

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

Componente curricular: Saneamento Básico e Saúde Pública

Aula 7

Professor Antônio Ruas

- 1. Créditos: 60**
- 2. Carga horária semanal: 4**
- 3. Semestre: 2º**
- 4. Introdução ao estudo dos esgotos.**

- 1. Composição do esgoto doméstico

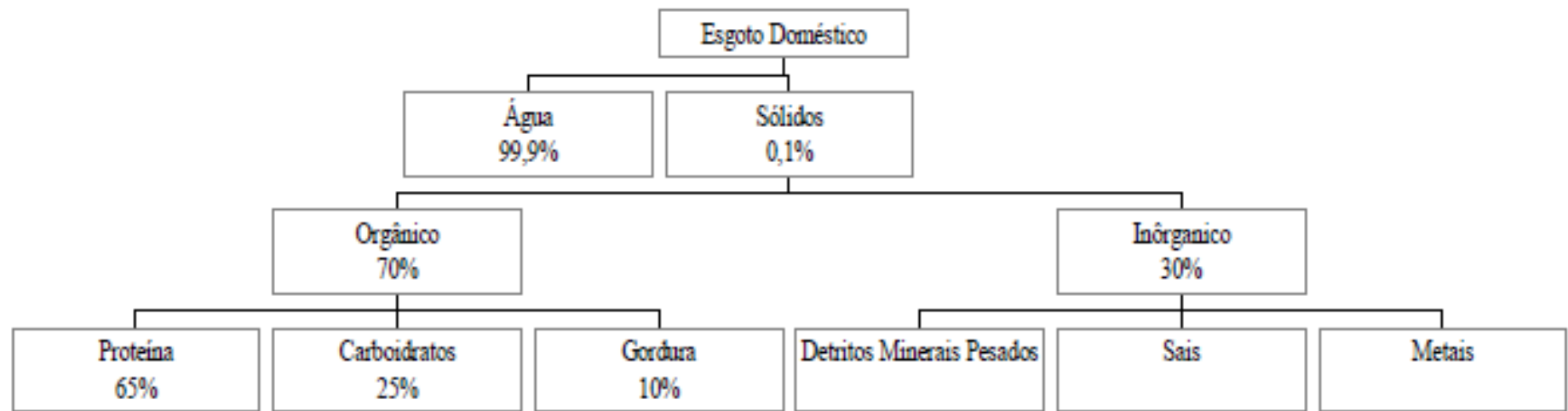


Figura 01: Composição dos Esgotos Domésticos. Fonte: Mendonça, 1990.

- 1. Composição do esgoto doméstico

Constituinte	Concentração Média (mg/L)		
	Forte	Médio	Fraco
Sólidos Dissolvidos Totais	850	500	250
Sólidos em Suspensão	350	200	100
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	400	220	110
Carbono Orgânico Total (COT)	290	160	80
Demanda Química de Oxigênio (DBQ)	1.000	500	250
Nitrogênio Orgânico	35	15	8
Fósforo Orgânico	5	3	1
Fósforo Inorgânico	10	5	3

Adaptado de MENDONÇA, 1990.

Tabela 02: Composição Típica do Esgoto Bruto Doméstico. Fonte: Mendonça, 1990.

- 1. Composição do esgoto doméstico

Atividade	DBO mg/L	SS Mg/L	DQO mg/L	Graxas mg/L
Abatedouro de bovinos	1300	960	2500	460
Sorvete	910	260	1830	-
Queijo	3160	970	5600	-
Laminação de metais	8	27	36	-
Farinha	330	330	570	-
Laticínios	1400	310	3290	-
Lavanderia industrial	770	450	2400	520
Industria farmacêutica	270	150	390	160
Abatedouro de aves	200	310	450	-
Tabela 03: Composição Típica do Esgoto Bruto de algumas Atividades Econômicas				-
Refrigerantes	480	480	1000	-
Adaptado de MENDONÇA, 1990.				

Tabela 03: Composição Típica do Esgoto Bruto de algumas Atividades Econômicas

■ 2. Esgotos domésticos: geral

- Compõem-se essencialmente da água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem.
- As fezes humanas compõem-se de restos alimentares ou dos próprios alimentos não transformados pela digestão, integrando-se as albuminas, as gorduras, os hidratos de carbono e as proteínas.
- Os sais e uma infinidade de microorganismos também estão presentes.

■

■ 2. Esgotos domésticos: geral

- Na urina são eliminadas algumas substâncias, como a uréia, resultantes das transformações químicas (metabolismo) de compostos nitrogenados (proteínas).
- As fezes e principalmente a urina contêm grande percentagem de água, além de matéria orgânica e inorgânica.
- Nas fezes está cerca de 20% de matéria orgânica, enquanto
- na urina 2,5%.
- Os microorganismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, sendo que os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae*) estão presentes
- em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes.

■ 2. Esgotos domésticos: geral

- As principais características físicas ligadas aos esgotos domésticos são:
 - a) matéria sólida 99,9% de água e 0,1% de sólidos.
 - b) temperatura: pouco superior à das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura;
 - c) odor: causado pelos gases formados no processo de decomposição. O odor de mofo, típico do esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico;
 - d) cor e turbidez: a cor e turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho;

▪ 2. Esgotos domésticos: geral

- e) variação de vazão: a variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é em função dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja 80%.

- **I. Esgotos domésticos: geral**
- **Características químicas**
- Cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente compostos orgânicos resultantes de combinação de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio:
 - - proteínas (40% a 60%); carboidratos (25% a 50%); gorduras e óleos (10%) e uréia, sulfatans, fenóis, etc.
 - - as proteínas são produtoras de nitrogênio e contêm carbono, hidrogênio, oxigênio, algumas vezes fósforos, enxofre e ferro. As proteínas são o principal constituinte de organismo animal, mas ocorrem também em plantas.
-

- **2. Esgotos domésticos: geral**
- **Características químicas**
- O gás sulfídrico presente nos esgotos é proveniente do enxofre fornecido pelas proteínas;
- - os Carboidratos contêm carbono, hidrogênio e oxigênio. São as principais substâncias a serem destruídas pelas bactérias, com a produção de ácidos orgânicos (por esta razão os esgotos velhos apresentam maior acidez);
- - gordura: é o mesmo que matéria graxa e óleos, provem geralmente do esgoto doméstico graças ao uso de manteiga, óleos vegetais, da carne, etc;
- - os sulfatans; são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto;
- - os Fenóis: são compostos orgânicos originados em despejos industriais.

- **2. Esgotos domésticos: geral**
- **Características químicas**
- Com relação à matéria inorgânica, nos esgotos esta é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas.
- **Volume do esgoto**
- No caso de populações não abastecidas por rede de abastecimento, o esgoto reduz-se a excretas lançadas em soluções individuais de tratamento, fossas secas ou sépticas (estudadas posteriormente).
- Para populações abastecidas o esgoto assume volumes muito maiores, demandando tratamento nas ETE(s).

- **2. Tratamento do esgoto doméstico**
- **Princípios do tratamento.**
- A eficiência do processo de tratamento depende das alterações bioquímicas conduzidas pelos microrganismos (ver tabela a seguir).
- Em qualquer tipo de tratamento, o objetivo é retornar aos mananciais um efluente com características próximas a este, de forma que o esgoto não se constitua em fonte poluente primária.
- No tratamento de esgoto, salientam-se os indicadores de monitoramento relacionados aos patógenos, matéria orgânica e nutrientes:
- Coliformes; DBO; sólidos; fósforo e nitrogênio totais. Outros indicadores podem ser agregados, como DQO, oxigênio dissolvido e turbidez. Em qualquer situação é a redução no valor destes parâmetros que conta para a eficiência do processo.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais

I. Resolução 357/2005 – CONAMA

A resolução classifica os mananciais superficiais no território brasileiro e normatiza o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora como os esgotos domésticos.

“ Art. 24: Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedecem as condições, padrões e exigências dispostas nesta resolução e em outras normas aplicáveis”

Observar a resolução e discutir: padrões mínimos exigidos pelo CONAMA para permitir contato primário.

Comparar estes padrões com os efluentes domésticos e estabelecer metas.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

II. Bactérias aeróbicas e anaeróbicas

O oxigênio é essencial a todo ser vivo para a sua sobrevivência. Na atmosfera encontramos o oxigênio necessário aos organismos terrestres e o oxigênio para os organismos aquáticos se encontram dissolvidos na água (OD, ver adiante).

Por maior que seja a poluição atmosférica, o teor de oxigênio no ar (21%) não será tão afetado, já havendo poluição orgânica (esgoto) na água o oxigênio dissolvido pode até desaparecer, trazendo grandes prejuízos à vida aquática.

Como qualquer ser vivo, as bactérias também precisam de oxigênio.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio
- As bactérias aeróbias utilizam-se do oxigênio livre na atmosfera ou dissolvidos na água, porém as bactérias anaeróbias para obtê-lo terão que desdobrar (abrir) substâncias compostas. Também existe as bactérias facultativas, que podem viver do oxigênio livre ou combinado. Esses três tipos de bactérias encontram-se normalmente no solo e podem ser patogênicos ou saprófitas que vivem exclusivamente às custas de matéria orgânica morta.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

O oxigênio é indispensável à vida aquática e o teor de oxigênio dissolvido (OD) é um indicador fundamental da qualidade da água (ver CONAMA). Níveis inferiores a 3 mg/l impedem de forma geral a sobrevivência de peixes. Isto porque os peixes respiram através das brânquias através de um mecanismo de troca de O_2 dependente da concentração do meio.

Paradoxalmente, em estações de tratamento de efluentes, os indicadores fundamentais são aqueles que medem o consumo de O_2 que ocorrerá nos mananciais quando este efluente for liberado, ou seja, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO). Ambos os indicadores no entanto, partem da DO inicial e final, portanto, é necessário estudarmos os fatores relacionados diretamente ao O_2 . A seguir consideraremos a concentração de oxigênio na água, os fatores condicionantes e como se mede a DO.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

A água pode manter uma quantidade limitada de O_2 , determinada pela pressão atmosférica, temperatura e salinidade. O O_2 é incorporado pela difusão atmosférica, movimentos aquáticos e ventos, bem como pela fotossíntese de plantas aquáticas, bactérias e algas, o que mais contribui no processo. Vários fatores reduzem o O_2 da água, tais como aumento de temperatura, estratificação exagerada, morte súbita de plantas e fitoplâncton e poluição orgânica ou química que consome o O_2 nos processos de oxidação.

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Leis de Henry e Dalton. A concentração de equilíbrio de saturação de um gás na água se dá em função da temperatura e pressão.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

$$C_{\text{SAT; equilíbrio}} = p_{\text{O}_2} \cdot \alpha_{\text{O}_2}$$

Exemplo: a 20°C e sob pressão atmosférica de 1 (nível do mar) temos:

p_{O_2} = pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido ou pressão parcial = $P_{\text{atm}} \times 0,21$ (21%, volume relativo de O_2 no ar).

α_{O_2} = constante de solubilidade. Varia de forma inversamente proporcional à temperatura. É calculado como 43,8 x atm (a 20°C) em mg/l.

Assim a 20°C, temos:

$$C_{\text{SAT; equilíbrio}} = 0,21 \text{ atm} \times 43,8 \text{ mg/l} \cdot \text{atm} = 9,2 \text{ mg/l.}$$

Ver tabela a seguir.

TABELA 7.9 Concentração de equilíbrio de oxigênio dissolvido na água limpa

Temperatura (° C)	Altitude (m)	Pressão atmosférica local (atm)	Coefficiente de solubilidade - α_{O_2} (mg/L \times atm)	Concentração de saturação de O ₂ (mg/L)
0°	0	1,0000	70,4	14,6
	500	0,9422		13,8
	1.000	0,8878		13,0
	1.500	0,8364		12,2
10°	0	1,0000	52,8	11,1
	500	0,9422		10,4
	1.000	0,8878		9,8
	1.500	0,8364		9,3
20°	0	1,0000	43,8	9,2
	500	0,9422		8,7
	1.000	0,8878		8,2
	1.500	0,8364		7,7
30°	0	1,0000	34,3	7,2
	500	0,9422		6,8
	1.000	0,8878		6,4
	1.500	0,8364		6,0

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, cuja velocidade normalmente é bastante baixa.

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. Este fenômeno ocorre em maior proporção em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados como nutrientes pelas algas.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

Esta fonte não é muito significativa nos trechos de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos. A turbidez e a cor elevadas dificultam a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver.

A contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além de decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração de luz.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

A contribuição fotossintética pode dificultar a avaliação do grau de poluição de um manancial. Geralmente, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos e águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação.

No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar, durante o período diurno, concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade onde chegam a se formar crostas verdes de algas à superfície.

- 3. Tratamento do esgoto e mananciais: oxigênio

Nas lagoas de estabilização fotossintéticas, usadas para o tratamento de esgotos, recorre-se a esta fonte natural de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos heterotróficos que, por sua vez, produzem gás carbônico, matéria-prima para o processo fotossintético, simbiose representada pelo esquema da figura abaixo.

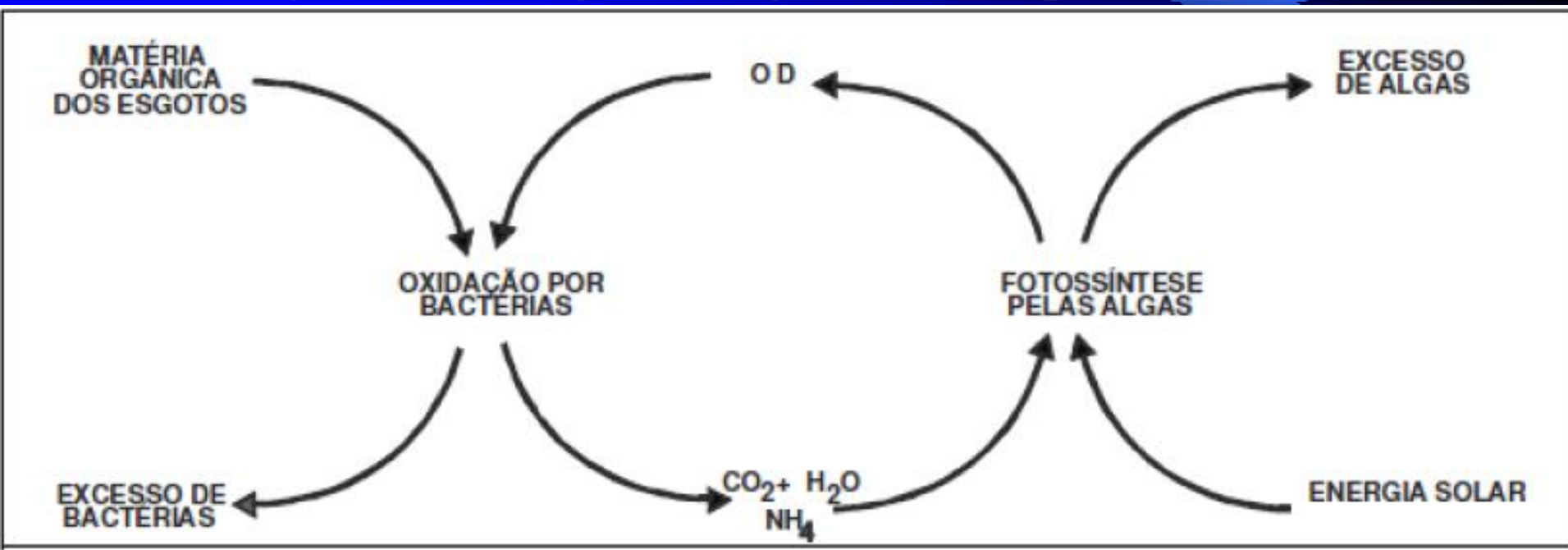


Figura 2 - Simbiose entre bactérias e algas em lagoas de estabilização.

- 4. Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

O principal efeito da poluição orgânica em um curso d' água é o decréscimo de oxigênio dissolvido. A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica. É uma medida indireta da quantidade de carbono biodegradável. É um dos parâmetros mais importantes na medição da poluição orgânica e da quantidade de matéria orgânica para efeito de avaliação do tratamento de efluentes orgânicos como os esgotos. Quanto maior o grau de poluição orgânica maior será a DBO.

A DBO vai reduzindo-se gradativamente durante o processo aeróbio até anular-se, quando então a matéria orgânica estará totalmente estabilizada. Normalmente a uma temperatura de 20°C, e após 20 dias, é possível estabilizar 99,0% da matéria orgânica dissolvida ou em estado coloidal.

- 4. Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

Em geral a DBO dos esgotos domésticos varia entre 100mg/L e 300mg/L, em outras palavras o número em mg indica a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica presente no esgoto.

Convencionou-se proceder a análise no 5º dia (DBO_5). Para esgotos domésticos típicos, esse consumo do 5º dia pode ser relacionado com o consumo total final (DBO_u , DBO_{ult} ou DBO_{total}). O teste é realizado a uma temperatura de 20 °C, já que temperaturas diferentes interferem no metabolismo bacteriano, alterando os resultados.

Para o esgoto, o teste precisa uma adaptação: a diluição da amostra. Os esgotos urbanos possuem DBO na ordem de 300 mg/L, ou seja, 1 L de esgoto consome aproximadamente 300 mg de oxigênio em 5 dias.

- 4. Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

As principais limitações são:

- Pode-se encontrar valores baixos de DBO_5 caso os microrganismos não estejam adaptados ao despejo;
- Os metais pesados e outras substâncias tóxicas podem matar ou inibir os microrganismos;
- Sugere-se a inibição dos organismos responsáveis pela oxidação da amônia, para evitar o consumo de oxigênio para nitrificação (demanda nitrogenada) o que interfere na demanda carbonácea; a DBO_5 assim divide-se em carbonácea e por nitrificação.
- A relação DBO_u/DBO_5 varia em função do despejo;
A relação DBO_u/DBO_5 varia, para um mesmo despejo, ao longo da linha do tratamento da ETE;

- 4. Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

A DBO_5 surgiu na Inglaterra, 20° seria a média da temperatura dos rios e 5 dias a média da descarga até o mar. A relação no esgoto entre DBO_5 e DBO_u é:

$$DBO_5 \approx 0,68 DBO_u$$

A diluição da amostra para a DBO_5 é inversamente proporcional á OD inicial, assim:

30 : 10 (OD); 300 : 1 (OD).

Em qualquer situação, o OD final não deve ser menor do que 2 mg/l.

- 4. Demanda bioquímica de oxigênio – DBO: teste.

O teste é complexo nos ajustes. A amostra deve ser armazenada a 4-5° antes do teste (composta de vários pontos de coleta).

A água de diluição é destilada com O₂ em concentração saturada. Em 300 ml, o esgoto é diluído com a água na proporção adequada. A DBO₅ é calculada como:

$$DBO_{5;20} = (OD_{inic} - OD_{final}) \times \text{razão de diluição.}$$

Outra equação usada é:

$$DBO_5 = F (T_0 - T_5) - (F - 1)(D_0 - D_5),$$

Onde F é o fator de diluição, corrigido pelo controle inicial e final quanto à OD (D₀ e D₅).

□ Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): demanda carbonácea e demanda nitrogenada.

Inicialmente as bactérias utilizam o OD para transformar carbono em CO_2 . Depois para transformar compostos nitrogenados em nitratos NO_3^- e nitritos NO_2^- .

Devido à oxidação da matéria orgânica a DBO atinge o valor máximo em cerca de 10 dias (DBOu). Depois, caso haja o crescimento de bactérias nitrificantes, haverá consumo de O_2 pela nitrificação, a oxidação do nitrogênio amoniacal N-NH_3 para nitratos N-NO_3^- .

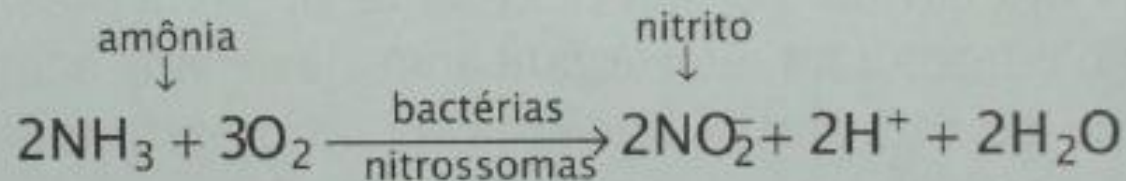
DBO carbonácea:

$\text{M.O.} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{MODD} + \text{nutrientes (P, K, N-NH}_3\text{)},$

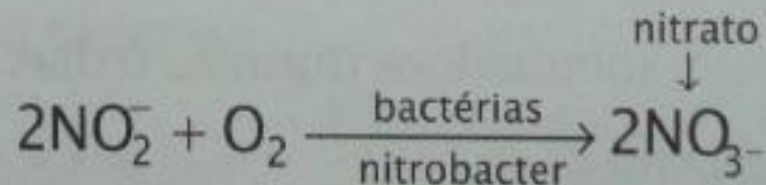
Onde M. O. = matéria orgânica e MODD = matéria orgânica de difícil degradação. A seguir as equações pertinentes

DBO devido à nitrificação: ocorre em duas etapas

Primeira etapa: transformação da amônia em nitrito, por meio das bactérias nitrossomonas, com consumo de 3 moléculas de O_2 para cada 2 moléculas de NH_3 . Deve-se notar que há liberação de 2 moléculas de H^+ , ou seja, há consumo da alcalinidade do meio, podendo vir a baixar o valor do pH.



Segunda etapa: transformação do nitrito em nitrato, por meio das bactérias nitrobacter, com consumo de 1 molécula de O_2 para cada 2 moléculas de NO_2^- .



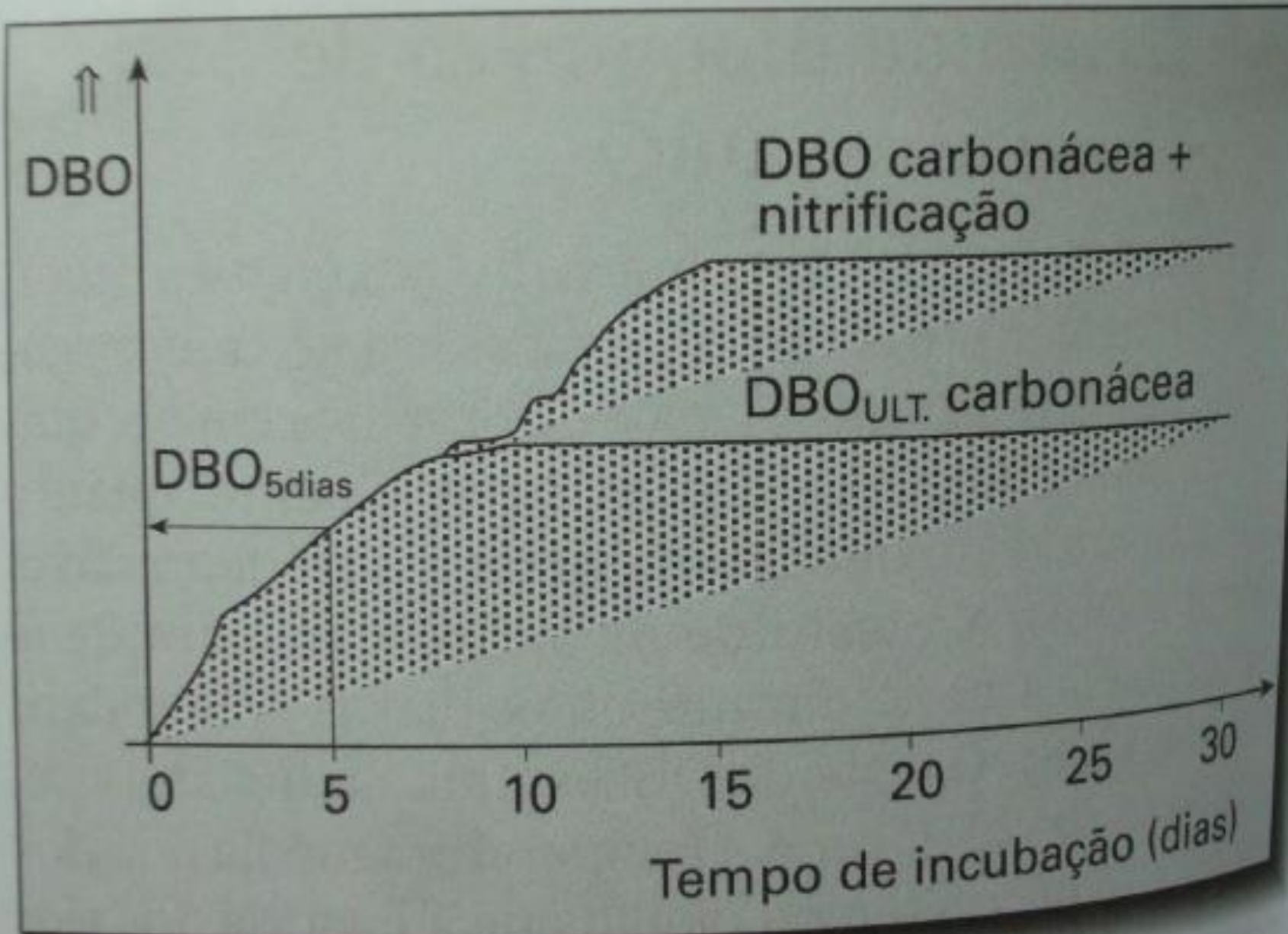


Figura 7.4 Curva típica da DBO.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): carga

A carga de DBO é o produto da DBO pela vazão média do afluente.

Como exemplo, temos:

DBO5 = 250 mg/l (esgoto) e vazão = 500 l/s

Carga de DBO = 250 mg/l x 500 l/s = 25 000 mg / s = 10 800 kg/dia.

São importantes também:

$OD_{\text{max disp}} = OD_{\text{sat}} \times \text{vazão}_{Q7-10}$ do manancial, onde:

A vazão = média das vazões mínimas de 7 dias com tempo de recorrência de 10 anos;

OD_{sat} = concentração máxima de O_2 que o manancial mantém em equilíbrio (ver tabela).

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): carga

Exemplo: O rio Tietê mantém uma $OD_{sat} = 8,4$ mg/l.

A SABESP informa vazões médias de $82,2$ m³/s. A CETESB informa um vazão mínima de $69,8$ m³/s em 1991.

O cálculo da $OD_{max\ disp}$ fica:

$$OD_{max\ disp} = (69\ 800\ \text{l/s} \times 86\ 400\ \text{s/dia}) \times (8,4 \cdot 10^{-6}\ \text{kg O}_2/\text{l}) = 50\ 658\ \text{kg O}_2/\text{dia}.$$

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): per capita, população equivalente

É o valor médio de DBO por habitante e por dia. Um valor aproximado é de 54 g DBO/hab x dia (seg. livro). Ver tabela e exemplos.

A população equivalente é a razão entre a carga da DB e a média per capita. Ver exemplo.

No caso do Tietê, temos uma população calculada pela RMSP de 19 milhões. A carga de DBO lançada é:

$DBO \text{ carga} = 0,060 \text{ kg DBO/hab.dia} \times 19\,000\,000 \text{ hab} = 1\,140\,000 \text{ kg DBO/dia}$. Assim, 22,5 vezes maior do que os 50 658 kg O₂/dia na vazão mínima. Qual o equivalente a 10% de esgoto não tratado (numa planta destinada a tratar 90%)?

A seguir tabela e outro exemplo para exercício.

TABELA 7.11 Valores de DBO/CAPITA na cidade de São Paulo

Zona de estudo	Área de abrangência (ha)	População (n. de habitantes)	DBO/CAPITA (g/hab · dia)
Leopoldina	3.400	850.000	59
Santa Cecília - Av. Rudge	380	105.000	72
Bela Vista	476	95.000	75
Indianópolis	1.394	95.000	49
Vila América, Cidade Jardim/Corr.Verde	2.380	180.000	73
Pinheiros (incluindo vazões industriais)	200	22.000	100
Vila Turumã (capacidade do vertedor excedida)	75	3.500	67
Santo Amaro	63	8.500	101
Vila Maria	152	22.500	75
Cid. Comerciaría Getúlio Vargas	23	100.000	44
Pinheiros	500		58

Observação: 1 ha = 10.000 m². Fonte: Adaptado de Afini Jr. (1989).

vazões
rator e,
bilidade
ter-se-á
mpa), da

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): legislação

- Limites da legislação impostos:
- A concentração limite do O₂ nos mananciais impõe que a DBO dos efluentes não possa alterar estes teores, definidos pela classe do manancial segundo o CONAMA.
- Qualquer efluente pode ser avaliado quanto à quantidade DBO₅ descarregada nos mananciais.
- O Decreto Estadual n.º 8468 da CETESB indica que a DBO_{5,20} de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente nos corpos d'água, sendo exigidos ou uma DBO_{5,20} máxima de 60 mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento na remoção de DBO_{5,20} igual a 80%.

5. Demanda química de oxigênio (DQO).

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. No teste, além da matéria orgânica biodegradável, também é oxidada a não biodegradável e outros compostos inorgânicos, como os sulfetos. É usado por exemplo, na quantificação de matéria orgânica, principalmente quando há a presença de substâncias tóxicas.

DQO/DBO é importante no estudo dos tipos de tratamento, haja vista que é importante saber o grau de biodegradabilidade das águas residuárias, como tanto pode-se eliminar os testes de DBO, caso se chegue a conclusão que há uma relação praticamente constante.

A DBO se relaciona a oxidação bioquímica da matéria orgânica, por microrganismos. Já a DQO corresponde à oxidação química da matéria orgânica, obtida através de um forte oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido.

Demanda química de oxigênio (DQO).

Principais vantagens:

- O tempo de realização da análise é de 2 - 3 horas;
- O resultado do teste dá uma indicação do oxigênio requerido para estabilização da matéria orgânica;
- O teste não é afetado pela nitrificação, dando uma indicação da oxidação apenas da matéria carbonácea e não da nitrogenada.

As principais limitações são:

- No teste de DQO são oxidadas tanto a fração biodegradável quanto a fração inerte do despejo. O teste superestima, portanto, o oxigênio a ser consumido no tratamento biológico;
- O teste não fornece informações sobre a taxa de consumo da matéria orgânica ao longo do tempo;
- Certos constituintes inorgânicos podem ser oxidados e interferir no resultado.

Demanda química de oxigênio (DQO): valores DQO/DBO

Para esgotos urbanos brutos, a relação DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,4.

Para efluentes industriais, a relação é bastante variável. Dependendo da magnitude da relação pode-se tirar conclusões sobre a biodegradabilidade e do processo de tratamento a ser empregado.

Relação DQO/DBO baixa

- A fração biodegradável é elevada;
- Indicação para tratamento biológico.

Relação DQO/DBO elevada

- A fração inerte (não biodegradável) é elevada;
- Se a fração não biodegradável não for importante em termos de poluição do corpo receptor: possível indicação de tratamento biológico;
- Se a fração não biodegradável for importante em termos de poluição do corpo receptor: possível indicação de tratamento físico-químico.

Demanda química de oxigênio (DQO): valores DQO/DBO

A relação DQO/DBO varia também à medida que o esgoto passa pelas diversas etapas do tratamento. A tendência é da relação aumentar, à medida que a fração biodegradável vai sendo reduzida, ao passo que a fração inerte permanece inalterada (tratamento biológico) (quadro abaixo). Assim, o efluente final do tratamento biológico possui valores da relação DQO/DBO, geralmente superior a 3,0.

Quadro 1: DBO e DQO de alguns despejos industriais

FONTE	POLUENTE	DBO (mg/L)	DQO (dicromato) (mg/L)
Açúcar	carboidratos	850	1150
cervejaria	Carboidratos e proteínas	550	320
lavanderias	Carboidratos, sabões e detergentes	1600	2700
Polpa de madeira	Carboidratos, lignina, sulfatos	25000	76000
Refinaria de petróleo	Fenóis, hidrocarbonetos, sulfetos, mercaptanas, cloretos	850	1500
curtume	Proteínas, sulfetos, álcalis	3300	5100
Esgoto doméstico	Sólidos, óleos, graxas, carboidratos e proteínas	300	300

Exercício: calcular a razão DQO/DBO nestes efluentes.

Demanda química de oxigênio (DQO): valores

DQO/DBO

As substâncias orgânicas na água vão oxidar-se quimicamente. O teste não é afetado pela nitrificação, sendo uma indicação da matéria orgânica carbonácea.

A oxidação decorre de um fluxo de solução ácida H_2SO_4 , sob calor. O oxidante é o dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$ em excesso, na presença de sulfato de prata ($AgSO_4$) que atua como agente catalizador e de sulfato mercúrico ($HgSO_4$) adicionado para remover a interferência dos cloretos.

Depois da digestão, o remanescente de $K_2Cr_2O_7$ não reduzido é titulado com sulfato ferroso de amônia e se usa um indicador de ponto final, o complexo ferroso de ortofenantrolina (ferroína). A matéria orgânica oxidável é calculada como oxigênio equivalente. Utiliza-se um controle, onde os reagentes são adicionados à água destilada.

Demanda química de oxigênio (DQO): cálculos

Calcula-se a DQO como mg de O₂/l como

$DQO = (A-B) \times M \times 8000/\text{ml de amostra}$, onde

A = ml de FAS (sulfato amônio ferroso) usados para o controle;

B = ml FAS usados para a amostra, e

M = a molaridade do FAS;

A fórmula também aparece na literatura como:

$$DQO = \frac{8\ 000 (A - B) M}{\text{Volume da amostra (ml)}}$$

Volume da amostra (ml)

6. Estabilização dos excretas

Os excretas humanos possuem matéria orgânica, instável, constituída de poucas substâncias simples como hidrogênio (H), oxigênio (O), azoto (Az), Carbono (C), enxofre (S) e fósforo (P), que combinadas de diversas maneiras e proporções formam a imensa variedade de compostos orgânicos em estado sólido, líquido e gasoso.

Os excretas lançados no solo, sofrem ação de natureza bioquímica, pela presença de bactérias saprófitas, até sua mineralização.

A decomposição aeróbia (oxidação) acontece quando a matéria orgânica está em íntimo contato com o oxigênio livre.

I Estabilização dos excretas

Quando a massa orgânica colocada em contato com o ar for muito espessa, a oxidação só acontecerá na superfície livre e conseqüentemente o seu interior sofrerá decomposição anaeróbia (redução) devido a falta de oxigênio. Entretanto, se a mesma massa for diluída em grande volume de água contendo oxigênio dissolvido, a decomposição pode ser totalmente aeróbia, porque essas condições propiciam um íntimo contato das substâncias orgânicas tanto com o oxigênio como com as bactérias aeróbias.

Além da decomposição aeróbia não produzir maus odores, processa-se em período de tempo menor que a anaeróbia. A decomposição anaeróbia, para total estabilização da matéria orgânica, requer várias semanas e até meses, enquanto a aeróbia pode efetivar-se em termos de horas.

Como a decomposição anaeróbia produz gases fétidos (gás sulfídrico, mercaptano, etc.), costuma-se dizer que a matéria está em putrefação ou estado séptico.

Estabilização dos excretas

A matéria orgânica depois de estabilizada pode ser assimilada pelas plantas e estas ingeridas como alimentos pelo homem e pelos animais, cujas excreções são novamente desdobradas e finalmente estabilizadas, fechando-se o ciclo que se repete indefinidamente.

O ciclo da decomposição (ciclo da vida e da morte) pode ser representado pelos principais componentes da matéria orgânica (Carbono, Nitrogênio e Enxofre)

7. Sólidos nas águas.

A presença de sólidos nas águas, oriundas de esgoto aumenta a turbidez, diminui a luz e reduz o oxigênio dissolvido.

Os sólidos são divididos em:

- Sólidos totais (ST):

Oriundo de testes sobre a quantidade total de resíduos sólidos com secagem a 105°C

$$ST = \frac{\text{Peso intermediário} - \text{peso inicial}}{0,1 \text{ l}} = (\text{mg/l})$$

- Sólidos fixos totais (SFT): secagem a 550°C

$$STF = \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{0,1 \text{ l}} = (\text{mg/l})$$

Sólidos nas águas.

- Sólidos voláteis totais (SVT):

$$SVT = ST - SFT$$

- Sólidos suspensos totais (SST):

Obtido com passagem em filtro de $<1,2 \mu\text{m}$ e secagem a 105°C

$$SST = \frac{\text{Peso intermediário} - \text{peso inicial}}{0,1 \text{ l}} = (\text{mg/l})$$

- Sólidos suspensos fixos (SSF):

Semelhante ao anterior, com secagem a 550°C :

$$SSF = \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{0,1 \text{ l}} = (\text{mg/l})$$

Sólidos suspensos voláteis (SSV):

$$SSV = SST - SFT$$

Sólidos nas águas.

- Sólidos dissolvidos totais (SDT):

Indicador importante que pode ser obtido por relação com eletrocondutividade pelo condutivímetro (ver a seguir).

$$SDT = ST - SST$$

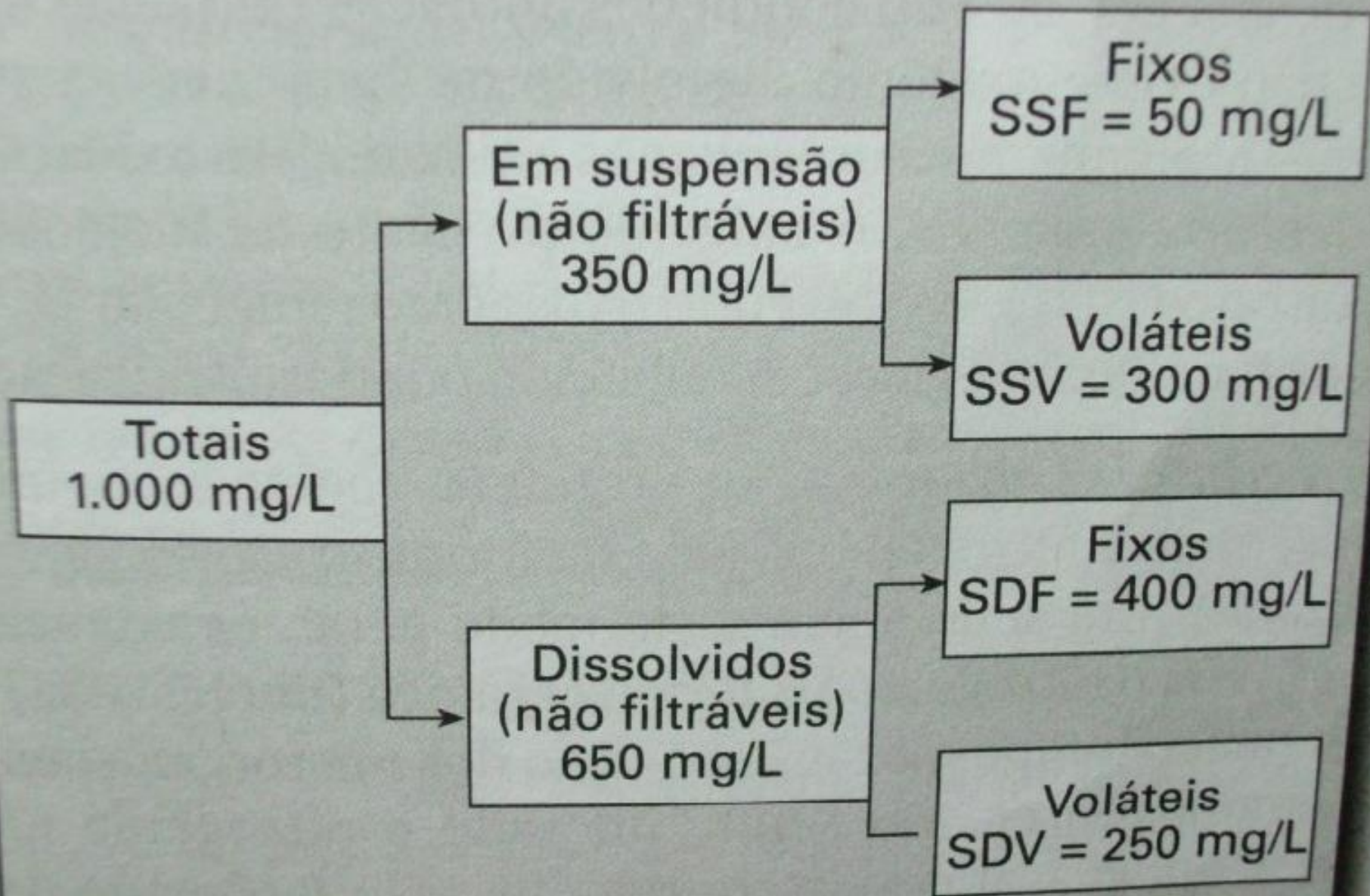
- Sólidos dissolvidos voláteis (SDV)

$$SDV = SVT - SSV$$

- Sólidos dissolvidos fixos (SDF)

$$SDF = SFT - SSF$$

Ver diagrama dos sólidos em água a seguir:



Conductividade elétrica

É medida em milisiemens (milliSiemens) por metro ou mS/m.

Há conversões para outras medidas a partir desta.

É a medida da habilidade da água para conduzir corrente elétrica e esta é conduzida através do movimento de ions em solução.

Desta forma, a EC também é usada para estimar o SDT da água, em mg/l.

$$\text{SDT (mg/l)} = \text{EC} \times 6,5$$

Esta fórmula é usada para águas residuais.

O equipamento que faz estas medições é o condutivímetro.