

## QUALIDADE DA ÁGUA

### CICLO DO USO DA ÁGUA

- À cada etapa, a qualidade se altera.
- Gerenciamento deste ciclo (todas as etapas do saneamento básico → qualidade da água em função de seu uso)

Definições: Água bruta (retirada do rio, lago ou lençol subterrâneo)

Água tratada (após captação sobre tratamento para se adequar ao uso previsto)

Esgoto bruto (ou água usada – é o despejo líquido)

Esgoto tratado (despejos sofrem tratamento antes de lançados no corpo receptor)

### IMPUREZAS NA ÁGUA

- Características físicas (sólidos presentes),
- Características químicas (matéria orgânica ou inorgânica) e
- Características biológicas (microorganismos)

### PARÂMETROS (INDICADORES) DE QUALIDADE DA ÁGUA

- Caracterização de águas para abastecimento (superficiais e subterrâneas - brutas e tratadas), águas residuárias (brutas e tratadas), mananciais e corpos receptores.



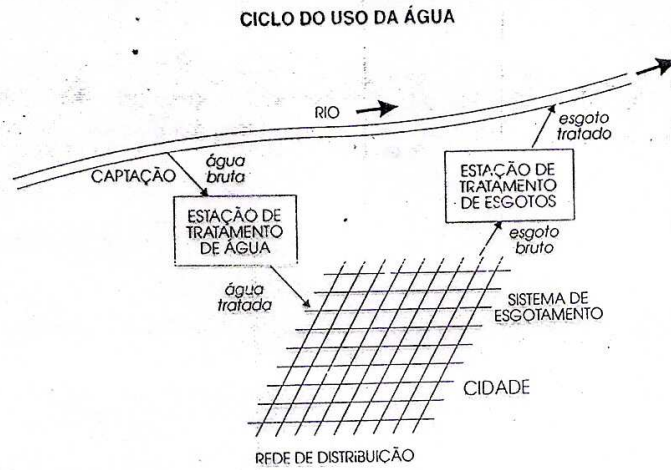


Fig. 3.1. Ciclo do uso da água

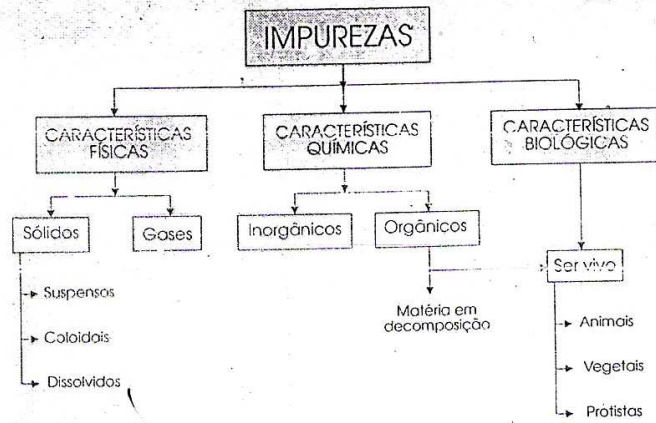


Fig. 4.1. Impurezas contidas na água (adaptado de Barnes et al, 1981)

### DISTRIBUIÇÃO DOS SÓLIDOS

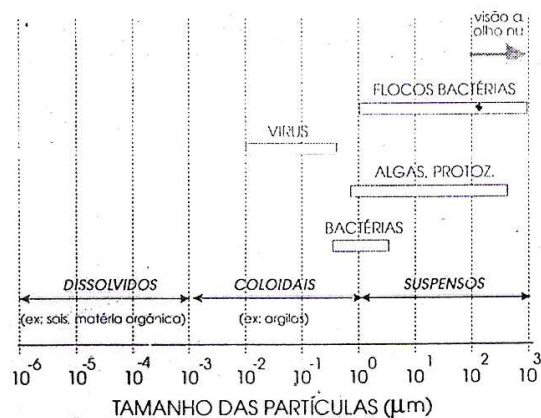


Fig. 4.2. Classificação e distribuição dos sólidos em função do tamanho

# Características das Impurezas

13

Quadro 4.1 Características básicas dos três reinos do mundo vivo

Característica	Monera/Protistas	Vegetais	Animais
Célula	Unicelular/multicelular	Multicelular	Multicelular
Diferenciação celular	Inexistente	Elevada	Elevada
Fonte de energia	Luz/matéria orgân./matéria inorgân.	Luz	Matéria orgânica
Clorofila	Ausente/presente	Presente	Ausente
Movimento	Imóveis/móveis	Imóveis	Móveis
Parede celular	Ausente/presente	Presente	Ausente

*núcleos das células está ou não em uma memb. celular*  
 → eucariontes  
 → procariontes

Quadro 4.2 Principais microrganismos de interesse

Microrganismo	Descrição
<i>Bactérias</i> <b>Monera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos <u>monera unicelulares</u>.</li> <li>- Apresentam-se em várias formas e tamanhos.</li> <li>- São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.</li> <li>- Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.</li> </ul>
<b>Algas</b> <i>Protista/Monera</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila.</li> <li>- Importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgotos.</li> <li>- Em lagos e represas, podem proliferar em excesso, causando uma deterioração da qualidade da água.</li> </ul>
<i>Fungos</i> <b>Protista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos.</li> <li>- Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica.</li> <li>- Podem crescer em condições de baixo pH.</li> </ul>
<i>Protozoários</i> <b>Protista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos unicelulares sem parede celular.</li> <li>- A maioria é aeróbia ou facultativa.</li> <li>- Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos.</li> <li>- São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos.</li> <li>- Alguns são patogênicos.</li> </ul>
<b>Vírus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça proteica.</li> <li>- Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.</li> </ul>
<b>Helmintos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Animais superiores.</li> <li>- Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.</li> </ul>

← ex. patogênic coliformes  
 ← ex. cianofíceas verdes  
 ← ex. leveduras  
 ← ex. ameba, flagelados

Fonte: Silva & Mara (1979), Tchobanoglous e Schroeder (1985), Metcalf & Eddy (1991)

Quadro 5.2 Forma física preponderante representada pelos parâmetros de qualidade

Característica	Parâmetro	Sólidos em suspensão	Sólidos dissolvidos	Gases dissol. 2:5
<b>Parâmetros físicos</b>	Cor		x	
	Turbidez	x		
	Sabor e odor	x	x	
<b>Parâmetros químicos</b>	pH		x	
	Alcalinidade		x	
	Acidez		x	
	Dureza		x	
	Ferro e manganês	x	x	
	Cloretos		x	
	Nitrogênio	x	x	
	Fósforo	x	x	
	Oxigênio dissolvido			x
	Matéria orgânica	x	x	
Metais pesados	x	x		
Micropoluentes orgânicos			x	
<b>Parâmetros biológicos</b>	Organismos indicadores	x		
	Algas	x		
	Bactérias	x		

*incrustação*  
 Gases dissolvidos  
 baixo: corrosividade  
 alto: incrustação



*Quais parâmetros devem ser analisados?*

Características	Parâmetro	Águas para abastecimento				Águas residuárias		Corpos receptores	
		Água superficial		Água subterrânea		Bruta	Tratada	Rio	Lago
		Bruta	Tratada	Bruta	Tratada				
Parâmetros físicos	Cor	x	x	x <sup>(1)</sup>	x			x	x
	Turbidez	x	x	x	x			x	x
	Sabor e odor	x	x	x	x			x	x
	Temperatura	x		x		x		x	x
Parâmetros químicos	pH	x	x	x	x	x		x	x
	Alcalinidade	x		x		x			
	Acidez	x		x					
	Dureza			x	x				
	Ferro e manganês	x	x	x	x				
	Cloretos	x		x					
	Nitrogênio	x	x	x	x	x	x	x	x
	Fósforo						x	x	x
	Oxigênio dissolvido							x <sup>(2)</sup>	x
	Matéria orgânica						x	x	x
Parâmetros biológicos	Micropol.inorg. (diversos) <sup>(3)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
	Micropol.orgân. (diversos) <sup>(3)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
	Organismos indicadores	x	x	x	x		x <sup>(2)</sup>	x	x
	Algas (diversas)	x					x <sup>(2)</sup>		x
	Bactérias decomp. (diversas)						x <sup>(2)</sup>		

Notas:  
 (1) Causada por Fe e Mn  
 (2) Durante o tratamento, para controle do processo  
 (3) Devem ser analisados aqueles que possuem alguma justificativa, devido ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica

*Que tipo de água para os usos industriais? Requisitos?*

Quadro 6.1 Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso Geral	Uso Específico	Qualidade Requerida
Abastecimento de água doméstico		- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Adequada para serviços domésticos - Baixa agressividade e dureza - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de microrganismos)
	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)
Abastecimento industrial	Água entra em contato com o produto	- Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (ex: refrigeração, caldeiras)	- Baixa dureza - Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Salinidade não excessiva
	Demais plantações	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações - Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais		- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais - Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da flora e da fauna		- Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, esqui, surfe)	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	- Aparência agradável
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	- Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas (ex: torres de resfriamento)	- Baixa dureza
Transporte		- Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações

## REQUISITOS E PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Usos múltiplos da água ↔ Qualidade requerida

### **3 Padrões**

- Padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor  
(Resolução CONAMA nº 20 / 1986) e

### **NOVA**

- Padrões de potabilidade  
(qualidade da água fornecida ao consumidor)

MS, Portaria nº 36 / 1990

## POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Informações obtidas em levantamento sanitário de uma bacia  
hidrográfica:

- dados físicos da bacia,
- comportamento hidráulico dos corpos d'água,
- uso e ocupação do solo,
- caracterização sócio-econômica,
- usos múltiplos da água,
- requisitos de qualidade para o corpo d'água,
- localização, quantificação e tendência das principais fontes poluidoras,
- diagnóstico da situação atual da qualidade d'água,

# Padrão de Qualidade da Água

uso + nobre

16

**Quadro 6.2** Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA n° 20, 18/06/86)

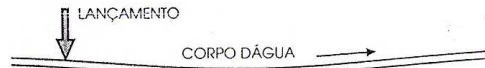
água doce

Uso	Classe				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	x	x (a)	x (b)	x (b)	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	x				
Recreação de contato primário		x	x		
Proteção das comunidades aquáticas		x	x		
Irrigação		x (c)	x (d)	x (e)	
Criação de espécies (aquicultura)		x	x		
Dessedimentação de animais					x
Navegação					x
Harmonia paisagística					x
Usos menos exigentes					x

Notas:  
(a) após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rentes ao solo; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

doce  
salobra  
salina  
% salinidade

**Quadro 6.3** Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA n° 20, 18/06/86)



Parâmetro	Unidade	Padrão para Corpo d'Água Classe				Padrão de Lançamento
		1	2	3	4	
Cor	uH	30	75	75	-	-
Turbidez	uT	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	40
Material flutuante	-	VA	VA	VA	VA	ausente
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	(1)	(2)
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6 a 9	5 a 9
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3	5 <sup>(3)</sup>	10 <sup>(3)</sup>	-	(4)
DQO	mg/l	-	-	-	-	(4)
OD	mg/l	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2	-
Sólidos em suspensão	mg/l	-	-	-	-	(4)
Coliformes totais	org/100 ml	1.000	5.000	20.000	-	-
Coliformes fecais	org/100 ml	200	1.000	4.000	-	-
Alumínio	mgAl/l	0,1	0,1	0,1	-	-
Amônia livre	mgNH <sub>3</sub> /l	0,02	0,02	-	-	5,0
Amônia total	mgN/l	-	-	1,0	-	5,0
Arsênio	mgAs/l	0,05	0,05	0,05	-	0,5
Bário	mgBa/l	1,0	1,0	1,0	-	5,0
Berílio	mgBe/l	0,1	0,1	0,1	-	-
Boro	mgB/l	0,75	0,75	0,75	-	5,0
Cádmio	mgCd/l	0,001	0,001	0,01	-	0,2
Cianetos	mgCN/l	0,01	0,01	0,2	-	0,2
Chumbo	mgPb/l	0,03	0,03	0,05	-	0,5
Cloretos	mgCl/l	250	250	250	-	-
Cloro residual	mgCl/l	0,01	0,01	-	-	-
Cobalto	mgCo/l	0,2	0,2	0,2	-	-
Cobre	mgCu/l	0,02	0,02	0,5	-	1,0
Cromo VI	mgCr/l	0,05	0,05	0,05	-	0,5
Cromo III	mgCr/l	0,05	0,05	0,5	-	2,0
Estanho	mgSn/l	2,0	2,0	2,0	-	4,0
Índice de fenóis	mgC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/l	0,001	0,001	0,3	-	0,5
Ferro solúvel	mgFe/l	0,3	0,3	5,0	-	15,0
Fluoretos	mgF/l	1,4	1,4	1,4	-	10,0
Fosfato total	mgP/l	0,025	0,025	0,025	-	-
Lítio	mgLi/l	2,5	2,5	2,5	-	-

condições para que o rio se enquadre nos padrões.

4



Quantificação das cargas poluidoras  
(esgotos domésticos, despejos industriais, escoamento  
superficial)

## CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

ESGOTOS/ ÁGUAS RESIDUÁRIAS  
(Esgoto doméstico / Águas de infiltração /  
Despejos industriais)

Sistema de esgotamento (Separador e Combinado)

### VAZÃO DOMÉSTICA DE ESGOTO

- Engloba o esgoto oriundo dos domicílios e de atividades comerciais e institucionais de uma localidade.
- A vazão é calculada com base na vazão de água da respectiva localidade, que é calculada em função da população e do valor do consumo médio diário de água de um indivíduo (Quota Per Capita de Água)

$$QPC_{\text{água}} \text{ (L/hab.dia)} = (\text{Renda}) / (0,021 + 0,003 \times \text{Renda})$$

Onde

Renda = renda familiar mensal média (número de salários mínimos em dólares por mês)



**Esgotos domésticos e industriais:**

$$\text{carga} = \text{concentração} \times \text{vazão}$$

$$\text{carga (kg/d)} = \frac{\text{concentração (g/m}^3) \cdot \text{vazão (m}^3/\text{d)}}{1.000 \text{ (g/kg)}}$$

Obs:  $\text{g/m}^3 = \text{mg/l}$

**Esgotos domésticos:**

$$\text{carga} = \text{população} \times \text{carga per capita}$$

$$\text{carga (kg/d)} = \frac{\text{população (hab)} \cdot \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1.000 \text{ (g/kg)}}$$

**Esgotos industriais:**

$$\text{carga} = \text{contribuição por unidade produzida} \times \text{produção}$$

$$\text{carga (kg/d)} = \text{contribuição por unidade produzida (kg/unid)} \times \text{produção (unid/d)}$$

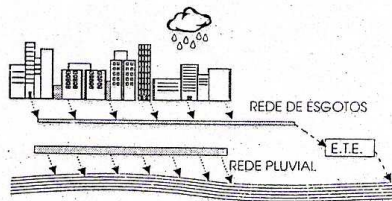
**Drenagem superficial:**

$$\text{carga} = \text{contribuição por unidade de área} \times \text{área}$$

$$\text{carga (kg/d)} = \text{contribuição por unidade de área (kg/km}^2\text{.d)} \times \text{área (km}^2\text{)}$$

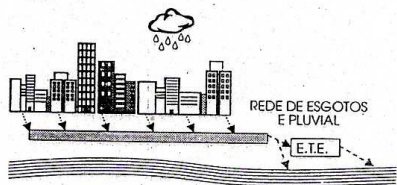
Quantificação  
das cargas  
poluidoras

**SISTEMA SEPARADOR**



Sistema de  
Esgotamento

**SISTEMA COMBINADO**



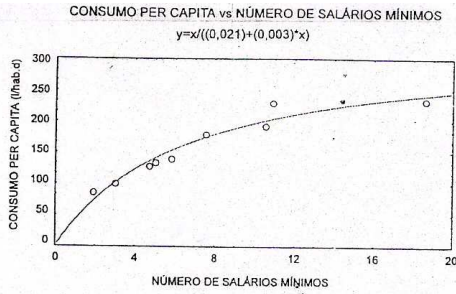
vazão doméstica  
de esgoto

Fig.1.1. Sistemas de esgotamento separador e combinado.

Quadro 1.1 Consumo per capita de água

Porte da comunidade	Faixa da população (hab)	Consumo per capita (CPC) (l/hab.d)
Povoado rural	< 5.000	90 - 140
Vila	5.000 - 10.000	100 - 160
Pequena localidade	10.000 - 50.000	110 - 180
Cidade média	50.000 - 250.000	120 - 220
Cidade grande	> 250.000	150 - 300

Fonte: Adaptado de CETESB (1977; 1978), Barnes et al (1981), Dahlhaus & Damrath (1982), Hosang & Bischof (1984)

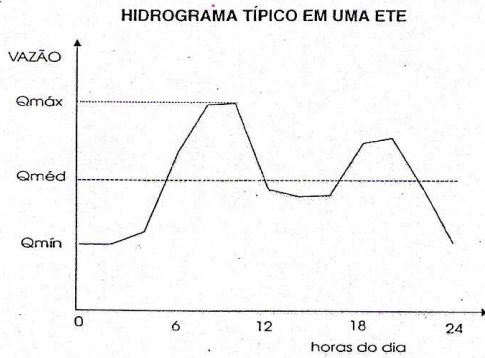


Vazão média de esgoto

1.2. Consumo per capita de água (l/hab.d) em função da renda familiar (consumo domiciliar)

Quadro 1.2 Fatores de influência no consumo de água

Fator de influência	Comentário
Clima	Climas mais quentes e secos induzem a um maior consumo
Porte da comunidade	Cidades maiores geralmente apresentam maior QPC
Condições econômicas da comunidade	Um melhor nível econômico associa-se a um maior consumo
Grau de industrialização	Localidades industrializadas apresentam maior consumo
Medição do consumo residencial	A presença de medição inibe um maior consumo
Custo da água	Um custo mais elevado reduz o consumo
Pressão da água	Elevada pressão induz a maiores gastos
Perdas no sistema	Perdas implicam na necessidade de uma maior produção de água



variações da vazão

Fig. 1.3. Hidrograma típico da vazão afluente a uma estação de tratamento de esgotos

Características  
de esgotos  
(Física)

Quadro 2.1 Principais características físicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
Temperatura	- Ligeiramente superior à da água de abastecimento - Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar) - Influência na atividade microbiana - Influência na solubilidade dos gases - 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 da decomposição - Despejos industriais: odores característicos
Turbidez	- Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão - Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez

Fonte: adaptado de Ossim (1985)

## VAZÃO MÉDIA DE ESGOTO

Produção de esgoto ↔ Consumo de água

A fração de esgoto que vai para a rede de coleta varia, pois parte da água consumida pode ser incorporada à rede pluvial (regar plantas) – SISTEMA COMBINADO

Cálculo da VAZÃO DOMÉSTICA MÉDIA DE ESGOTO

$$Q_{d\text{méd}} (\text{m}^3/\text{dia}) = (\text{População} \times \text{QPC} \times R) / (1000)$$

Onde

R é o coeficiente de retorno (fração de água fornecida que adentra a rede de coleta na forma de esgoto é 0,8 – vazão de esgoto/vazão de água)

Variações da vazão (dia/ tarde / noite) – residencial

## CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ESGOTOS

Esgoto = 99,9% de água + 0,1% de sólidos orgânicos/inorgânicos/suspensos ou dissolvidos

Características do esgoto =  
função (uso à qual a água foi submetida)  
FÍSICA, QUÍMICA, BIOLÓGICA



### CARGA DE ESGOTO PER CAPITA

(Contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo)

Cada indivíduo contribui por dia, em média, com  
54 gramas de DBO (g/hab.dia)

### CARGA AFLUENTE A UMA ETE

Carga (kg/dia) = População (hab) x Carga de esgoto per  
capita (g/hab.dia)/ (1000)

### **CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS e DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIAS**

### **NÍVEIS, PROCESSOS E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

- Remoção de poluente no tratamento → adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou padrão de qualidade vigente