipo em geral
 - Substâncias tóxicas que afetam a saúde;
 - Substâncias que afetam a qualidade organoléptica;
 - Substâncias que consomem oxigênio;
 - Substâncias químicas refratárias;
 - Nutrientes;
 - Matéria sólida;
 - Organismos transmissores de doenças;
 - Substâncias radioativas;
 - Calor.



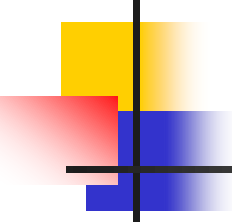
Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Substâncias tóxicas que afetam à saúde
 - Despejos industriais e de áreas agrícolas;
 - Compostos inorgânicos: metais pesados, cianetos, fluoretos, etc.
 - Compostos orgânicos: aldrin, dieldrin, benzenos, DDT, heptacloro, pentaclorofenos, etc.
 - Impactos desfavoráveis: vida aquática e consumidores destas águas ou dos peixes;
 - Efeitos imediatos ou de curta duração;
 - Efeitos crônicos pela acumulação no organismo por longos períodos;
 - Consequências genéticas para gerações futuras.



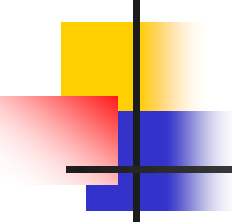
Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Substâncias que afetam a qualidade organoléptica
 - Cor, odor e sabor;
 - Afetada por várias substâncias (tensoativos, cloretos, alumínio, cobre, dureza, ferro, manganês, etc.
 - Substâncias que consomem oxigênio
 - Oxigênio dissolvido (OD): fundamental para a vida aquática;
 - 50 % da concentração de saturação – 4 mg L^{-1} ;
 - Poluição orgânica: consumo de oxigênio para degradação pelos microorganismos;
 - Características dos esgotos, do corpo receptor – grau de tratamento necessário.



Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Substâncias químicas refratárias ou persistentes
 - Não são biodegradáveis;
 - Acúmulo no meio aquático até causar danos;
 - Duas categorias: não oferecem risco à saúde, mas efeitos estéticos desagradáveis (detergentes sintéticos não biodegradáveis) e os que oferecem risco à saúde (pesticidas e compostos tóxicos).



Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial

- Nutrientes

- Nitrogênio (estuários) e fósforo (lagos): limitam o crescimento biológico;
 - Outros nutrientes: Carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, enxofre e traços de vários outros;
 - Alta produtividade de algas em lagos e reservatórios;
 - Fator limitante ou fator limitante;
 - Necessidade de tratamento mais avançado (terciário) ou processo biológico mais completo.



Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial

- Matéria sólida

- Em função do tamanho: em suspensão, coloidais, dissolvidos, sedimentáveis, flutuantes e não sedimentáveis;
 - Efeitos:
 - Aumento de turbidez;
 - Impedimento à passagem de luz;
 - Formação de espuma superficial;
 - Formação de depósitos de lodo;
 - Geração de maus odores;
 - Diminuição do volume útil de reservatórios, lagos e baías;
 - Prejuízos às operações portuárias e de navegação;
 - Diversos outros inconvenientes.



Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Organismos transmissores de doenças
 - Contaminação $\neq$ poluição;
 - Contaminação por organismos patogênicos: bactérias, vermes, vírus, protozoários;
 - Maior incidência de doenças;
 - Aumento de mortalidade infantil;
 - Redução de produtividade;
 - Redução da vida média;
 - Aumento dos custos hospitalares;
 - Incômodos próprios das doenças.
 - Doenças associadas ao uso da água: direto e indireto.



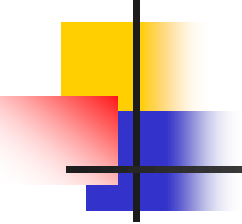
Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Organismos transmissores de doenças
 - Contato – doenças infecciosas: via oral e cutâneo-mucosa.
 - Lançamento indiscriminado: aumento de organismos do grupo “coliforme” em 10^7 a 10^9 UFC/100 mL (fecais) e 10^9 a 10^{10} UFC/100 mL (totais), no esgoto bruto;
 - Por via oral: febre tifoide (*Salmonella thyphi*), febre paratifoide (*Salmonella parathyphi*), cólera (*vibrio cholerae*), desinteria bacilar (*shigella*), desinteria amebiana (*entamoeba histolytica*), hepatite infecciosa (vírus da hepatite), poliomielite.
 - Por via cutâneo-mucosa: esquistossomose (*schistossoma mansoni*).

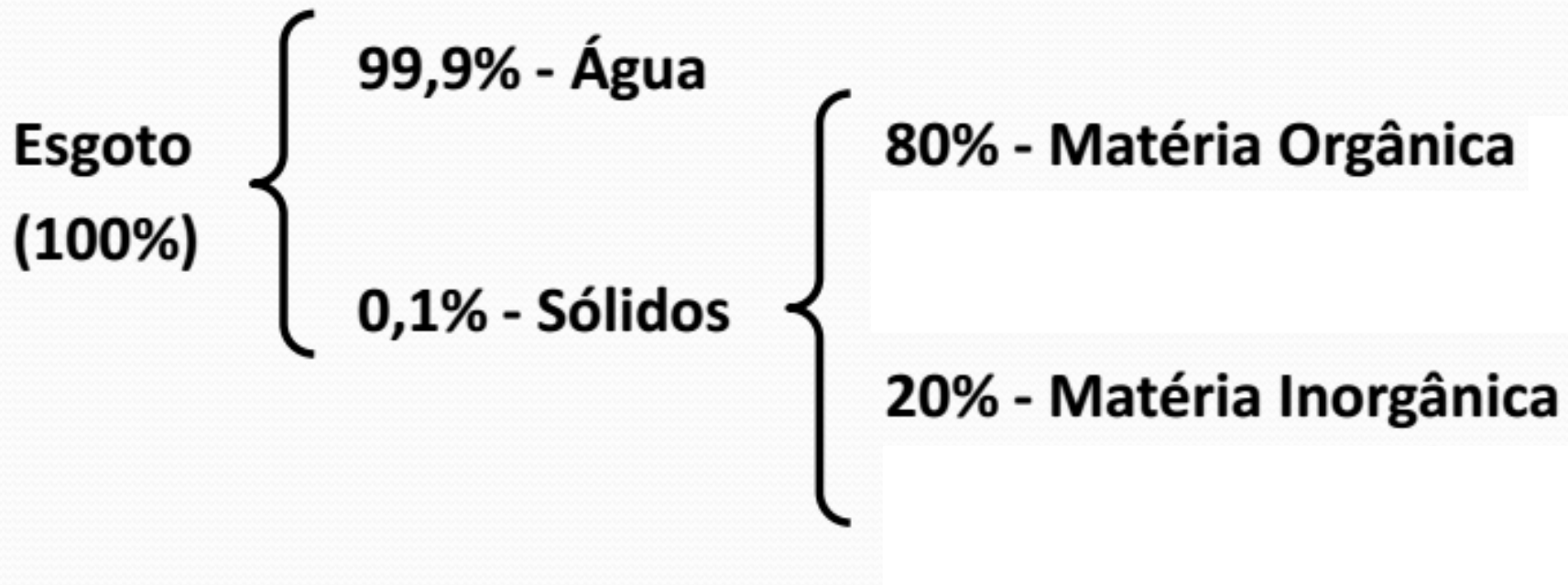


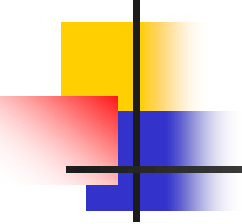
Poluição dos corpos d'água

- Poluição em potencial
 - Poluentes radioativos
 - Casos muito específicos: geração de despejos radioativos.
 - Calor
 - Águas de refrigeração ou outras águas industriais;
 - Aumenta a taxa de desoxigenação nos corpos d'água;
 - Diminui a capacidade de transferência de oxigênio da atmosfera para o corpo d'água, reduzindo sua concentração de saturação.



Composição dos esgotos domésticos





Composição dos esgotos domésticos

- Parâmetros de qualidade

- Parâmetros Físicos

- Parâmetros Químicos

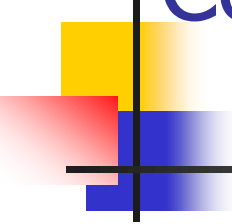
- Parâmetros Biológicos



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros físicos

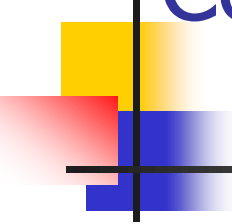
Parâmetro	Descrição
Temperatura	• Ligeiramente superior à da água de abastecimento; • Variação conforme as estações do ano; • Influência na atividade microbiana; • Influência na solubilidade de gases; • Influência na velocidade das reações; • Influência na viscosidade do líquido.
Cor	• Esgoto fresco: ligeiramente cinza; • Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.
Odor	• Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável; • Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos de decomposição; • Despejos industriais: odores característicos.
Turbidez	• Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão; • Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros físicos

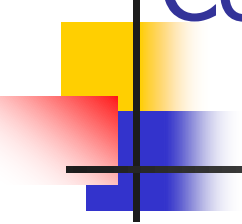
- Principais parâmetros relativos a esgotos predominantemente domésticos:
 - Sólidos;
 - Indicadores de matéria orgânica;
 - Nitrogênio;
 - Fósforo;
 - Indicadores de contaminação fecal.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros químicos

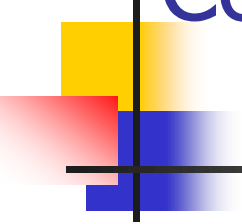
Parâmetro	Descrição
SÓLIDOS TOTAIS • Em suspensão • Fixos • Voláteis • Dissolvidos • Fixos • Voláteis • Sedimentáveis	Orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são retidos em filtros de papel com aberturas de dimensão padronizadas (0,45 a 2,00 μm). • Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão. • Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão. • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são retidos nos filtros de papel descritos acima. No teste laboratorial englobam também os sólidos coloidais. • Componentes minerais dos sólidos dissolvidos. • Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos. • Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros físicos

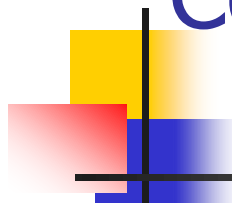
- **Matéria orgânica carbonácea**
 - Causadora principal problema de poluição para os corpos d'água;
 - Consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização da matéria orgânica;
 - Substâncias orgânicas:
 - Proteínas (40-60%)
 - Carboidratos (25-50%)
 - Gorduras e óleos (8-12%)
 - Outros: Ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas, metais.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros físicos

- **Matéria orgânica carbonácea**
 - Classificação quanto à forma e tamanho:
 - Em suspensão (particulada);
 - Dissolvida (solúvel);
 - Classificação quanto a biodegradabilidade:
 - Inerte;
 - Biodegradável.
 - Métodos de determinação
 - Indiretos: consumo de oxigênio (DBO, DBO_u e DQO);
 - Diretos: carbono orgânico (COT)



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros químicos

Parâmetro	Descrição
MATÉRIA ORGÂNICA Determinação indireta • DBO₅ • DQO • DBO última	• Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios. • Demanda bioquímica de oxigênio. Medida em 5 dias, 20 °C. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida de oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. • Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes (dicromato de potássio) em condições ácidas. • Demanda última de oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requeridos pelos microrganismos para a oxidação bioquímica da matéria orgânica.
Determinação direta • COT	• Carbono orgânico total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea, através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.

DBO



Frascos para determinação de DBO
pelo método respirométrico.



Frasco para determinação
de oxigênio dissolvido.

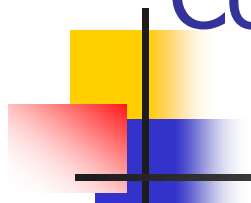
DQO



Frasco com meio para análise de DQO.



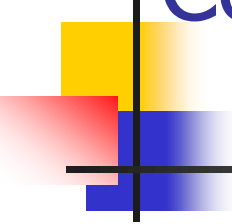
Termorreator para análise de DQO.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros químicos

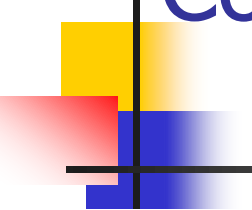
Parâmetro	Descrição
NITROGÊNIO TOTAL	• O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).
• Nitrogênio orgânico • Amônia • Nitrito • Nitrato	• Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e ureia; • Produzida no primeiro estágio da decomposição do nitrogênio. • Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto. • Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.
FÓSFORO	• O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.
• Fósforo orgânico • Fósforo inorgânico	• Combinado à matéria orgânica. • Ortofosfato e polifosfatos.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros químicos

Parâmetro	Descrição
pH	Indicador de características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7,0. Os processos de oxidação biológica tendem a reduzir o pH.
ALCALINIDADE	Indicador da capacidade de tampão do meio (resistência a variações de pH). Devido a presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila.
CLORETOS	Provenientes da água de abastecimento e de dejetos humanos.
ÓLEOS E GRAXAS	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados em comidas.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	• Possibilidade de transmissão de doenças;
Organismos indicadores de contaminação fecal	• Predominantemente não patogênicos. Dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou animais. Potencialidade de transmitir doenças.
Bactérias do grupo coliforme	• Grandes quantidades nas fezes humanas (10^9 a 10^{12} células eliminadas por indivíduo por dia). 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas. Resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Mecanismos de remoção em ETAs e ETEs são os mesmos das bactérias patogênicas. Técnicas rápidas e econômicas.
• Coliformes totais • Coliformes fecais	• Bactérias isoladas de solos e águas poluídos e não poluídos, bem como nas fezes de animais de sangue quente. Não existe uma relação quantificável entre patogênicos e CT. "Coliformes ambientais". • Bactérias indicadoras de organismos originados do trato intestinal de animais de sangue quente: Gênero <i>Escherichia</i> e em menor grau <i>Klebsiella</i>, <i>Enterobacter</i> e <i>Citrobacter</i>. Teste alta temperatura – "coliformes termotolerantes".

Composição dos esgotos domésticos

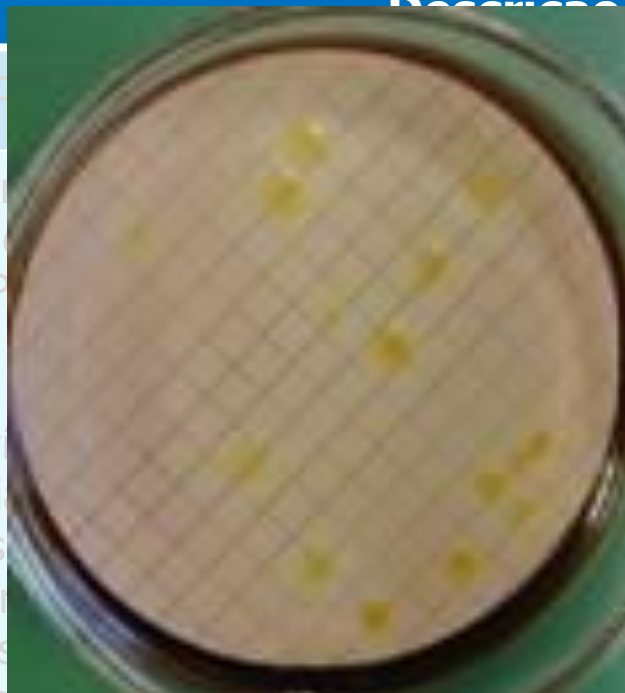
Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	• Possibilidade de causar doenças.
Organismos indicadores de contaminação fecal	• Predominância de quando há presença de fezes humanas ou animais.
Bactérias do grupo coliforme	• Grande diversidade por indivíduo. Resistência a temperaturas intestinais. Facilidade de detecção das bactérias.
Coliformes totais	 Detecção de coliformes totais. • Bactérias que crescem a 37°C e não poluídos, bem como nas fezes de animais de sangue quente. Não existe uma relação quantificável entre patogênicos e CT. "Coliformes ambientais". • Bactérias indicadoras de organismos originados do trato intestinal de animais de sangue quente: Gênero <i>Escherichia</i> e em menor grau <i>Klebsiella</i>, <i>Enterobacter</i> e <i>Citrobacter</i>. Teste alta temperatura – "coliformes termotolerantes".

Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros biológicos

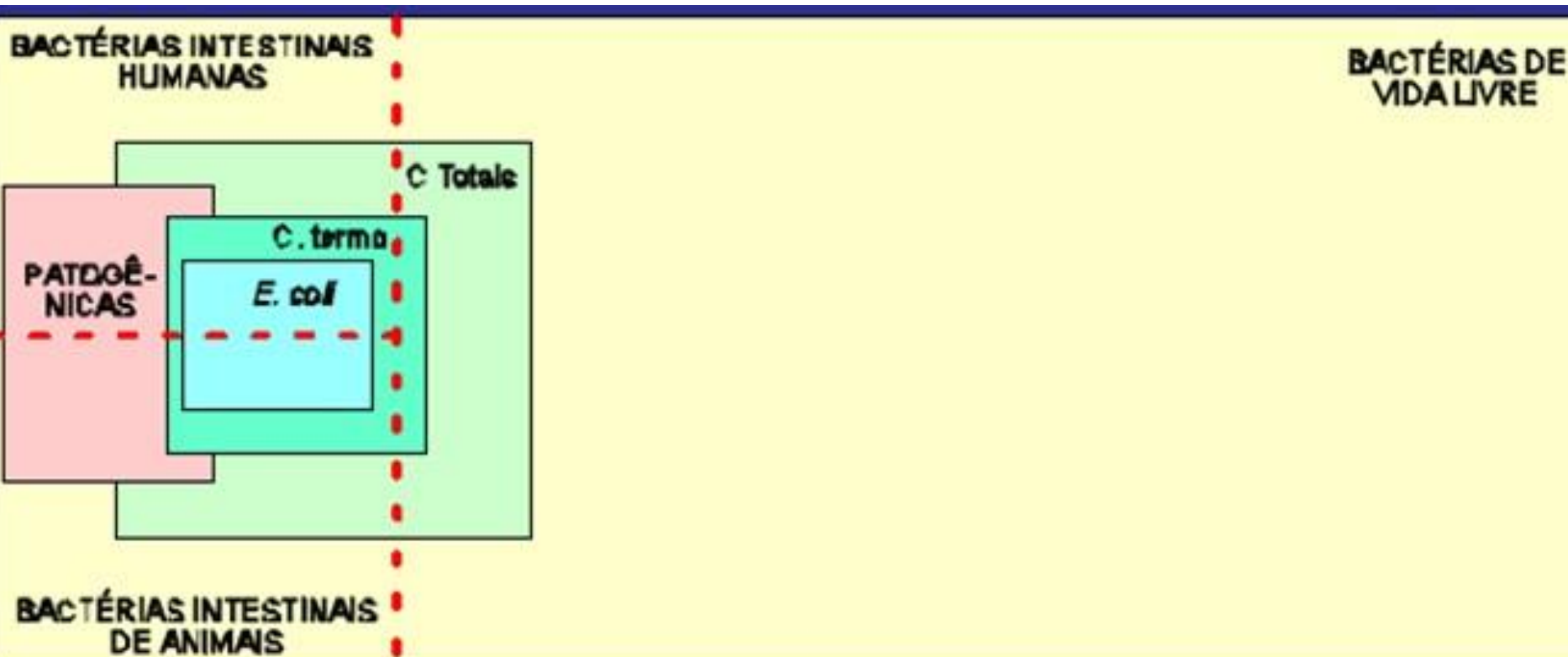
Parâmetro	Descrição
Organismos patogênicos	• Possibilidade de transmissão de doenças.
Organismos indicadores de contaminação fecal	• Predominância de quando a contaminação por fezes humanas ou animais. Por isso, a presença de organismos indicadores é uma satisfatória indicação de contaminação por fezes humanas ou animais.
Bactérias do grupo coliforme	• Grandes quantidades (10 ⁹ a 10 ¹² células eliminadas por indivíduo por peso das fezes humanas. Resistência das bactérias patogênicas intestinais. ETAs e ETEs são os mesmos das bactérias e econômicas.
• Coliformes totais	• Bactérias presentes em fezes humanas e não poluídos, bem como em ambientes. Não existe uma relação direta com os organismos ambientais".
Coliformes fecais	• Bactérias presentes no trato intestinal de animais de sangue quente: Gênero <i>Escherichia</i> e em menor grau <i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i> e <i>Citrobacter</i> . Teste alta temperatura – "coliformes termotolerantes".



Membrana filtrante com colônias de coliformes.

Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros biológicos

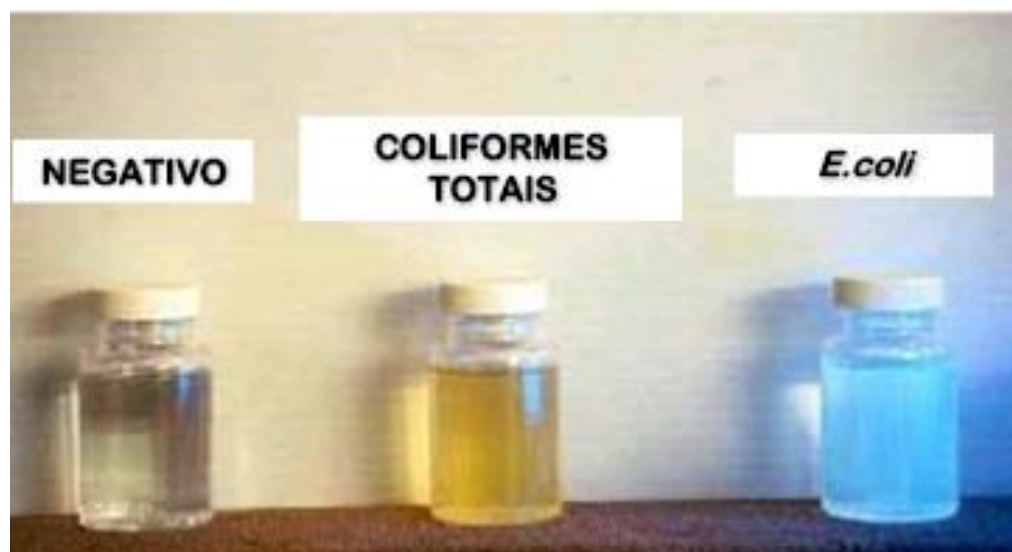


Representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal..

Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros biológicos

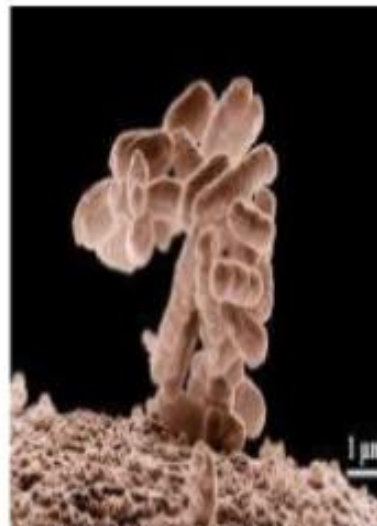
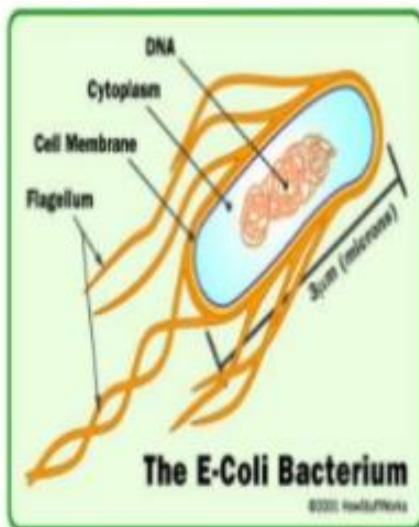
Parâmetro	Descrição
<i>Escherichia Coli</i>	• Principal bactéria do grupo coliformes fecais (termotolerantes), abundante em fezes humanas e de animais. • Encontrada em esgoto, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. • Teste laboratorial: métodos fluorogênicos (nitrofenil – cor amarela). • Garantia de contaminação exclusivamente fecal.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros biológicos

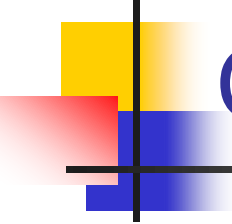
Parâmetro	Descrição
<i>Escherichia Coli</i>	• Principal bactéria do grupo coliformes fecais (termotolerantes), abundante em fezes humanas e de animais. • Encontrada em esgoto, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. • Teste laboratorial: métodos fluorogênicos (nitrofenil – cor amarela). • Garantia de contaminação exclusivamente fecal.



Composição dos esgotos domésticos

Parâmetros biológicos

Parâmetro	Descrição
Estreptococos fecais (EF)	• Compreende dois gêneros: <i>Enterococcus</i> e <i>Streptococcus</i>, • <i>Enterococcus</i>: Maioria origem fecal humana, poucas animal e alta tolerância a condições ambientais adversas. • <i>Streptococcus</i>: Raramente se multiplicam em águas poluídas e são mais resistentes do que <i>E. Coli</i> e coliformes. • Antigamente -Relação entre CF/EF: Alta – contaminação humana e baixa – contaminação animal.
Clostridia redutores de enxofre	• Espécie representativa: <i>Clostridium perfringens</i> (presente nas fezes). • Não são exclusivamente fecais. • Sobrevivem por tempos mais longos que o dos grupos coliformes. • Indicar deficiência no tratamento. • Indicadores de contaminação intermitente ou remota.
Bacteriófagos	• Indicação da presença de vírus, ex. colífagos que atacam <i>E. Coli</i>. • Não podem estar presentes nas fezes, mas em número elevado nas águas residuárias. • Indicador de contaminação por esgoto
Ovos de helmintos	• Não há indicadores substitutivos. • Ovos de <i>Ascaris</i>, <i>Trichuris</i>, <i>Necator americanus</i> e <i>Ancilostoma duodenale</i> - indicadores de outros helmintos.



Características dos esgotos sanitários

- Predominantemente doméstico;
- Concentração varia de acordo com alguns fatores:
 - Contribuição per capita do poluente, consumo per capita de água e presença de despejos industriais.
- Locais com baixo consumo de água: esgoto concentrado;
- Contribuição per capita de organismos patogênicos:
 - Nível de saúde pública da população.

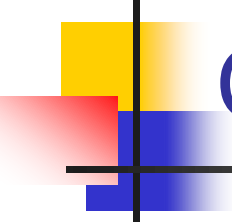


Características dos esgotos sanitários

FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro	Forte	Médio	Fraco
DBO _{5,20} (mg/L)	400	200	133
DQO (mg/L)	1016	508	339
NTK (mg/L)	69	35	23
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	29	14	10
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	41	20	14
Fósforo Total (mg/L)	11	5,6	3,7
Sólidos em Suspensão (mg/L)	389	195	130

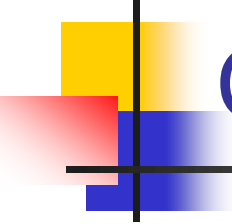
DBO: 54 g DBO / habitante x dia
SST: 60 g / habitante x dia



Características dos esgotos sanitários

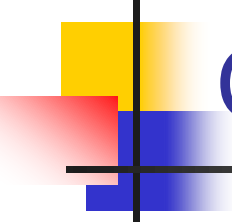
MICROBIOLÓGICOS

Parâmetro	Médio
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	$10^6 - 10^7$
Cistos de Protozoários (/100 mL)	$10^2 - 10^5$
Vírus (/100 mL)	$10^3 - 10^4$
Ovos de helmintos (/100 mL)	$10^1 - 10^3$



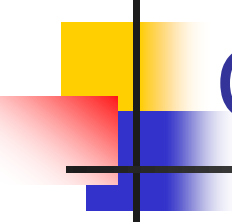
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
 - Variabilidade das características qualitativas;
 - Parâmetros importantes para tratamento biológico:
 - Biodegradabilidade;
 - Tratabilidade;
 - Concentração de matéria orgânica;
 - Disponibilidade de nutrientes;
 - Toxicidade.



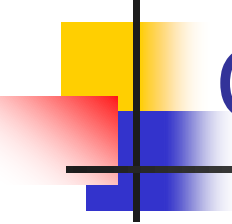
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
 - Bons resultados: Integração dos despejos industriais e esgotos domésticos;
 - Necessidade de tratamento prévio dos despejos industriais para a remoção dos contaminantes:
 - Riscos à segurança e problemas na operação da rede de coleta e interceptação;
 - Toxidez ao tratamento biológico dos esgotos;
 - Toxidez ao tratamento do lodo e à sua disposição final;
 - Presença do contaminante no efluente do tratamento biológico, devido ao fato de o contaminante não ser removido pelo tratamento.



Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
 - Normas específicas para recebimento de efluentes industriais na rede coletora;
 - Tratamento completo para descarte direto no corpo receptor;
 - Tratamento completo para outras finalidades (ex. irrigação), reciclagem no processo



Características dos esgotos sanitários

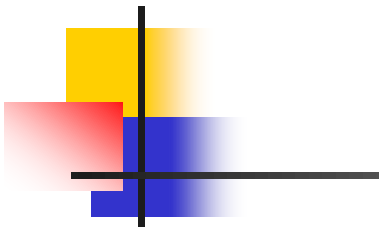
- Efluentes industriais:

- Poluentes de importância

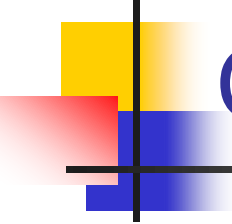
- Dependem do tipo da indústria, concentração de poluentes;

- Metais:

- Características: Toxicidade aos seres vivos, inibição do tratamento biológico;
 - Principais: Ag, **As**, Cd, **Co**, **Cr**, **Cu**, Hg, Pb, Sb, **Se e Zn (essenciais)** - Tóxicos: Acima da concentração limite;
 - Pb, Hg e Cd – tóxicos em quaisquer concentração;
 - Em esgotos domésticos – não há evidência de toxidez crônica



Metais pesados	Danos aos organismos	Fonte
Bário (Ba)	Danos cardiovasculares e ao sistema nervoso, constrição dos vasos sanguíneos, aumento da pressão arterial e morte	Indústrias de cerâmica, borracha, têxtil
Cádmio (Cd)	Carcinogênico e danos renais	Queima de carvão. Indústrias de aço, pigmentos, fertilizantes e pesticidas
Cromo (Cr)	Carcinogênico	Fertilizantes, indústrias de pigmentos, tintas e fertilizantes
Cobre (Cu)	Intoxicação e lesões hepáticas	Indústrias de tubos, válvulas, ligas e algicidas
Mercúrio (Hg)	Envenenamento, danos renais e ao Sistema Nervoso Central e problemas em fetos	Queima de combustíveis, incineração de lixo, mineração, agricultura
Manganês (Mn)	Não é considerado muito tóxico	Indústrias de vernizes, vidros, baterias, fertilizantes
Níquel (Ni)	Irritação gástrica	Indústrias de baterias, moedas, pigmentos, refrigerantes e mineração
Chumbo (Pb)	Envenenamento, distúrbios no Sistema nervoso, anemia, doenças cardiovasculares, danos aos rins, além de interferir no metabolismo ósseo e na reprodução	Indústrias de cerâmicas, plásticos, fertilizantes e mineração
Zinco (Zn)	Biocumulativo	Indústrias de borracha, protetores solares, vitaminas e esgotos



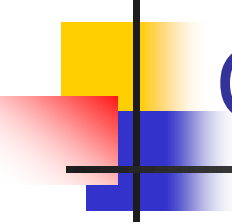
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:

- Poluentes de importância

- Metais:

- Galvanoplastia;
 - Indústrias químicas (formulação de compostos orgânicos, curtumes, indústrias farmacêuticas);
 - Indústrias metálicas (fundições); e
 - Indústrias químicas (formulação de compostos inorgânicos, lavanderias, indústria de petróleo, formulação de corantes e pigmentos)



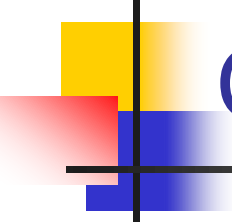
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:

- Poluentes de importância

- Micropoluentes orgânicos

- Compostos orgânicos tóxicos;
 - Podem causar danos à vida aquática, aos seres humanos (abastecimento);
 - Biodegradação muito lenta e persistem por longos períodos no meio ambiente;
 - Bioacumulação;
 - Características variadas (voláteis, baixa solubilidade, baixo peso molecular e elevada pressão de vapor)



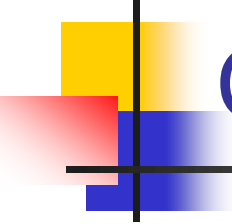
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:

- Poluentes de importância

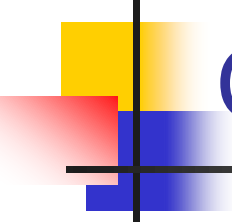
- Micropoluentes orgânicos

- Exemplos: corrosivos, inflamáveis e explosivos (metanol, metil-etil-cetona, hexano, benzeno, entre outros);
 - Alguns casos: contaminantes não removidos no tratamento – prejuízo a vida aquática;
 - Principais fontes: Indústria química, de plástico, produtos mecânicos, farmacêuticas, de formulação de pesticidas, ferro e aço, indústria de petróleo, lavanderias e da madeira.
 - Ex.: fenol, cloreto de metileno, tolueno, hormônios, medicamentos, clorofórmio, acroleína, etc.



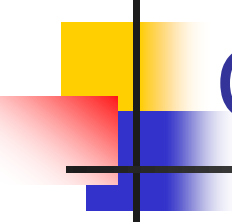
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais:
 - População equivalente (PE):
 - Parâmetro caracterizador dos despejos industriais;
 - Potencial poluidor de uma indústria (termos de matéria orgânica) e uma determinada população, que produz a mesma carga poluidora;
 - Ex.: $PE = 20000 \text{ hab}$ – carga de DBO do efluente industrial correspondente à carga gerada por uma população de 20000 habitantes.



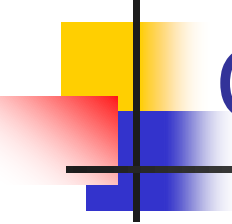
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
 - Cervejarias
 - Consumo específico de água: 5-20 m³/m³ de cerveja produzida;
 - DBO: 1000-2000 mg/L;
 - PE: 150-350 hab/m³ de cerveja;
 - DQO/DBO = 2 (Boa biodegradabilidade);
 - Nutrientes insuficientes para tratamento biológico.



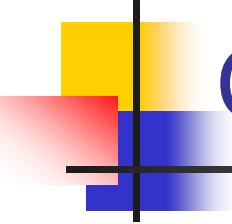
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
 - Laticínios (com queijaria)
 - Consumo específico de água: 2-10 m³/m³ de leite produzido para queijos;
 - DBO: 500-8000 mg/L;
 - PE: 100-800 hab/m³ de leite;
 - Altamente biodegradável;
 - Nutrientes suficientes para tratamento biológico;
 - Segregação e recuperação do soro.



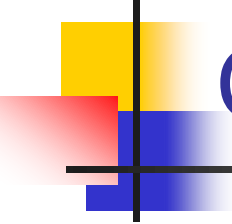
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
 - Curtumes
 - Consumo específico de água: 20-40 m³/t de pele;
 - DBO: 1000-1500 mg/L;
 - PE: 1000-3500 hab/t de pele;
 - Compostos tóxicos: sulfetos e cromo.



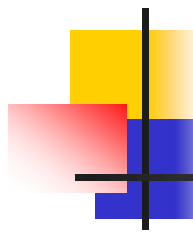
Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
 - Usinas de açúcar
 - Consumo específico de água: 0,5-10 m³/t de açúcar;
 - DBO: 250-5000 mg/L;
 - PE: 50 hab/t de açúcar;
 - Águas de lavagem: altas quantidades de sólidos em suspensão sedimentáveis.

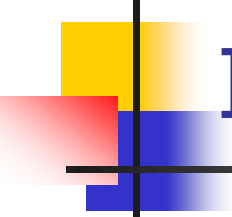


Características dos esgotos sanitários

- Efluentes industriais (exemplos):
 - Destilarias de álcool
 - Consumo específico de água: 60 m³/t de cana processada;
 - Principal resíduo: Vinhoto
 - DBO: 7000-20000 mg/L;
 - Alta temperatura e pH baixo (resíduo de destilação).

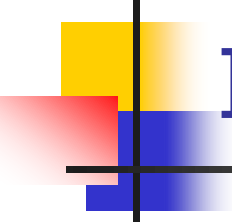


LEGISLAÇÃO AMBIENTAL



Introdução

- Requisitos de qualidade: qualidade desejada da água conforme o uso;
- Necessidade de padrões de qualidade (suporte legal);
 - Devem ser cumpridos, por força de lei, pelas entidades envolvidas;
 - Padrões nacionais: Por país, status de lei;
 - Padrões regionais: Para cada estado ou divisão política (iguais ou mais restritivos que os padrões nacionais);
 - Diretrizes ou recomendações (OMS) – proteção da saúde pública e do meio ambiente em termos mundiais.

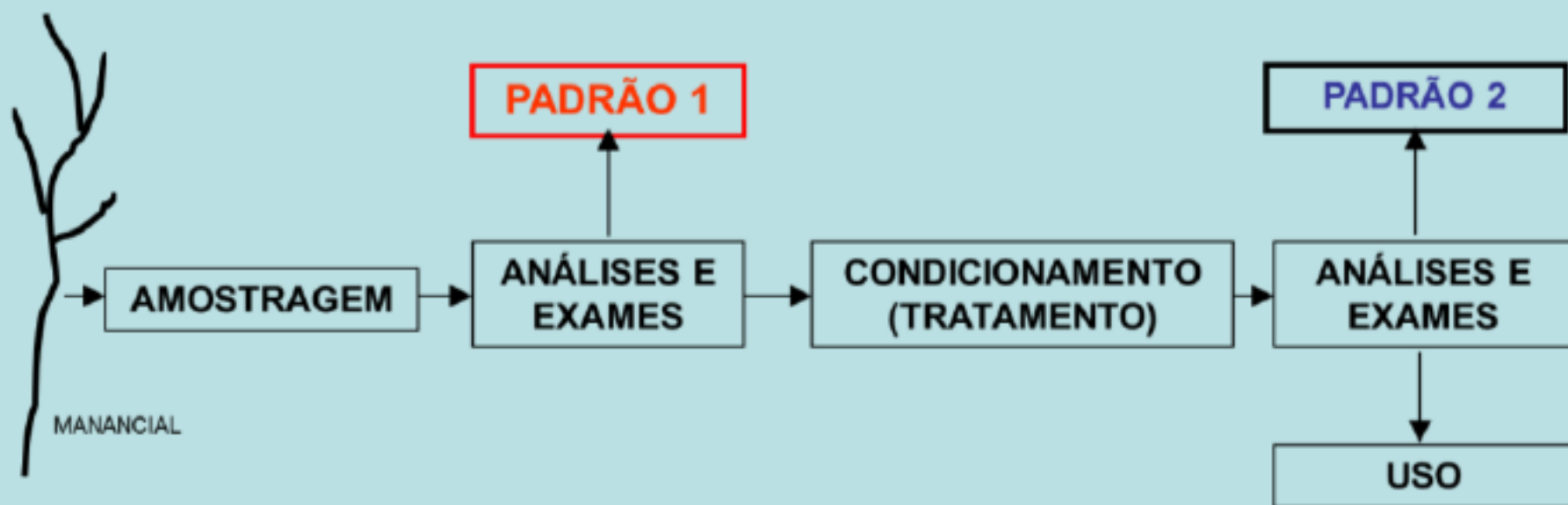


Introdução

- Tipos de padrão ou diretrizes para qualidade da água em corpos d'água e ao reuso de efluentes tratados:
 - Padrões de lançamento no corpo receptor;
 - Padrões de qualidade do corpo receptor;
 - Padrões ou diretrizes para determinado uso do efluente tratado (ex. irrigação).

Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

FLUXOGRAMA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA



PADRÃO 1: RESOLUÇÃO 357/2005 CONAMA
RESOLUÇÃO 430/2011 CONAMA
PADRÃO 2: POTABILIDADE (Portaria 2914)



Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- **Resolução CONAMA 274/2000**

- “Define o padrão de balneabilidade em corpos d’água”

- **Resolução CONAMA 396/2008**

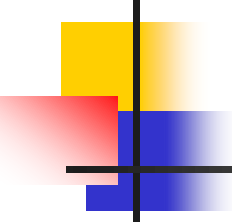
- “Dispõe sobre a classificação e enquadramento de águas subterrâneas”

- **Resolução CONAMA 357/2005**

- “Regulamenta a classificação e enquadramento de corpos d’água.” Complementada e alterada pela Resolução CONAMA 430/2011.

- **Resolução CONAMA 430/2011**

- “Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.” Complementa e alterada a Resolução CONAMA 357/2005.



Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água (padrão de descarga ou de emissão);
 - Objetivo: Preservação da qualidade no corpo d'água.
 - Questão prática: difícil controle apenas com base na qualidade do corpo receptor.
 - Interrelacionamento – Atendimento dos padrões de lançamento deve garantir simultaneamente o atendimento aos padrões do corpo receptor;
 - Quando o efluente satisfaz os padrões de lançamento, mas não satisfaz os padrões de qualidade do corpo receptor;
 - Quando não satisfaz os padrões de lançamento, mas satisfaz os padrões do corpo receptor.

PADRÕES DE LANÇAMENTO

Legislações



ESTADO	LEI	Concentrações exigidas nos efluentes						Eficiência de remoção (%)	
		DQO mg/l	DBO mg/l	SST mg/l	N mg/l	P mg/l	CF NMP/100ml	DBO	SST
RJ	Norma Técnica FEEMA NT 202.R10 e Diretriz FEEMA DZ 215.R3	-	180 ($C \leq 5$) ⁽¹⁾ 100 ($5 < C \leq 25$) 60 ($25 < C \leq 80$) 40 ($C > 80$)	180 ($C \leq 5$) ⁽¹⁾ 100 ($5 < C \leq 25$) 60 ($25 < C \leq 80$) 40 ($C > 80$)	5 ⁽²⁾ 10 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	-	30 ($C \leq 5$) ⁽¹⁾ 60 ($5 < C \leq 25$) 80 ($25 < C \leq 80$) 85 ($C > 80$)	-
MG	Deliberação Normativa COPAM 010 de 16/12/1986	90	60	60 ⁽⁴⁾ 100 ⁽⁵⁾	5 ⁽²⁾	-	-	60	-
SP	Decreto Estadual 8.468 de 08/09/1976	-	60	-	-	-	-	80	-
ES	COMDEMA 02/1991 (Legislação do município de Vitória)	200	-	100	-	-	-	90	-
RS	Portaria 05/89 SSMA de 16/03/1989	360 ($Q < 200$) ⁽⁶⁾ 240 ($200 \leq Q < 1000$) 200 ($1000 \leq Q < 2000$) 160 ($2000 \leq Q < 10000$) 100 ($10000 \leq Q$)	120 ($Q < 200$) ⁽⁶⁾ 80 ($200 \leq Q < 1000$) 60 ($1000 \leq Q < 2000$) 40 ($2000 \leq Q < 10000$) 20 ($10000 \leq Q$)	120 ($Q < 200$) ⁽⁶⁾ 80 ($200 \leq Q < 1000$) 70 ($1000 \leq Q < 2000$) 50 ($2000 \leq Q < 10000$) 40 ($10000 \leq Q$)	10	1	300	-	-
SC	Decreto Estadual 14.250 de 05/06/1981	-	60	-	10 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	-	80	-
PR	Resolução 001/07 SEMA de 23/01/2007	225	90	-	20 ⁽²⁾	-	-	-	-
CE	Portaria nº 154 de 22/07/2002	200	-	50	5 ⁽²⁾	-	5000	-	-
PB	NT 301 de 24/02/1988	-	60	-	10 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	-	80	-
AL	Decreto Estadual 6.200 de 01/03/1985	150	60	-	0,5 ⁽²⁾	-	-	-	-
BA	Resolução CEPRAM 2.288 de 28/04/2000	-	-	-	-	-	10 ⁶	80 – 95 ⁽⁷⁾	70 – 90 ⁽⁷⁾
PE	Normas Técnicas CPRH 2002 e CPRH 2007	360 ($C \leq 2$) ⁽¹⁾ 160 ($2 < C \leq 6$) 120 ($6 < C \leq 50$) 60 ($C > 50$)	180 ($C \leq 2$) ⁽¹⁾ 80 ($2 < C \leq 6$) 60 ($6 < C \leq 50$) 30 ($C > 50$)	-	-	-	⁽⁸⁾ De 10 ⁶ a 10 ⁴	40 ($C \leq 2$) ⁽¹⁾ 70 ($2 < C \leq 6$) 80 ($6 < C \leq 50$) 90 ($C > 50$)	-
MS	Deliberação CECA/MS 003 de 20/06/1997	-	60 ⁽⁹⁾	-	5 ⁽²⁾	-	-	-	-
GO	Decreto Estadual 1.745 de 06/12/1979	-	60	-	-	-	-	80	-
RO	Decreto Estadual 7.903 de 01/07/1997	-	-	-	5 ⁽²⁾	-	-	-	-
BRASIL	CONAMA 430/2011	-	-	-	20 ⁽²⁾	-	-	60	-

Observação: O efluente não deverá causar prejuízos ao corpo receptor

- (1) Variável de acordo com a carga orgânica diária bruta (kgDBO/dia)
- (2) Nitrogênio Amoniacal
- (3) Lançamentos em corpos hídricos contribuintes de lagoas ou lagunas ou estuários
- (4) Valor máximo diário
- (5) Média aritmética mensal
- (6) Variável de acordo com a vazão diária de lançamento (m³/dia)
- (7) Variável de acordo com o padrão sócio-econômico do empreendimento imobiliário
- (8) Variável de acordo com classes de enquadramento do corpo d'água receptor
- (9) Valores superiores poderão ser tolerados desde que o padrão de qualidade da classe do corpo d'água receptor seja respeitado

PADRÕES DE LANÇAMENTO

Estado de São Paulo:

Decreto 8.468/76

- **DBO_{5,20} inferior a 60,0 mg/L**

ou

Redução de 80% em seu valor

PADRÕES DE QUALIDADE

Estado de São Paulo:

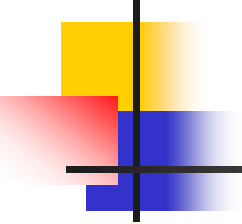
Decreto 8.468/76

Exemplo: Águas Classe 2

- $\text{DBO}_{5,20} < 5,0 \text{ mg/L}$

- Oxigênio dissolvido $> 5,0 \text{ mg/L}$

- Coliformes termotolerantes $< 10^3 \text{ NMP/100 mL}$



PADRÕES DE QUALIDADE

RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

Águas classe 1 - amônia total:

- 3,7 mg-N/L para $\text{pH} \leq 7,5$
- 2,0 mg-N/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
- 1,0 mg-N/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
- 0,5 mg-N/L para $\text{pH} > 8,5$



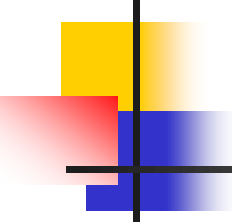
Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Condições específicas (Resolução CONAMA 357/05):
 - Art. 10º. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.
 - § 1º. Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo de capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as condições mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.



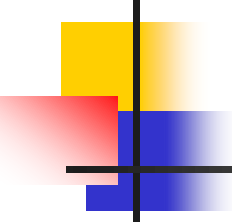
Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Condições específicas (Resolução CONAMA 357/05):
 - § 2º. Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para usos previstos no enquadramento do corpo d'água.



Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor no Brasil

- Condições específicas (Resolução CONAMA 357/05):
 - § 3º. Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for o fator limitante para a eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.
- **Vazão de referência:** Vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão.
 - Resolução Conama 20/86: $Q_{7,10}$;
 - Resolução Conama 357/05: Definida segundo critérios a serem estabelecidos pelos órgãos competentes (Q_{90} ou Q_{95}).

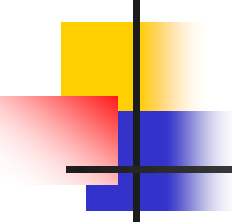


Padrões de balneabilidade no Brasil

- Resolução CONAMA 357/05 – uso de recreação de contato primário – resolução específica;
- Resolução CONAMA 274/00:
 - Limites para coliformes fecais (termotolerantes) e totais;
 - Limites para estreptococos ou *Escherichia Coli*.

Itens de importância na Resolução CONAMA 274/00, relativa a padrões de balneabilidade.

Categoria	Coliformes fecais/100ml	<i>Escherichia coli</i> /100ml	<i>Enterococcus</i> /100ml
Excelente	até 250	até 200	até 25
Muito boa	até 500	até 400	Até 50
Satisfatória	até 1000	até 800	Até 100
Imprópria	> 2500	> 2000	> 400



Diretrizes da Comunidade Europeia

- Deliberação nº 91/271/EEC – 21/05/1991
- Condições mínimas exigidas para os efluentes de estações de tratamento de efluentes urbanos, segundo a CE:
 - DQO: < 125 mg/L, eficiência mínima: 75%;
 - DBO: < 25 mg/L, eficiência mínima: 70-90%;
 - Sólidos em suspensão total:
 - População > 10000 hab.: < 35 mg/L, remoção: > 90%;
 - Pop. de 2000 a 10000 hab.: < 70 mg/L, remoção: > 70%;
 - Para efluentes de lagoas: < 150 mg/L.



Diretrizes da Comunidade Europeia

- Deliberação nº 91/271/EEC – 21/05/1991
- Condições mínimas exigidas para os efluentes de estações de tratamento de efluentes urbanos, segundo a CE:
 - Nitrogênio total:
 - Pop. Equiv. Entre 10000 e 100000 hab.: < 15 mg/L, remoção: 70-80%;
 - Pop. Equiv. Superior a 100000 hab.: < 10 mg/L, remoção: > 80%;
 - Fósforo total:
 - Pop. Equiv. Entre 10000 e 100000 hab.: < 2 mg/L, remoção: > 80%;
 - Pop. Equiv. Superior a 100000 hab.: < 1 mg/L, remoção: > 80%;



Recomendações para o uso de efluentes tratados na irrigação

- OMS – Indicadores de qualidade microbiológica e eficiência de remoção no tratamento:
 - Concentração de coliformes fecais;
 - Ovos de helmintos por unidade de volume.
 - Nematóides: *Ascaris*, *Trichiuris*, *Necator americanus* e *Ancilostoma duodenale*.
 - Categorias:
 - A – Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos de esporte e parques públicos;
 - Grupo exposto: Trabalhadores, consumidores, público;
 - ≤ 1 Ovos de helmintos/L;
 - ≤ 1000 CF/100 mL durante o período de irrigação;
 - Gramados públicos onde público tem contato direto: ≤ 200 CF/100 mL.



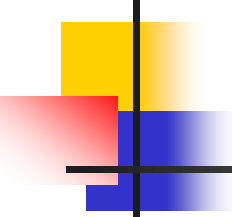
Recomendações para o uso de efluentes tratados na irrigação

- OMS – Indicadores de qualidade microbiológica e eficiência de remoção no tratamento:
 - Categorias:
 - B – Irrigação de culturas não ingeridas cruas, como cereais para a indústria, pastos, forragem e árvores;
 - Grupo exposto: Trabalhadores;
 - ≤ 1 Ovos de helmintos/L;
 - Não se recomenda o indicador de CF;
 - No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve ser suspensa duas semanas antes da colheita, sem que sejam apanhadas no chão.



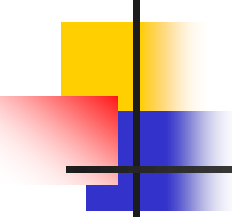
Recomendações para o uso de efluentes tratados na irrigação

- OMS – Indicadores de qualidade microbiológica e eficiência de remoção no tratamento:
 - Categorias:
 - C – Irrigação de culturas da categoria B se o público e os trabalhadores não ficam expostos;
 - Grupo exposto: Nenhum;
 - Não se aplica indicadores microbiológicos.



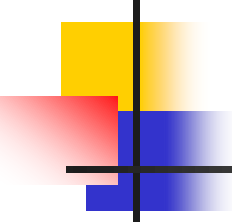
Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Padrões de lançamento: variam de país para país, estado para estado;
 - Particularidades, estágio de desenvolvimento, nível de desenvolvimento, compromisso com o meio ambiente e diversos fatores.
- Níveis de restrição – Padrão de lançamento (mg/L):
 - DBO (quaisquer corpos d'água)
 - Bastante: < 10 ; Restritivo: < 20-30 ; Menos: < 60 ;
 - DQO (quaisquer corpos d'água)
 - Bastante: < 50 ; Restritivo: < 100-150 ; Menos: < 200 mg/L;
 - SS (quaisquer corpos d'água)
 - Bastante: < 10 mg/L; Restritivo: < 20-30 mg/L; Menos: < 60 mg/L;



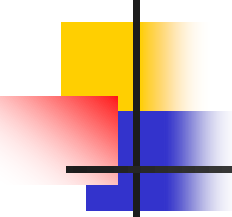
Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Padrões de lançamento: variam de país para país, estado para estado;
 - Particularidades, estágio de desenvolvimento, nível de desenvolvimento, compromisso com o meio ambiente e diversos fatores.
- Níveis de restrição – Padrão de lançamento (mg/L):
 - N total (corpos d'água sensíveis)
 - Bastante: < 10 ; Restritivo: < 10-15 ;
 - P total (corpos d'água sensíveis)
 - Bastante: < 1 ; Restritivo: < 1-2 ;



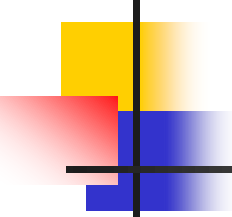
Padrões de lançamento e etapalização da qualidade

- Padrões de qualidades – países em desenvolvimento:
- Escalonamento da qualidade do efluente;
 - Implantação de ETE – expansão física de unidades:
 - Dois reatores – primeira etapa;
 - Um reator – segunda etapa (aumento da carga afluente – aumento populacional).
 - Redução nos custos de implantação;
 - Evolução gradativa da qualidade do efluente tratado.



Monitoramento e divulgação dos resultados

- Avaliação do impacto ao longo do tempo e do atendimento à legislação;
- Amostragens de esgoto:
 - **Afluente à ETE:** Atendimento ao padrão de lançamento (quesito de eficiência mínima de remoção de poluentes);
 - **Efluentes da ETE:** Atendimento ao padrão de lançamento (limites de concentrações permitidos pela legislação).



Monitoramento e divulgação dos resultados

- Avaliação do impacto ao longo do tempo e do atendimento à legislação;
- Amostragens do corpo d'água receptor:
 - **Montante do lançamento dos esgotos:** Características do corpo receptor sem o lançamento dos esgotos em questão; e avaliação da modificação induzida pelo lançamento dos esgotos.
 - **Jusante do lançamento dos esgotos:** Atendimento ao padrão de qualidade do corpo receptor; avaliação da modificação induzida pelo lançamento de esgotos; amostra representativa; Mais de um ponto de amostragem a jusante, para avaliar o impacto em uma maior distância.



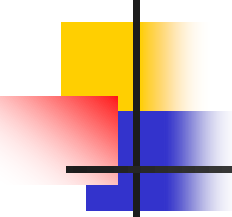
Monitoramento e divulgação dos resultados

- Variações da concentração ao longo do dia:
 - **Amostras compostas:** Diversas alíquotas coletadas em diferentes horários, perfazendo uma única amostra;
 - **Amostra isoladas:** indicação de tendências;
 - Número de dados, média, desvio padrão;
 - Porcentagem de atendimento: distribuição de frequência acumulada;
 - Gráficos de série temporal



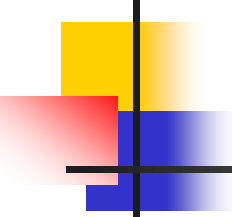
Monitoramento e divulgação dos resultados

- Órgão ambiental – automonitoramento com o empreendedor;
 - Empreendedor: Amostragem, análise e envio de relatórios para apreciação do órgão ambiental;
 - Órgão ambiental: Parâmetros a serem analisados, as condições e frequência de amostras e a periodicidade de envio de relatórios;
- Divulgação dos dados para o público: **Índice de Qualidade de Águas (IQA);**
 - Qualidade das águas em um ponto de monitoramento.



Monitoramento e divulgação dos resultados

- Conjunto de nove parâmetros mais representativos para a caracterização da qualidade das águas:
 - Oxigênio dissolvido;
 - Coliformes fecais (termotolerantes);
 - pH;
 - Demanda bioquímica de oxigênio;
 - Nitrato;
 - Fósforo total;
 - Temperatura da água;
 - Turbidez;
 - Sólidos totais.



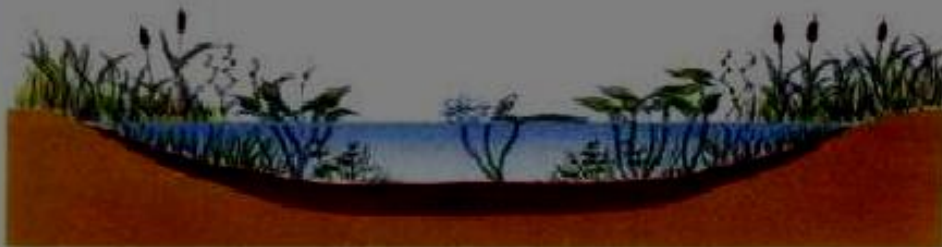
Monitoramento e divulgação dos resultados

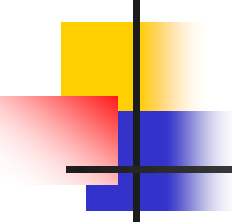
- Cada parâmetro: Peso de acordo com a sua importância relativa para o cálculo do índice;
- Faixas de valores de IQA e nível de qualidade da água associado:
 - Excelente: $90 < IQA < 100$;
 - Bom: $70 < IQA < 90$;
 - Médio: $50 < IQA < 70$;
 - Ruim: $25 < IQA < 50$;
 - Muito ruim: $0 < IQA < 25$.



CONSEQUÊNCIAS DA POLUIÇÃO EM AMBIENTES AQUÁTICOS

ASSOREAMENTO



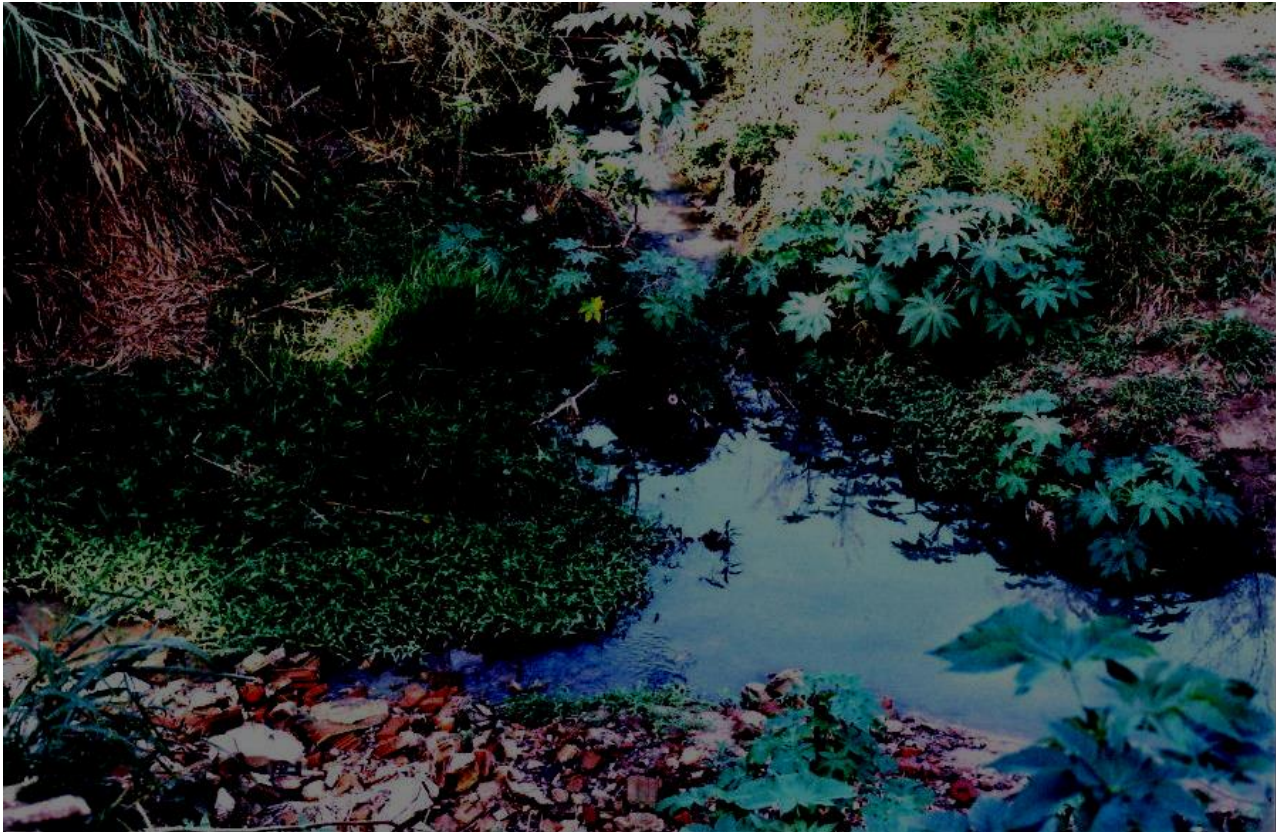


Matéria orgânica

- Redução do oxigênio dissolvido
(decomposição bacteriana aeróbia)
- Maus odores
(decomposição bacteriana anaeróbia)

Microrganismos patogênicos

Transmissão de doenças ao ser humano

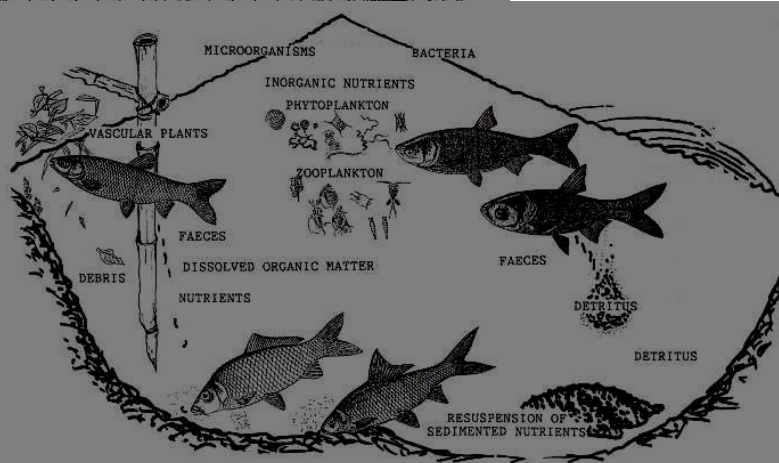
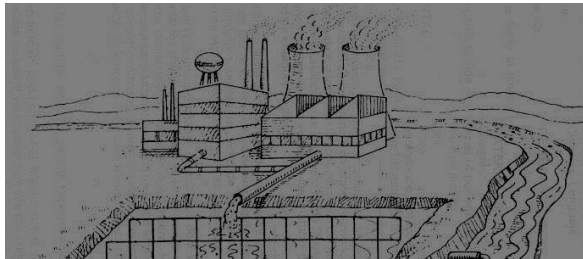


Água como fonte de doenças

Doença	Tipo de organismo	Doença	Tipo de organismo
Cólera	Bactéria	Poliomielite	Vírus
Disenteria	Bactéria	Disenteria amebiana	Protozoário
Enterite	Bactéria	Esquistossomose	Verme
Febre tifóide	Bactéria	Ancilostomíase	Verme
Hepatite infecciosa	Vírus	Malária	Protozoário
Criptosporidiose	Protozoário	Febre Amarela	Vírus
Dengue	Vírus		

Nutrientes – Nitrogênio e Fósforo

Eutrofização da água



OLIGOTRÓFICO

- pobre em nutrientes
- fitoplâncton limitado



- águas claras
- grande penetração da luz
- vegetação aquática submersa florescente

ENTRADA DE NUTRIENTES



- rico em nutrientes
- fitoplâncton florescente



- turbidez da água
- vegetação aquática submersa inibida

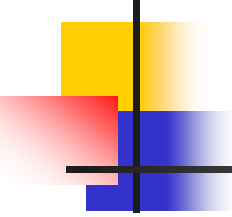


- rico em nutrientes
- renovação rápida do fitoplâncton
- acumulação de detritos de algas mortas



- decompositores alimentando-se sobre detritos
- depleção do oxigênio dissolvido
- peixes, moluscos e crustáceos sufocando

EUTRÓFICO



Eutrofização

- Enriquecimento das águas com nutrientes: (N, P) necessários ao crescimento da vida vegetal aquática.
- Aumento da produtividade biológica do lago: com proliferação de algas e outros vegetais aquáticos
- Classificação dos lagos:
 - a. Oligotróficos: baixa produtividade biológica/baixa concentração nutrientes
 - b. Eutróficos: produção vegetal excessiva/alta concentração nutrientes
 - c. Mesotróficos: características intermediárias entre oligotrófico e eutrófico
- Causas
 - Esgotos, efluentes industriais, fertilizantes agrícolas
- Consequências
 - Desequilíbrio ecológico nos lagos: competição entre peixes e decompositores, por O.D.

Excesso de Nutrientes



Aumento biomassa vegetal



Diminuição do processo de aeração superficial



Morte de organismos sensíveis à redução da concentração de oxigênio



Aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

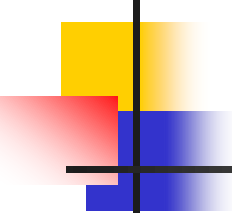


Condições anaeróbias



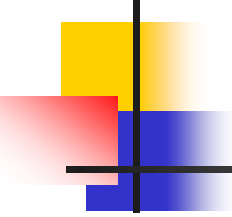
Predomínio de bactérias anaeróbias e facultativas no fundo do lago. Ocorrência de uma estreita camada superficial de algas macrófitas.

Eutrofização – Formas de controle



- Medidas preventivas:
 - a. Remoção dos nutrientes (N, P) por processo terciário
 - b. Tratamento de efluentes industriais
 - c. Redução uso fertilizantes agrícolas ou formas aplicação
 - d. Recomposição matas ciliares
 - e. Controle drenagem urbana

- Medidas corretivas:
 - a. Aeração da camada inferior dos lagos
 - b. Precipitação química do fósforo
 - c. Colheita de macrófitas
 - d. Remoção do sedimento de fundo.



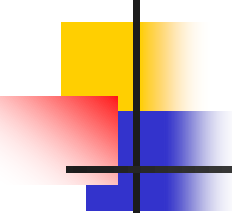
Mudanças no pH

- Efeitos sobre a flora e a fauna;
- Restrições de uso da água na agricultura;
- Aumento da toxicidez de certos compostos (amônia, metais pesados, gás sulfídrico).

Compostos tóxicos

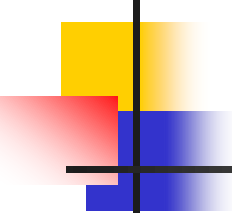
- Danos à saúde humana;
- Danos aos animais aquáticos.





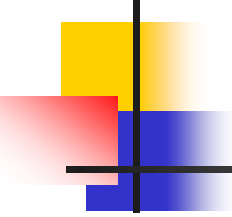
Corantes

- cor na água;
- redução da transparência da água;
- diminuição da atividade fotossintética;
- redução do oxigênio dissolvido;
- prejuízos à vida aquática.



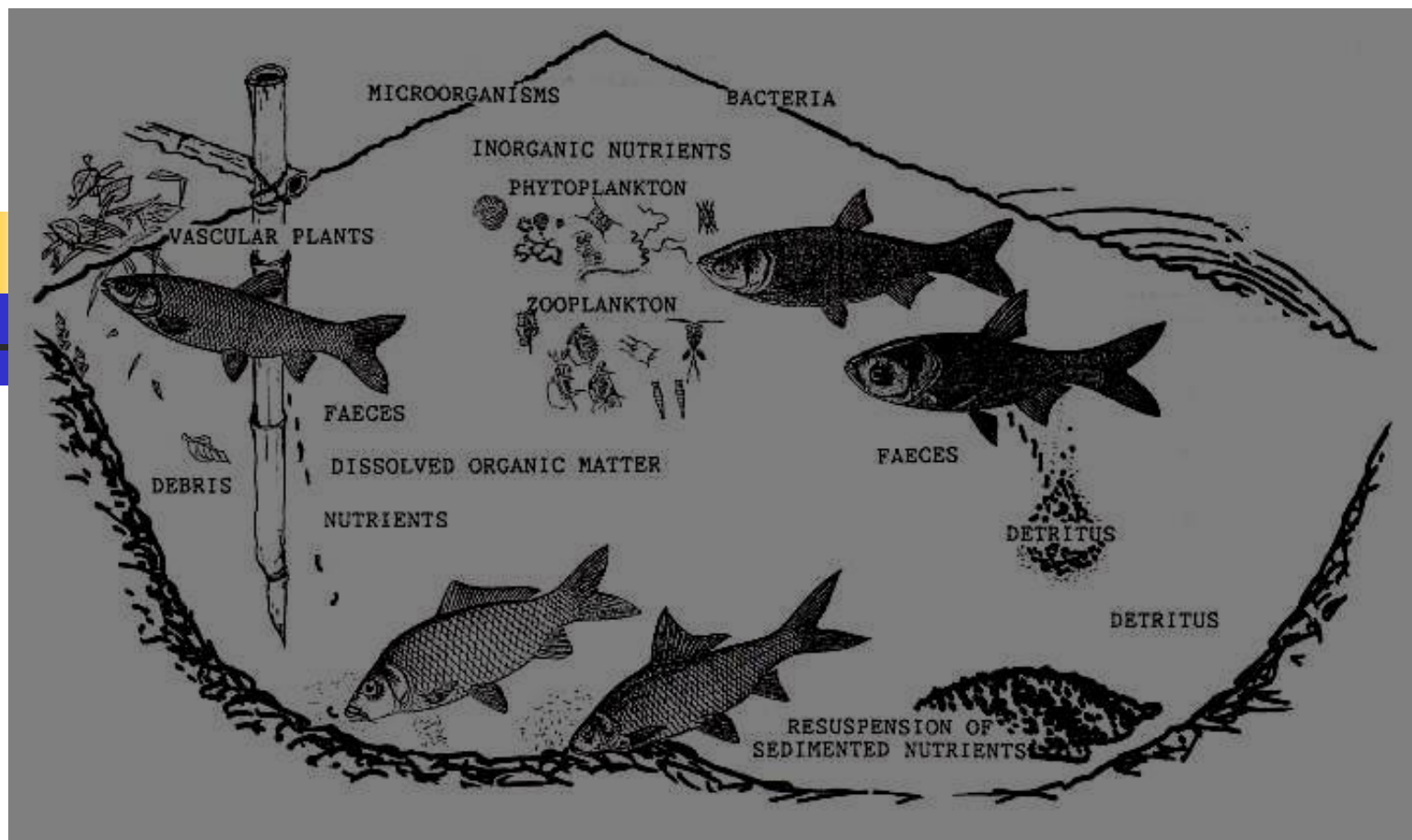
Substâncias tensoativas

- redução da viscosidade
- redução da tensão superficial da água
- danos à fauna
- espumas
- toxidez



Substâncias radioativas

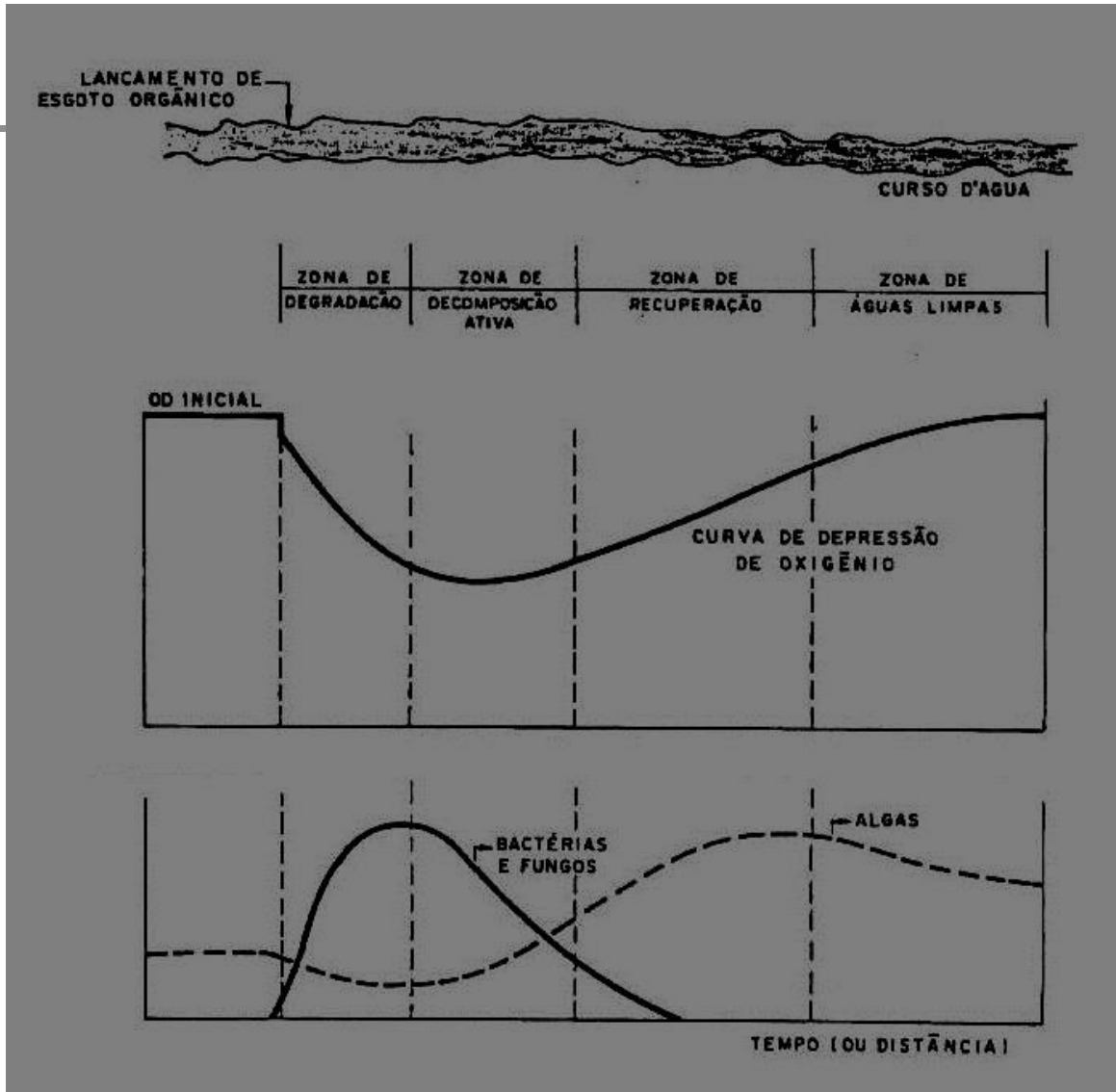
- Danos à saúde humana;
- Danos aos animais aquáticos.



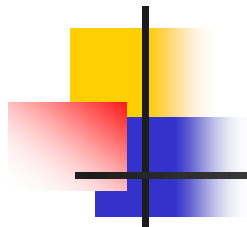
PRINCIPAIS IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS D'ÁGUA

PRINCIPAIS IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES NOS CORPOS D'ÁGUA

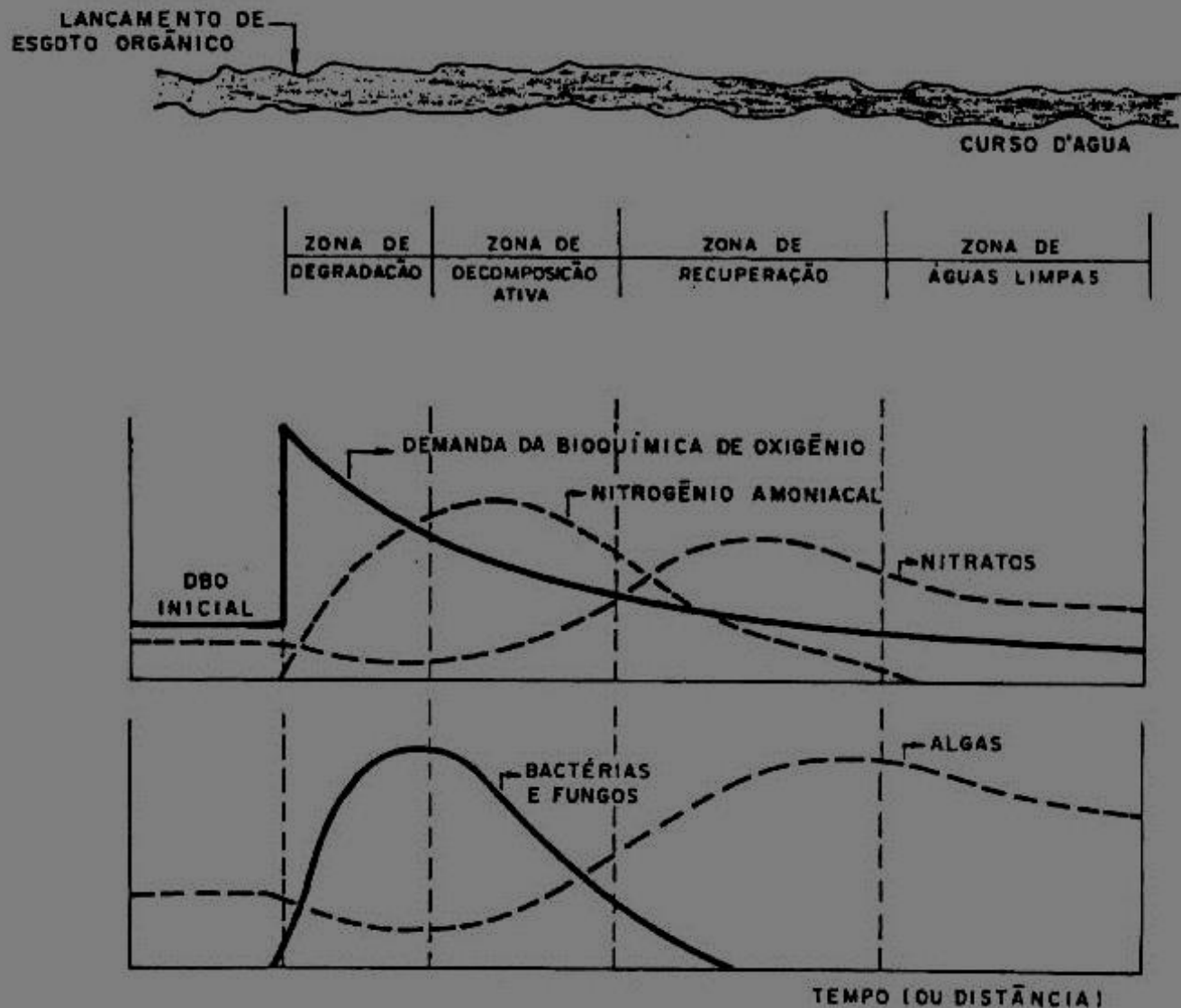
1. Consumo de oxigênio



PRINCIPAIS IMPACTOS DO EFLUENTE



2. Demanda de oxigênio - DBO



- O processo de autodepuração
- Carga Orgânica = $Q \times \text{DBO}$
 - $Q_{7,10}$ (Fonte:DAEE):
- É a medida de Vazão Crítica, por sete dias consecutivos, no período de inverno (seca), por 10 anos.
- $Q_{7,10} \times \text{DBO}_{\text{rio}} + Q_{\text{ETE}} \times \text{DBO}_{\text{ETE}} = (Q_{7,10} + Q_{\text{ETE}}) \times \text{DBO}_{\text{Art}} \cdot 11$
- Exs.: Alguns Dados de $Q_{7,10}$ (Fonte: DAEE):
 - - Rio Paraíba : 100 m³/s
 - - Rio Amazonas: 250.000 m³/s
 - - Rio Taboão (Lorena): 2,6 m³/s
 - - Córrego Mandi (Lorena): 0,0133 m³/s

IV - (DBO) em 5 (cinco) dias, a 20° C (vinte graus Celsius) em qualquer amostra, até 5 mg L⁻¹ (cinco miligramas por litro):

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

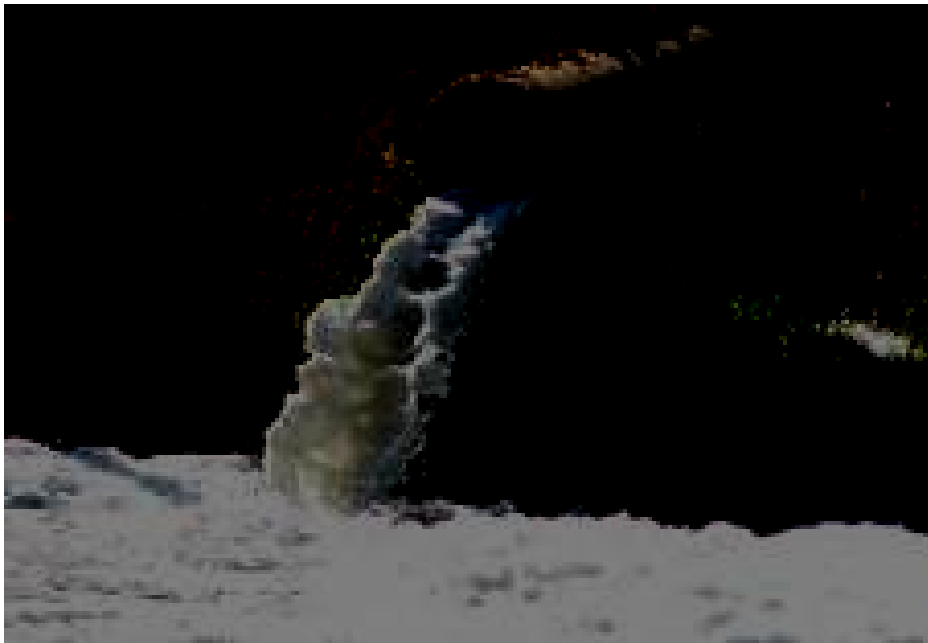


■ Principais usos da água e suas condições/cuidados:

- ✓ Consumo público: exige condições sanitárias e toxicológicas
- ✓ Industrial: função do uso específico
- ✓ Irrigação: função do tipo de cultura de plantio (saís dissolvidos e patogênicos)
- ✓ Geração energia: termoelétricas ou hidrelétricas (requisitos de qualidade pouco restritivos)
- ✓ Navegação: cuidados com compostos agressivos aos condutos de refrigeração das embarcações
- ✓ Recreação: Atenção aos elementos patogênicos e ou tóxicos

■ Usos diversos da Água: Conflitos

✓ Diluição de despejos:



- ✓ pode degradar a qualidade afetando outros usos (doméstico, industrial, agrícola)

■ Usos diversos da Água: Conflitos

- ✓ **Criação de reservatório:** variação de oferta temporal de água, e controle das cheias conflita com usos discriminados e impactos ambientais



■ Usos diversos da Água: Conflitos

- ✓ **Usos consuntivos:** parte da água utilizada não retorna ao corpo d'água de onde foi captada: irrigação (vegetação, evapotranspiração), urbano (perda na distribuição), industrial (incorporação no produto e perda na distribuição)





I Usos consuntivos da água:

referem-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente.

Exs: dessedentação de animais, irrigação, abastecimento público, processamento industrial, etc.

Usos não-consuntivos da água:

referem-se aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade.

Exs: navegação, recreação, piscicultura, hidroeletricidade, etc.



I Usos consuntivos da água:

referem-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente.

Exs: dessedentação de animais, irrigação, abastecimento público, processamento industrial, etc.

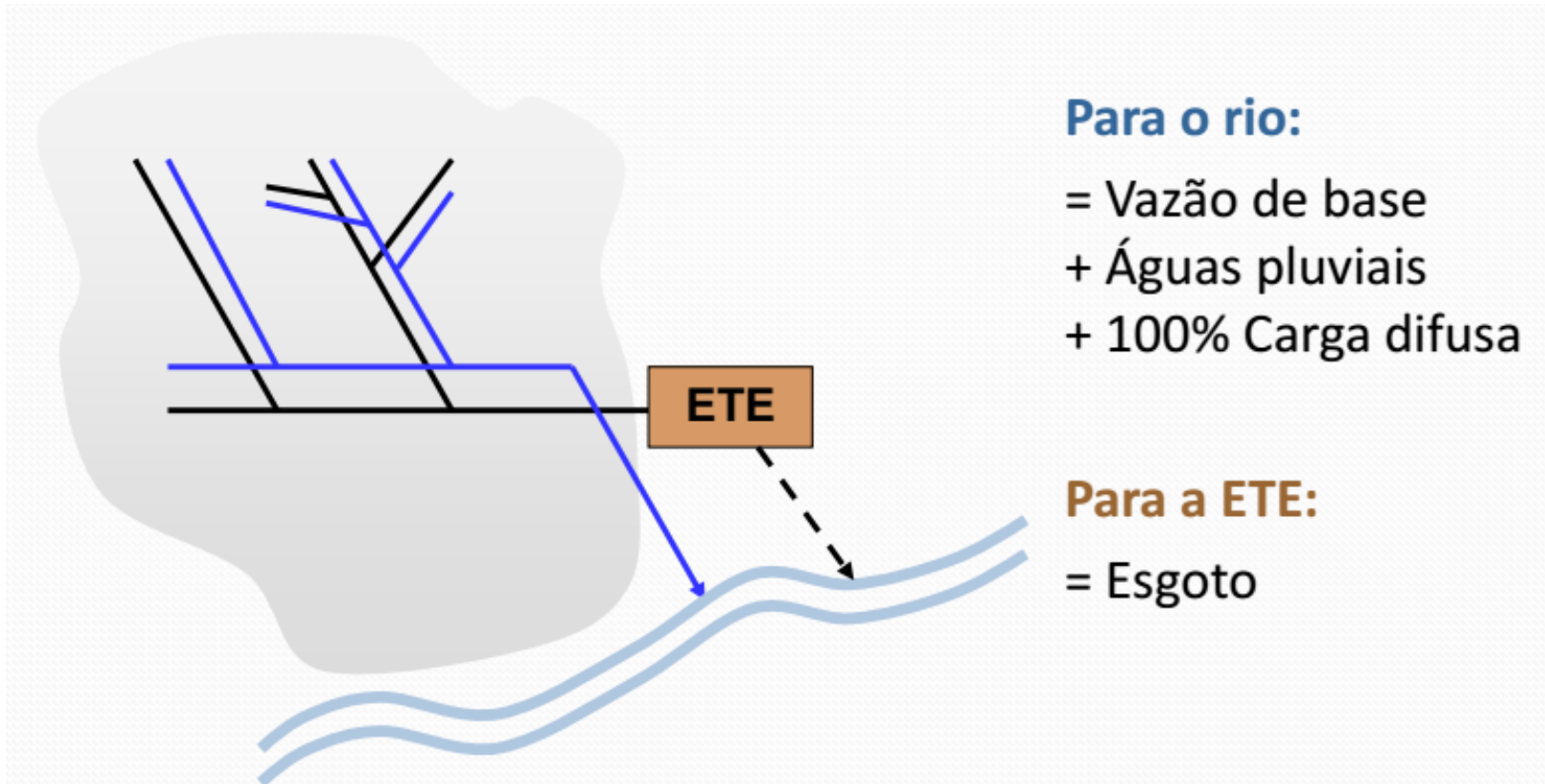
Usos não-consuntivos da água:

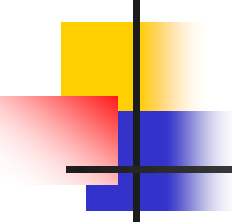
referem-se aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade.

Exs: navegação, recreação, piscicultura, hidroeletricidade, etc.

Tipos de sistemas de esgoto

- Sistema de esgotamento separador absoluto

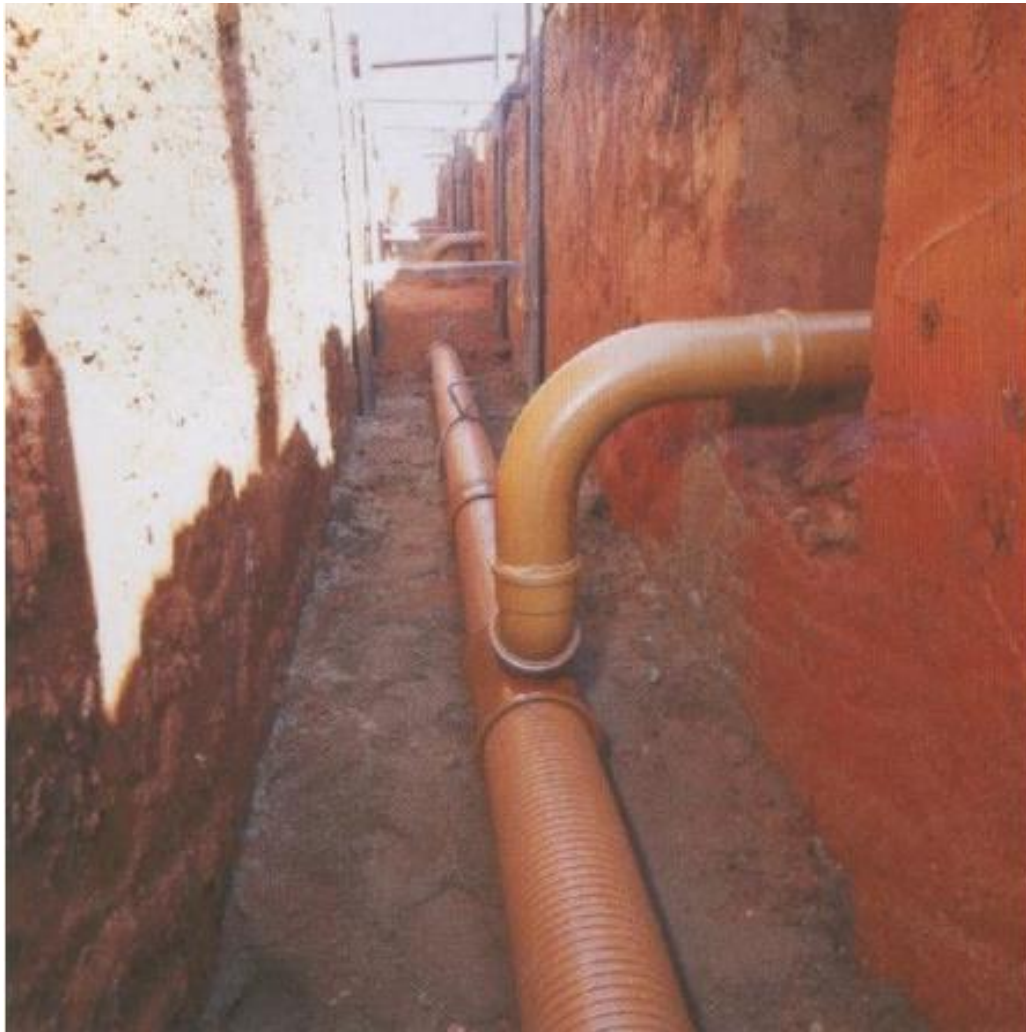




Partes de um sistema de esgoto sanitário

- **Rede coletora:** Conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios;
 - **Sistema de esgoto predial** liga diretamente na rede coletora por uma tubulação (coletor predial);
 - Composta de coletores secundários (recebem diretamente as ligações prediais) e coletores tronco (principal da bacia de drenagem).

LIGAÇÃO PREDIAL



PV (concreto)



TIL (plástico)



**Ligação
Domiciliar**



Exemplos de coletores



Coletor em Tóquio (1884)

Coletor em Osaka (1573)





Partes de um sistema de esgoto sanitário

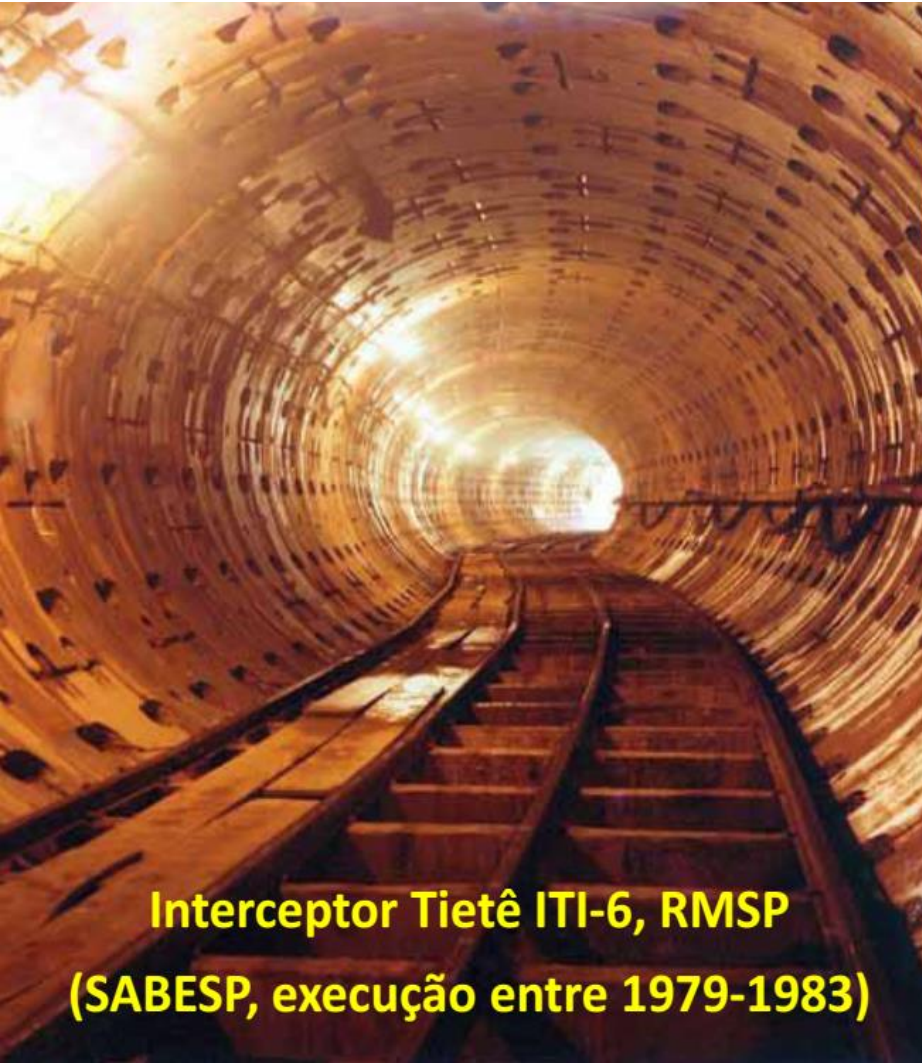
- **Interceptor:** Canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas;
- **Emissário:** Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (ETE e/ou lançamento) sem receber contribuições de marcha;
- **Sifão invertido:** Obra destinada à transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão.



Partes de um sistema de esgoto sanitário

- **Corpo de água receptor:** corpo de água onde serão lançados os esgotos;
- **Estação elevatória:** Conjunto de instalações destinadas a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para uma cota mais alta;
- **Estação de tratamento:** Conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes do lançamento.

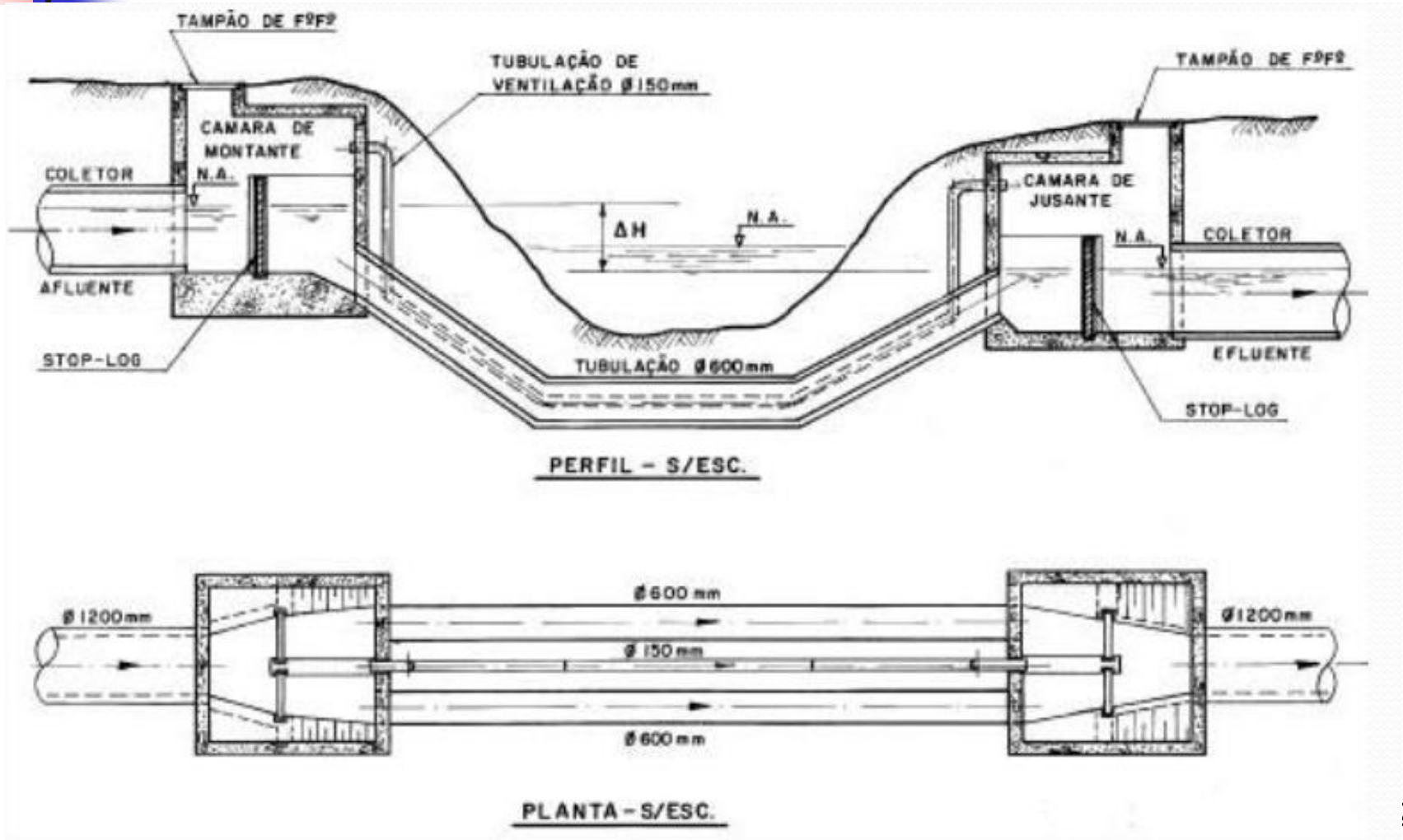
Interceptores de Esgoto Sanitário



**Interceptor Tietê ITI-6, RMSP
(SABESP, execução entre 1979-1983)**



Sifões invertidos – Ex. planta e perfil

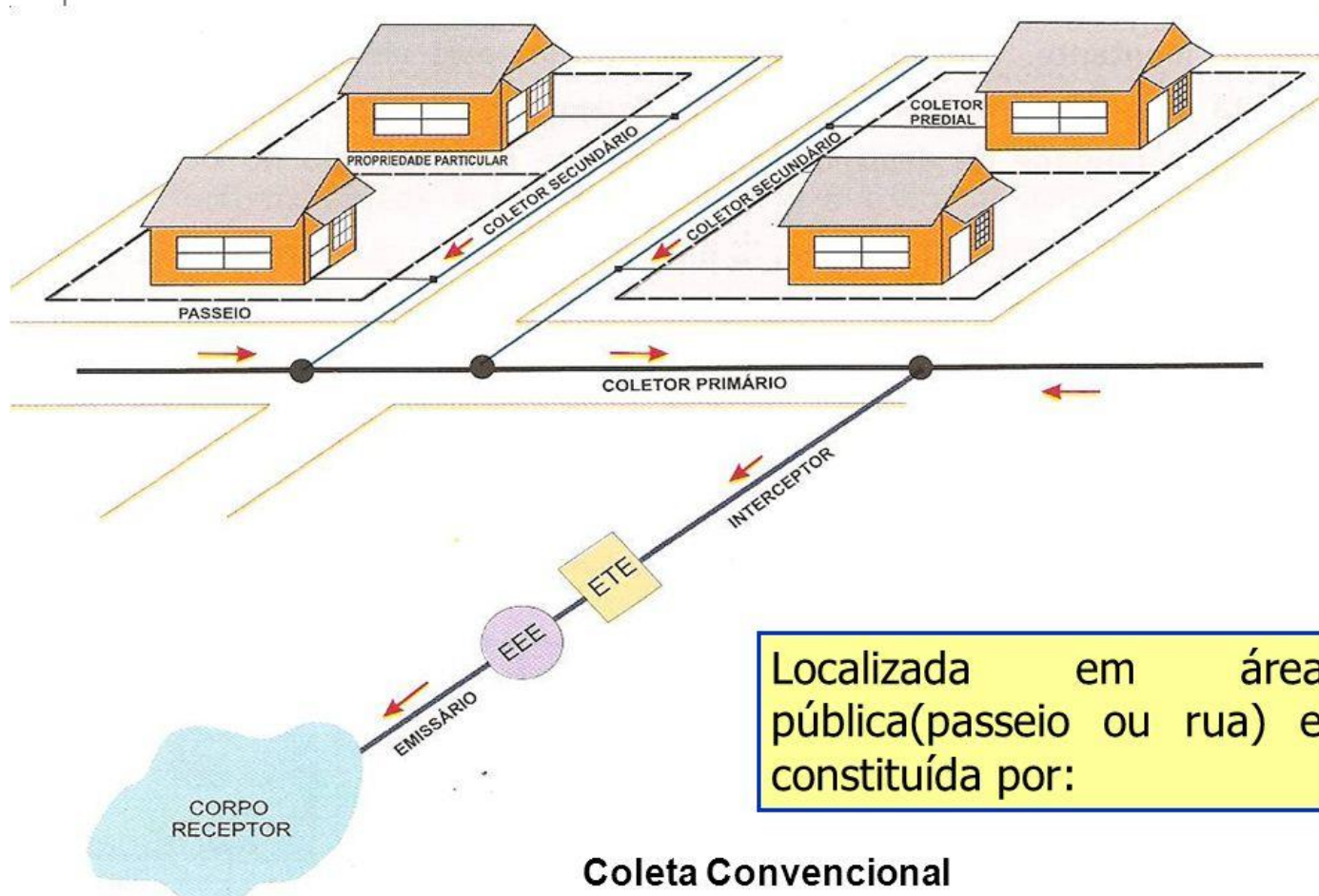


emissário submarino

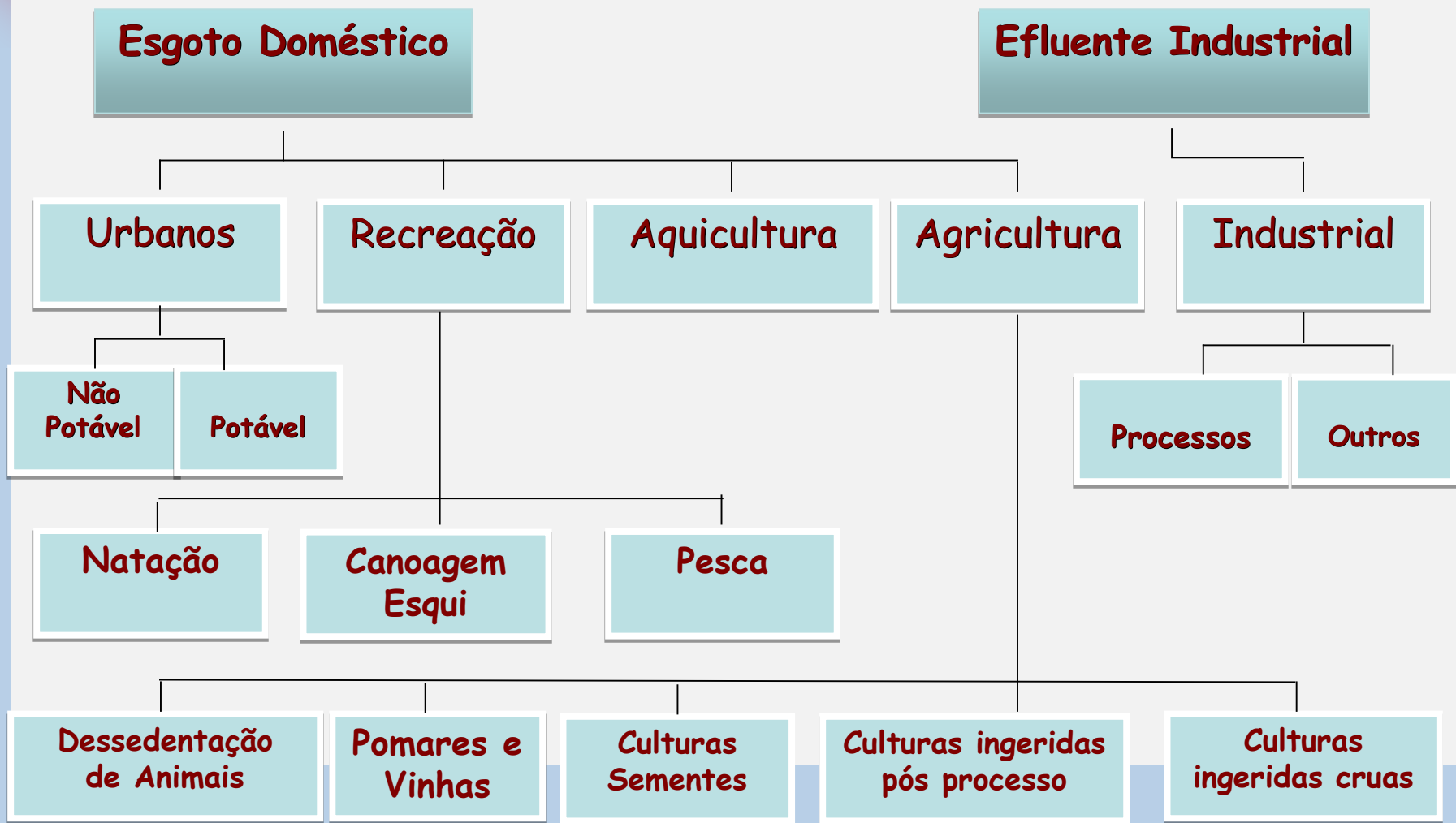


Partes de um sistema de esgoto sanitário

Coleta Convencional de Esgoto Sanitário



■ **Reúso da Água (formas potenciais de reúso):**



■ Reúso Urbanos para Fins Potáveis

- *(Risco: presença de patógenos e compostos orgânicos sintéticos)*

Utilizar apenas sistemas de reúso indiretos

- A OMS não recomenda o uso direto: conexão direta do efluente de uma ETE a uma ETA, e ao sistema de distribuição. O uso indireto é o lançamento em corpos d'água que, após tempo retenção longo, é captada para ETA, reservação e distribuição;

Uso exclusivo de esgotos domésticos

- (Risco: presença de micropoluentes orgânicos industriais)
- O reúso, para fins potáveis, só deve ser praticado tendo como matéria-prima básica esgotos exclusivamente domésticos.

Barreiras múltiplas nas ETAs

- Pré-ozonização, Adsorção por carvão ativado em pó; coagulação-floculação, sedimentação, filtros rápidos de areia, cloração, correção pH.

- **Reúso Urbanos para Fins Não Potáveis**
 - ("Água potável de segunda")

- **Maiores potenciais de processo:**

- ✓ Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, jardins de escolas etc.;
- ✓ Irrigação de áreas ajardinadas de indústrias e edifícios públicos;
- ✓ Reserva de proteção contra incêndios;
- ✓ Sistemas decorativos (chafarizes, espelhos e quedas-d'água);
- ✓ Descarga sanitária em banheiros públicos, edifícios comerciais e industriais;
- ✓ Lavagens de veículos, trens e ônibus públicos.

- **Obs:**

- **Custos elevados de sistemas duplos de distribuição; cuidados operacionais (contaminação)**

■ Reúso Industriais

- (Atrativo: proximidade das áreas de produção, de adutoras etc)

■ Maiores potenciais de processo:

- ✓ Torres de resfriamento;
 - ✓ Caldeiras;
 - ✓ Construção civil (cura de concreto, compactação de solo;
 - ✓ Irrigação de áreas verdes, espelhos e quedas-d'água);
 - ✓ Lavagens industriais e de pisos;
 - ✓ Processos industriais específicos.
-
- *Obs:*
 - *Cuidados especiais (aspectos): corrosão, contaminação microbiana, condutividade e salinidade.*

■ **Reúso Agrícolas**

- (Atrativo: ~ 80% do uso consuntivo, novas fontes de suprimento)

■ **Fatores que potencializam os usos para irrigação de culturas:**

- ✓ Escassez de fontes alternativas de água;
- ✓ Custo elevado de fertilizantes;
- ✓ Segurança: riscos mín. de saúde pública e impacto sobre o solo;
- ✓ Custos elevados de sistemas de tratamento de efluentes;
- ✓ Aceitação sociocultural do reúso agrícola;
- ✓ Reconhecimento pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

■ **Benefícios Econômicos do Reúso Agrícola**

- Aumento da produtividade agrícola (ton/ha/ano), por irrigação com esgotos domésticos

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos (*)	Feijão 5 anos (*)	Arroz 7 anos (*)	Batata 3 anos (*)	Algodão 3 anos (*)
Esgoto bruto	3,34	0,9	2,97	23,11	2,56
Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,7	0,72	2,03	17,16	1,70

(*) N° de anos para cálculo da produtividade média

Fonte: Instit. Nac. de Pesquisas de Eng^a Ambiental - Neeri, Nagpur-Índia

■ **Benefícios Ambientais e à Saúde Pública**

- (Sistemas de reúso planejados e administrados adequadamente)

■ **Melhorias ambientais e de condições de saúde:**

- ✓ Evita a descarga de esgotos em corpos d'água;
- ✓ Preserva recursos subterrâneos;
- ✓ Permite a conservação do solo pela acumulação de húmus e aumenta a resistência a erosão; e
- ✓ Contribui para o aumento da produção de alimentos, elevando os níveis de saúde, qualidade de vida, e as condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso.



Bibliografia

- ALCÂNTARA, M. A. K. **Meio Ambiente Aquático**. Apostila da Disciplina LOB1046 – Engenharia do Meio Ambiente. Escola de Engenharia de Lorena - USP. Departamento de Ciências Básicas e Ambientais. Lorena, 2017.
- ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**, 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.
- ANA (Agência Nacional de Águas). **Dados de Referência acerca da outorga do sistema Cantareira**. 2016.
- BRAGA B. *et.al.*. **Introdução à engenharia ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2a. Ed., Pearson Prentice Hall, 2007.



Bibliografia

- JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**, 4 ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.
- SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx>> Acesso em: 02/01/2017.
- SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M; PEREIRA, I.C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos, 2ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgotos** (2014).
- TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**, 1ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. ISBN 85-900823-6-9.



Bibliografia

- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- ZAMBON, R.C.; CONTRERA, R.C.; SOUZA, T.S.O. **Introdução e concepção de sistemas de abastecimento de água**. Apostila da Disciplina PHD2412 – Saneamento II. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2016.