



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente
Especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental

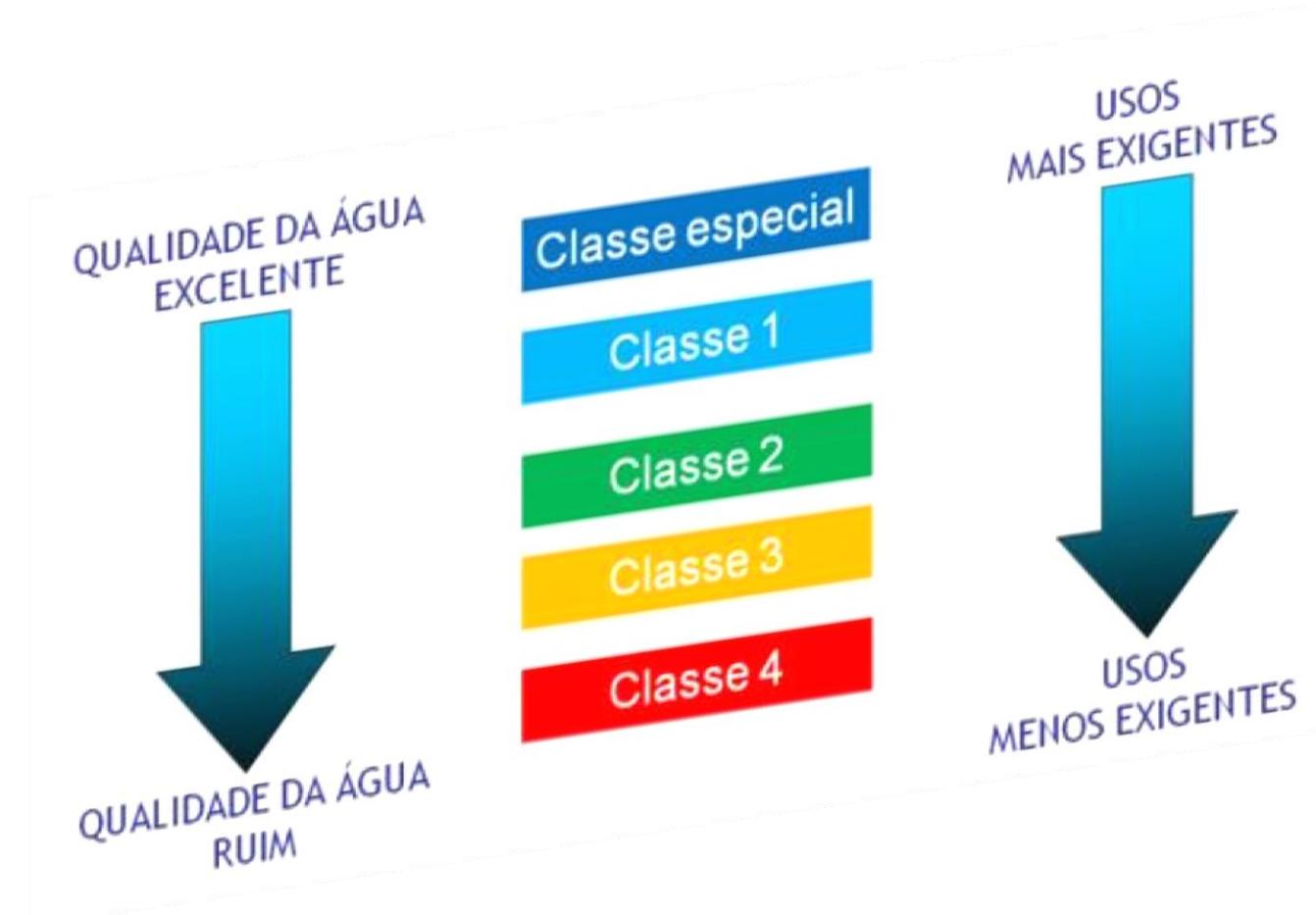


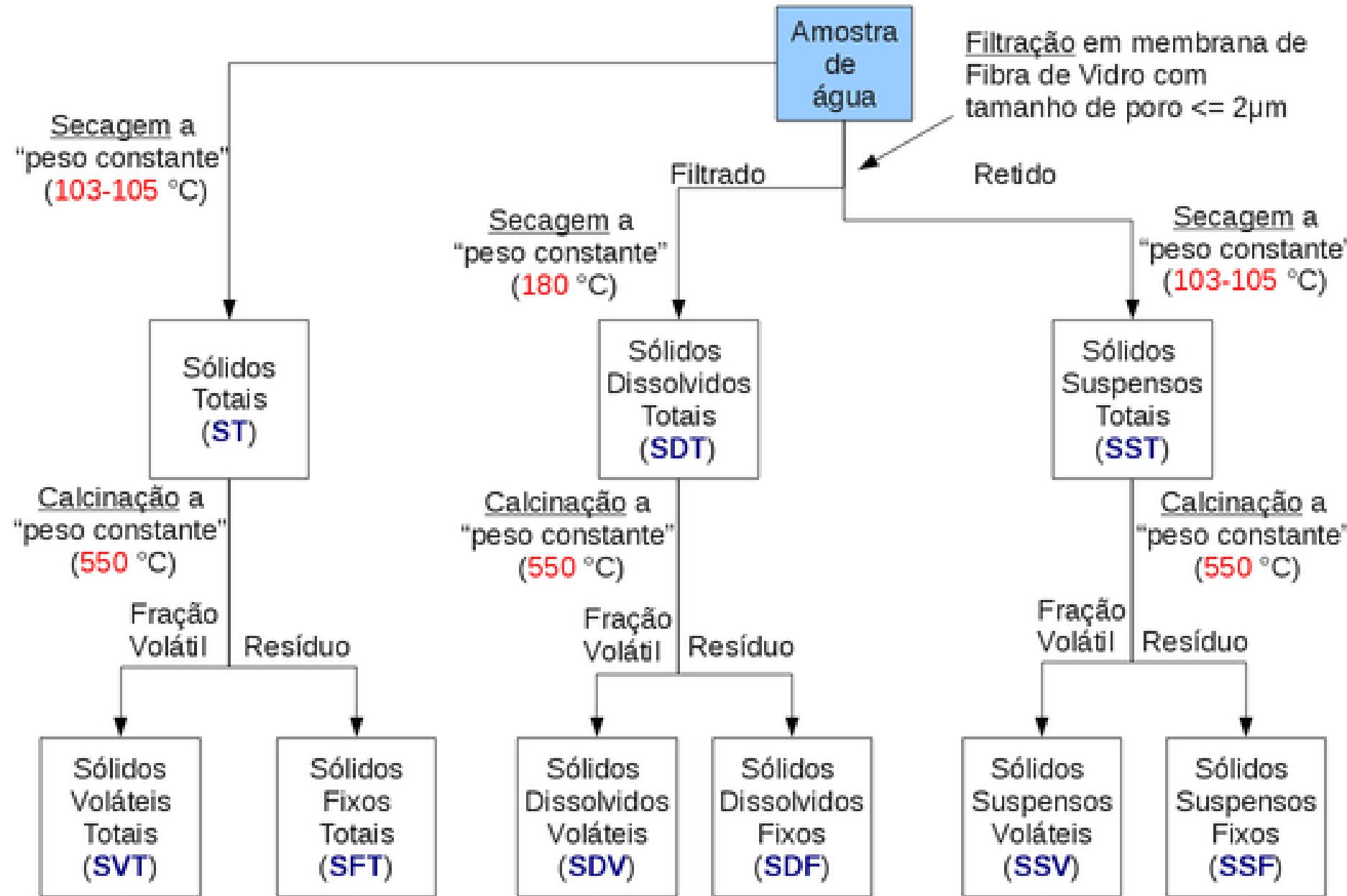
Monitoramento de água e águas residuárias – parte II

PROFESSOR: GLAUCIO HONORIO

Recordando...

- O que você entende por qualidade da água?
- Fontes de poluição.
- Padrões de qualidade da água:
 - CONAMA 357
 - CONAMA 430
 - INEA 45





Parâmetros físicos

- teor de sólidos
- cor
- turbidez
- sabor
- odor
- temperatura
- condutividade

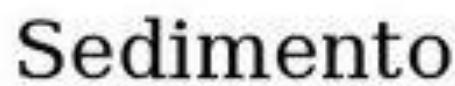
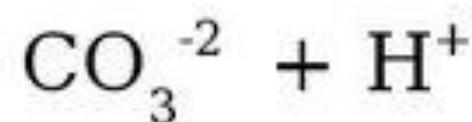
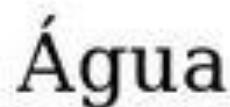
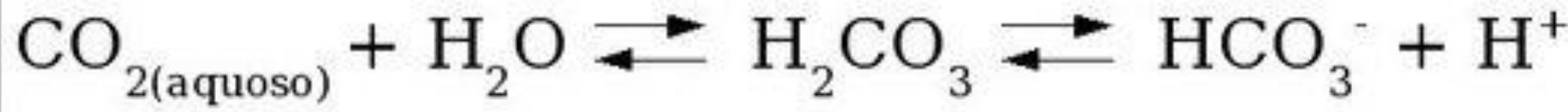
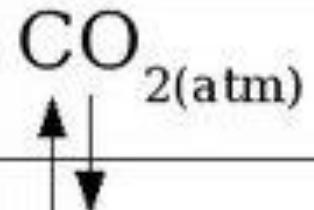


Parâmetros biológicos

- organismos patogênicos
- algas
- coliformes
- microorganismos diversos

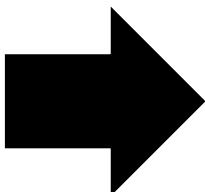
Parâmetros químicos

- detergentes
- radioatividade
- salinidade
- dureza
- alcalinidade
- pH
- corrosividade
- ferro e manganês
- impurezas orgânicas
- cloretos e nitrogênio
- fosfatos e sulfatos
- metais diversos
- DBO
- DQO
- carbono orgânico total
- agrotóxicos



Parâmetros (ou indicadores) químicos

- Constituintes inorgânicos não metálicos
- Constituintes metálicos
- Constituintes orgânicos agregados
- Constituintes orgânicos individuais



Parâmetros químicos	<ul style="list-style-type: none">- detergentes- radioatividade- metais diversos- DBO- DQO- carbono orgânico total- agrotóxicos
	<ul style="list-style-type: none">- salinidade- dureza- alcalinidade- pH- corrosividade- ferro e manganês- impurezas orgânicas- cloretos e nitrogênio- fosfatos e sulfatos

pH: potencial hidrogeniônico

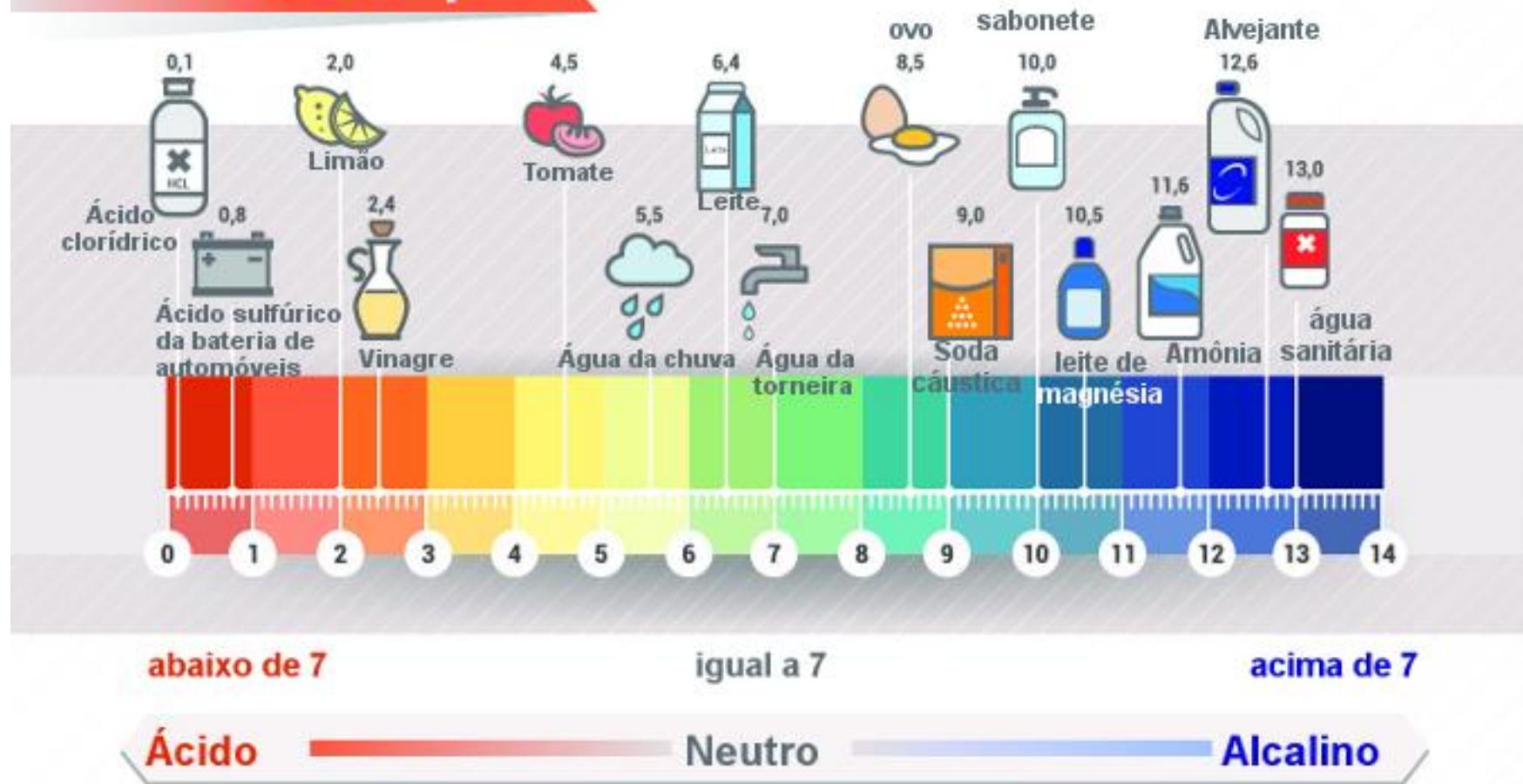
- Presença de íons H⁺ na água.
- Proveniente da ionização de moléculas de água.



- Constituintes responsáveis: sólidos e gases dissolvidos.



Escala de pH

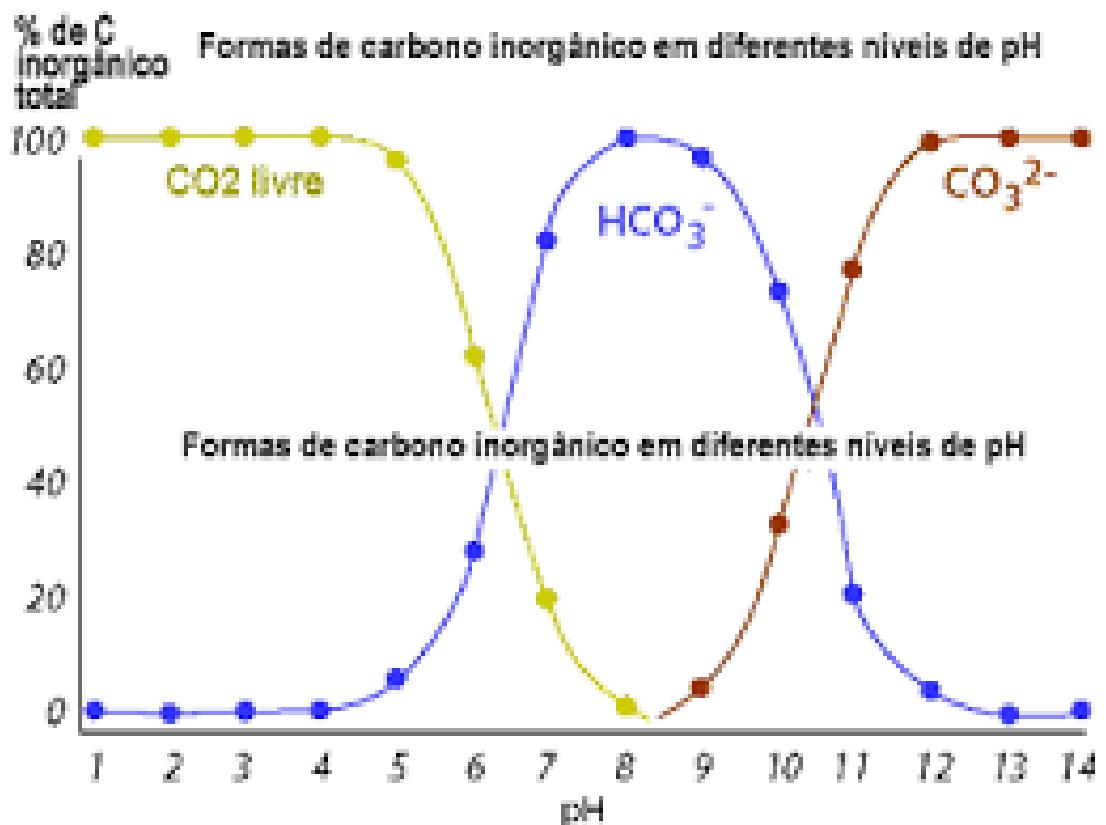
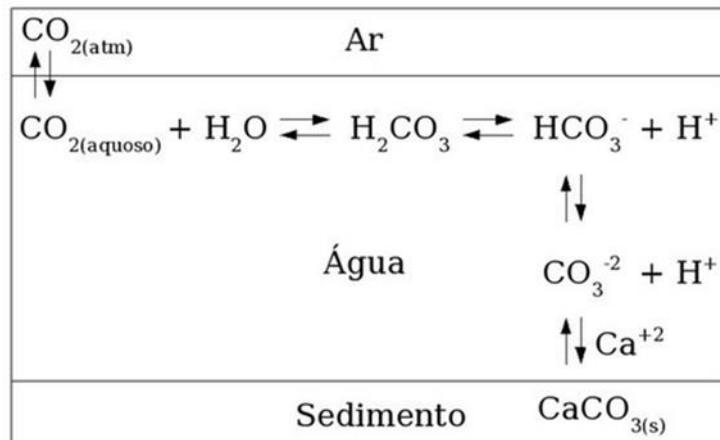


Fontes naturais:

- Dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera (CO_2), oxidação de matéria orgânica – equilíbrios envolvendo o sistema carbonato.
- Equilíbrios devido a dissolução de CO_2 : pH de águas naturais ligeiramente menor que 7.

Fontes antropogênicas:

- Despejos domésticos e industriais.
- Despejos accidentais.



TRF4 condena Petrobras e empresas por derramamento de ácido no mar de Rio Grande em 1998

Nove mil toneladas da substância vazaram de navio que levava carga para fabricação de fertilizantes no porto da cidade gaúcha, em episódio conhecido como 'Caso Bahamas'.

<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/trf4-condena-petrobras-e-empresas-por-derramamento-de-acido-no-mar-de-rio-grande-em-1998.ghtml>

Defesa Civil recomenda que água de rio em Garuva não seja usada após vazamento de ácido

Substância é conhecida como ácido sulfúrico residual. O Rio São João, segundo a prefeitura, não é utilizado para o abastecimento de água dos moradores, mas estava liberado para banho.

<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2022/02/16/defesa-civil-recomenda-que-agua-de-rio-em-garuva-nao-seja-usada-apos-vazamento-de-acido.ghtml>

Cerca de 40 mil litros de soda cáustica vazam no Rio Gramame, em João Pessoa

Defesas Civis de João Pessoa e Conde emitiram alertas à população. Cagepa diz que vazamento foi contido e não é suficiente para contaminar o rio.

<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/cerca-de-40-mil-litros-de-soda-caustica-vazam-no-rio-gramame-em-joao-pessoa.ghtml>

Ácido sulfúrico vaza de carreta na Avenida JK, em Juiz de Fora

Equipes do Corpo de Bombeiros isolaram local, que precisou ser interditado no sentido Centro. Substância é usada em aplicações industriais e pode provocar queimaduras graves.

Por g1 Zona da Mata e TV Integração — Juiz de Fora
19/06/2023 12h20 · Atualizado há 2 meses



<https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2023/06/19/acido-sulfurico-vaza-de-carreta-na-avenida-jk-em-juiz-de-fora.ghtml>

Acidente no Arizona provoca vazamento de ácido nítrico e moradores precisam evacuar

Moradores da região foram orientados a evacuar as residências mais próximas

Escrito por [Redação](#), 15:24 - 15 de Fevereiro de 2023 [Atualizado às 15:25](#)

<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ultima-hora/mundo/accidente-no-arizona-provoca-vazamento-de-acido-nitrico-e-moradores-precisam-evacuar-1.3336102>

MP/AL pode barrar construção de terminal químico no Porto de Maceió

Projeto para depósito de ácido sulfúrico põe em risco piscina natural da Pajuçara e será debatido hoje

Por Ricardo Rodrigues - colaborador / [Tribuna Independente](#)
07/06/2023 07h38 - Atualizado em 07/06/2023 14h46



<https://tribunahoje.com/noticias/politica/2023/06/07/121615-mpal-pode-barrar-construcao-de-terminal-quimico-no-porto-de-maceio>



Joinville decreta emergência após vazamento de ácido sulfônico

Um caminhão carregado com a substância tombou provocando o acidente

SC: acidente com ácido pode causar danos permanentes ao meio ambiente

Caminhão que carregava ácido sulfônico tombou na SC-418 na última segunda-feira (29/1), e o produto escorreu para o Rio Seco, em Joinville

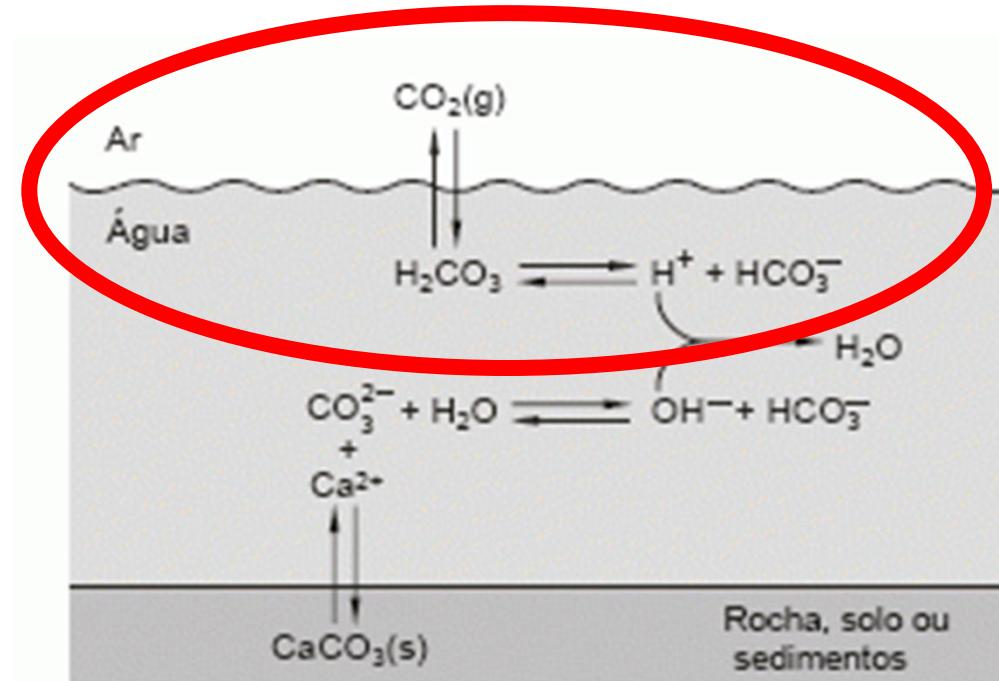
<https://www.youtube.com/watch?v=I0QNE7QmudQ>



Qual a importância da avaliação do pH da água?

- Importante nos processos de tratamento de água e efluentes.
 - Coagulação, floculação, desinfecção, etc.
- Afeta a vida aquática.
- Altera a solubilidade de vários compostos (influencia na precipitação de elementos químicos tóxicos, como os metais pesados).
- Influencia nos equilíbrios químicos que ocorrem em águas naturais.
- Corrosão e incrustações na estrutura física de estações de tratamento.

O meio ambiente e a química ácido-base



(BAIRD, C. Química Ambiental, 2.ed. 2004, p. 464)

Acidificação dos oceanos: “gêmea maligna das mudanças climáticas”.

- Diminuição do pH dos oceanos devido absorção excessiva de CO₂ da atmosfera.
 - 30% mais ácidos desde o início da era pré industrial – 0,15 unidades de pH.
- Dificuldade na formação de conchas e esqueletos: dissolução de CaCO₃.
- Alteração nos ecossistemas.
- Prejuízos para a pesca.
- Impactos fisiológicos em peixes: acidose e hipercapnia.
- Alteração nas propriedades acústicas: aumento da propagação do som na água, afetando animais que dependem da comunicação sonora.



Consequências para os corais:

- Perda de algas (alimento).
- Mortalidade (suscetíveis a doenças).

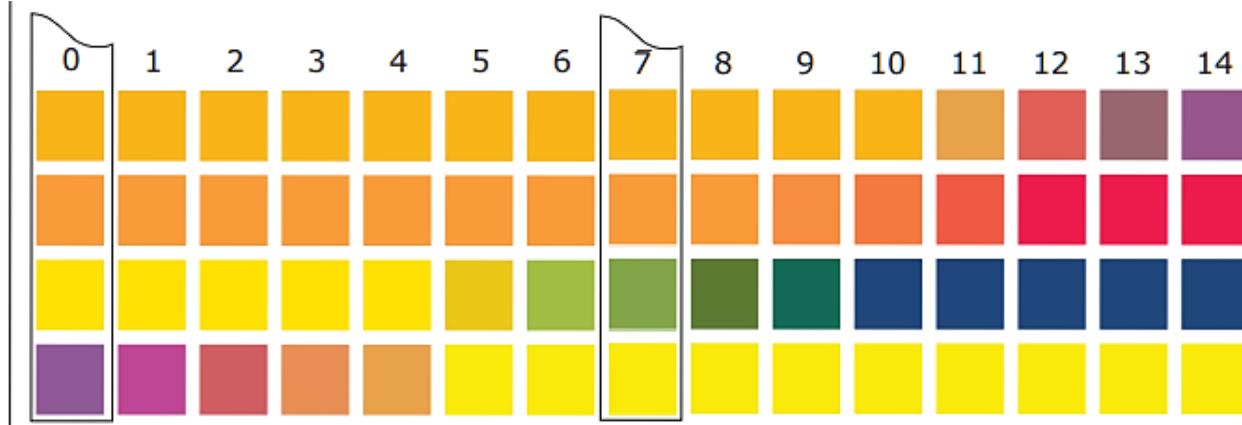
Consequências para o meio ambiente:

- Perda da biodiversidade.
- Degradação dos ecossistemas.
- Alteração das cadeias alimentares.

Consequências socioeconômicas:

- Prejuízos à pesca.
- Proteção costeira.
- Diminuição de oportunidades de turismo.

Como medir o pH

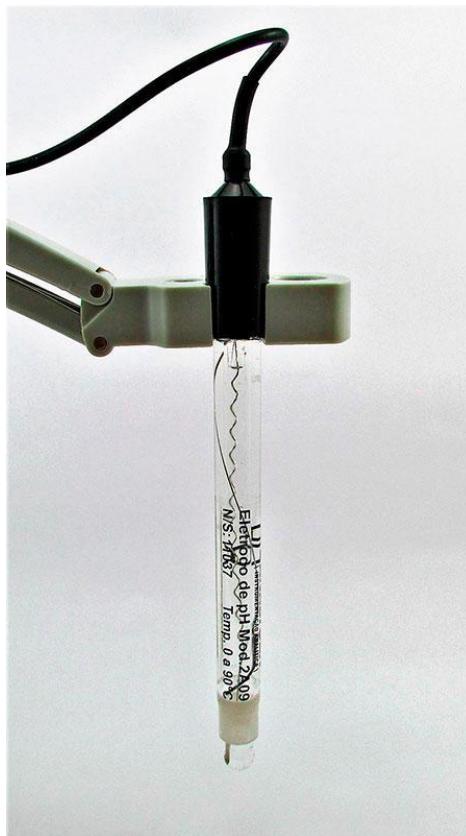


Fita de pH

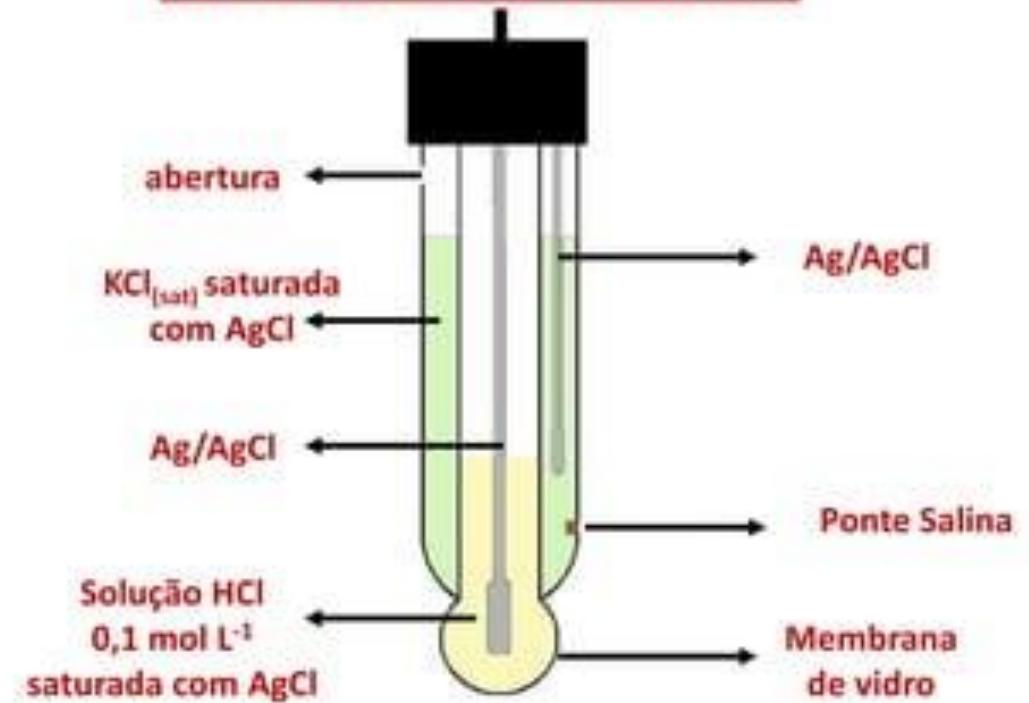
Indicadores: substâncias que são adicionadas em gotas ao titulado que podem sofrer uma alteração visível quando a reação se completa.



Indicador	pKa	Zona de transição	Coloração
Timolftaleína	10,0	9,4 a 10,6	incolor azul
Fenolftaleína	9,3	8,0 a 10,0	incolor rosa
Azul de timol	8,9	8,0 a 9,6	amarelo azul
Azul de bromotimol	7,1	6,2 a 7,6	amarelo azul
Vermelho de metila	5,0	4,4 a 6,2	Vermelho amarelo
Alaranjado de metila	3,4	3,1 a 4,4	Vermelho amarelo
Azul de timol	1,65	1,2 a 2,8	Vermelho amarelo

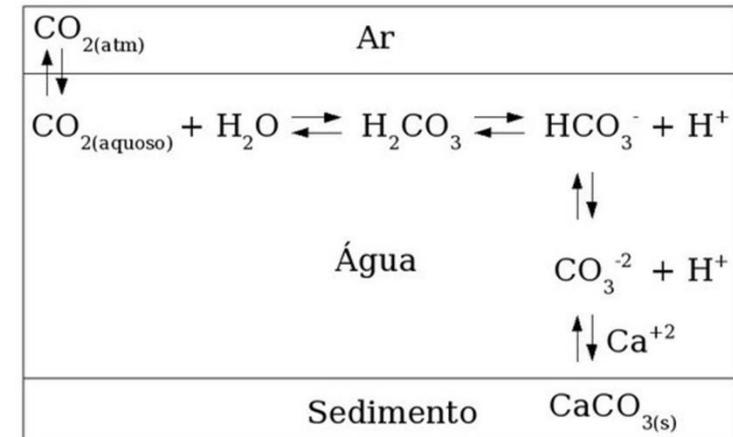


Eletrodo combinado de vidro



Alcalinidade: quantidades de íons na água disponíveis para neutralizar o íon H^+ .

- Está relacionada a capacidade de uma solução aquosa a resistir a alterações de pH.
- É a soma de todas as bases tituláveis.
 - Representada pelos carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.
 - Pequena contribuição de boratos, fosfatos e silicatos.
- Constituintes responsáveis: sólidos dissolvidos.
- Fontes naturais: dissolução de rochas calcárias, dissolução de CO_2 e decomposição de matéria orgânica.
- Fontes antropogênicas: despejos industriais com pH elevado.

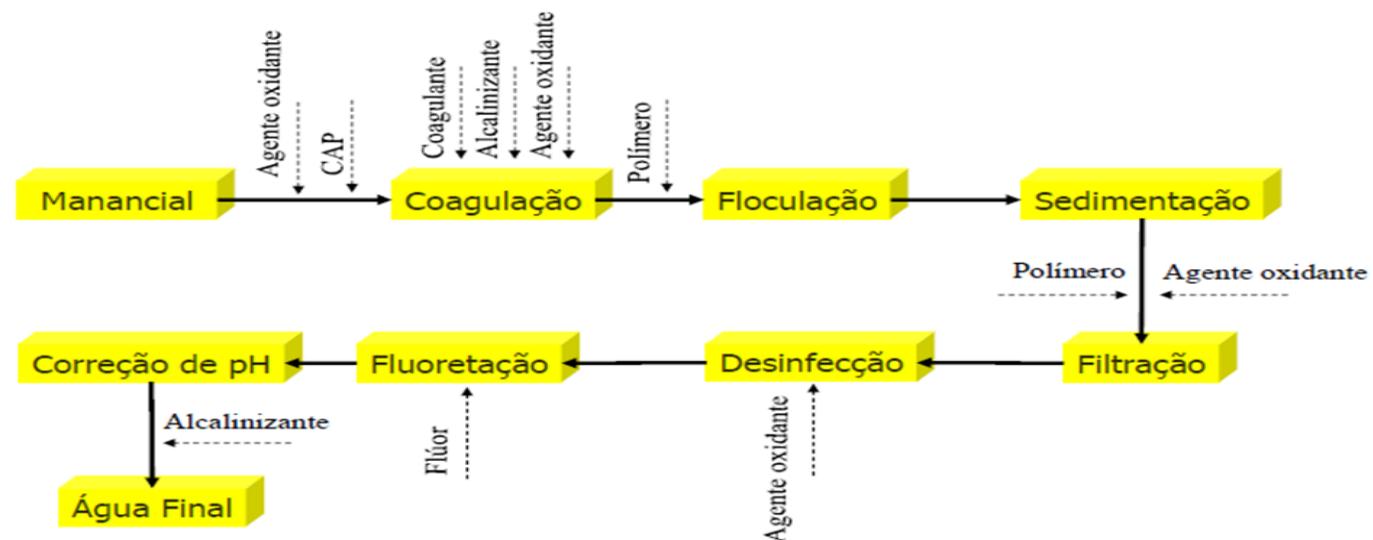


Importância – não tem importância sanitária*, porém:

- Confere gosto amargo a água (em altas concentrações).
- Afeta a vida aquática.
- Influencia nos tratamentos químico e biológico da água.
- Remove nutrientes da água.
- Influencia na precipitação de metais pesados.
- Influencia nos processos de coagulação e floculação em estações de tratamento.

Coagulação: pH 6 a 9 – partículas coloidais com menor quantidade de carga superficial.

Desinfecção: em pH ácido o processo é mais eficiente.



Dureza: representa a concentração de cátions (Ca^{2+} e Mg^{2+} mais frequentes).

- Origem natural: contato da água com o solo.
 - Dissolução de minerais contendo os cátions responsáveis.
- Origem antropogênica: despejos industriais e no decurso do tratamento realizado nas ETAs, com objetivo de ajuste do pH da água.
- Constituinte responsável: **sólidos dissolvidos.**
- Pode ser classificada em:
 - **Dureza temporária:** devido a carbonatos e bicarbonatos. Pode ser eliminada pela fervura da água.
 - Correspondente a alcalinidade.
 - Medida em mg de CaCO_3/L .
 - **Dureza permanente:** devido a cloretos, nitratos e sulfatos.



Dureza mg/L de CaCO₃	Classificação da água
<15	muito branda
de 15 a 50	branda
de 50 a 100	moderadamente branda
de 100 a 200	dura
>200	muito dura

Importância:

- Reduz a formação de espumas, resultando em maior consumo de sabão.
- entupimento de canos, chuveiros e conexões hidráulicas.
- corrosão acelerada de componentes elétricos.
- manchas em roupas, vasilhas e utensílios.
- ressecamento da pele e cabelos.
- dificuldade no cozimento de vegetais.
- Indústria: imprópria para equipamentos que geram vapores.
- Saúde: sabor desagradável, efeitos laxativos, associada a formação de cálculos renais.

Cloreto:

- Origem natural: dissolução de minerais, intrusão de águas salinas.
- Origem antropogênica: despejos domésticos e industriais.
 - Adicionado durante o tratamento em ETA (pré-cloração, coagulação e desinfecção).
 - Lixiviado de aterros sanitários.
- Constituinte responsável: sólidos dissolvidos.
- Determinação:
 - Titulometria: método de Mohr.
 - Eletrodos íons seletivos.



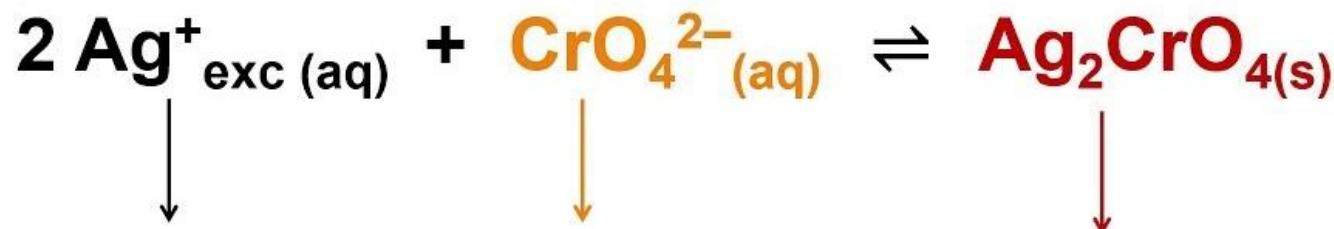
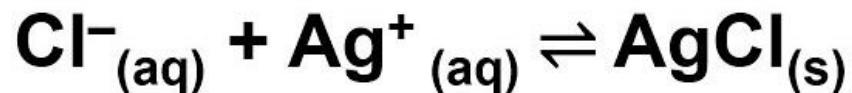
Importância:

- Confere sabor salgado a água.
- Possui propriedades laxativas.
- Pode provocar salinização do solo (irrigação).
- Causa interferência no tratamento biológico.
- Causa interferência na determinação de outros parâmetros: DBO e nitrato.



Titulação de precipitação

- Método de Mohr: determinação de cloretos e brometos através da titulação com nitrato de prata.



Titulante:
Solução padrão
de AgNO_3

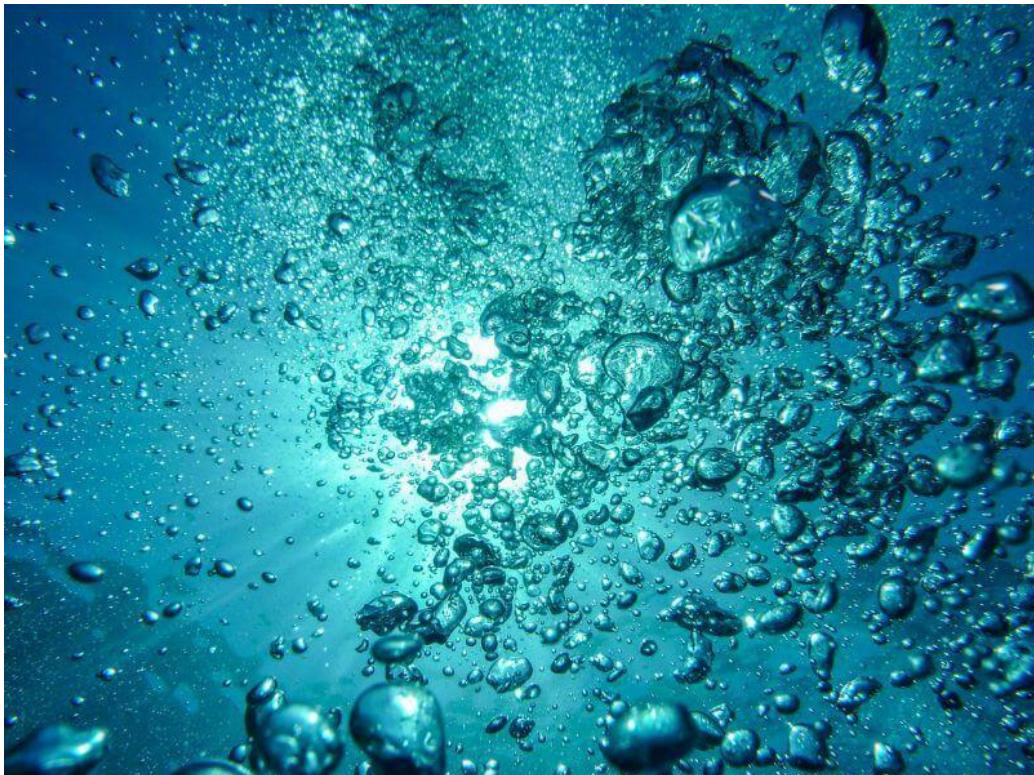
Indicador:
 K_2CrO_4

Precipitado
insolúvel
(Vermelho)



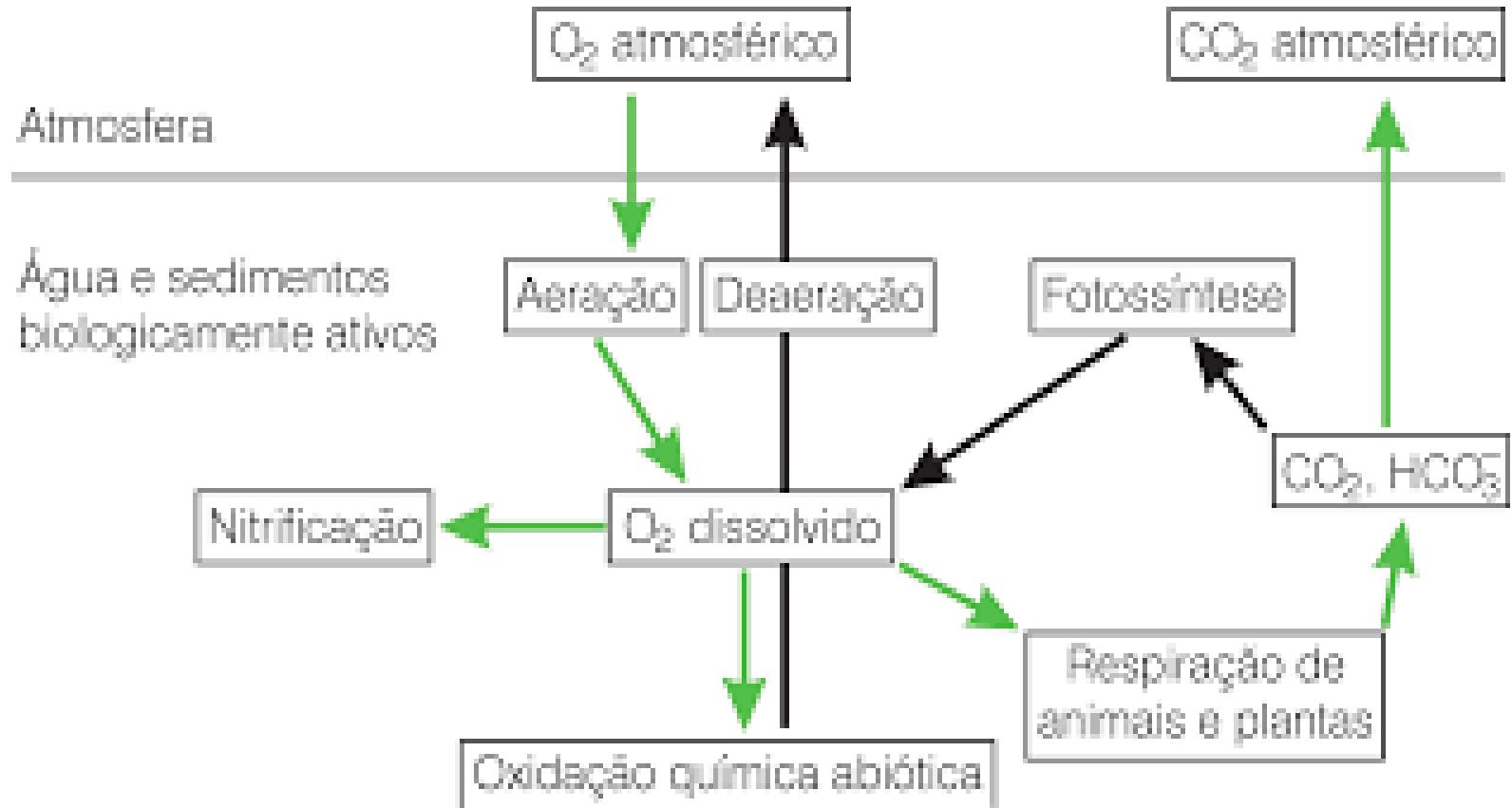
Oxigênio dissolvido: indispensável a vida na água.

- Origem natural: dissolução de O_2 atmosférico e produção por organismos fotossintetizantes.
- Origem antropogênica: aeração artificial.



Há uma constante troca de oxigênio entre o ar atmosférico e a massa de água.

- Aumento da temperatura: diminuição da solubilidade dos gases na água.
 - diminui a concentração de oxigênio dissolvido, prejudicando a vida na água.
- 0°C – 14,2 mg/L de oxigênio dissolvido na água.
35 °C – 7,0 mg/L de oxigênio dissolvido na água.



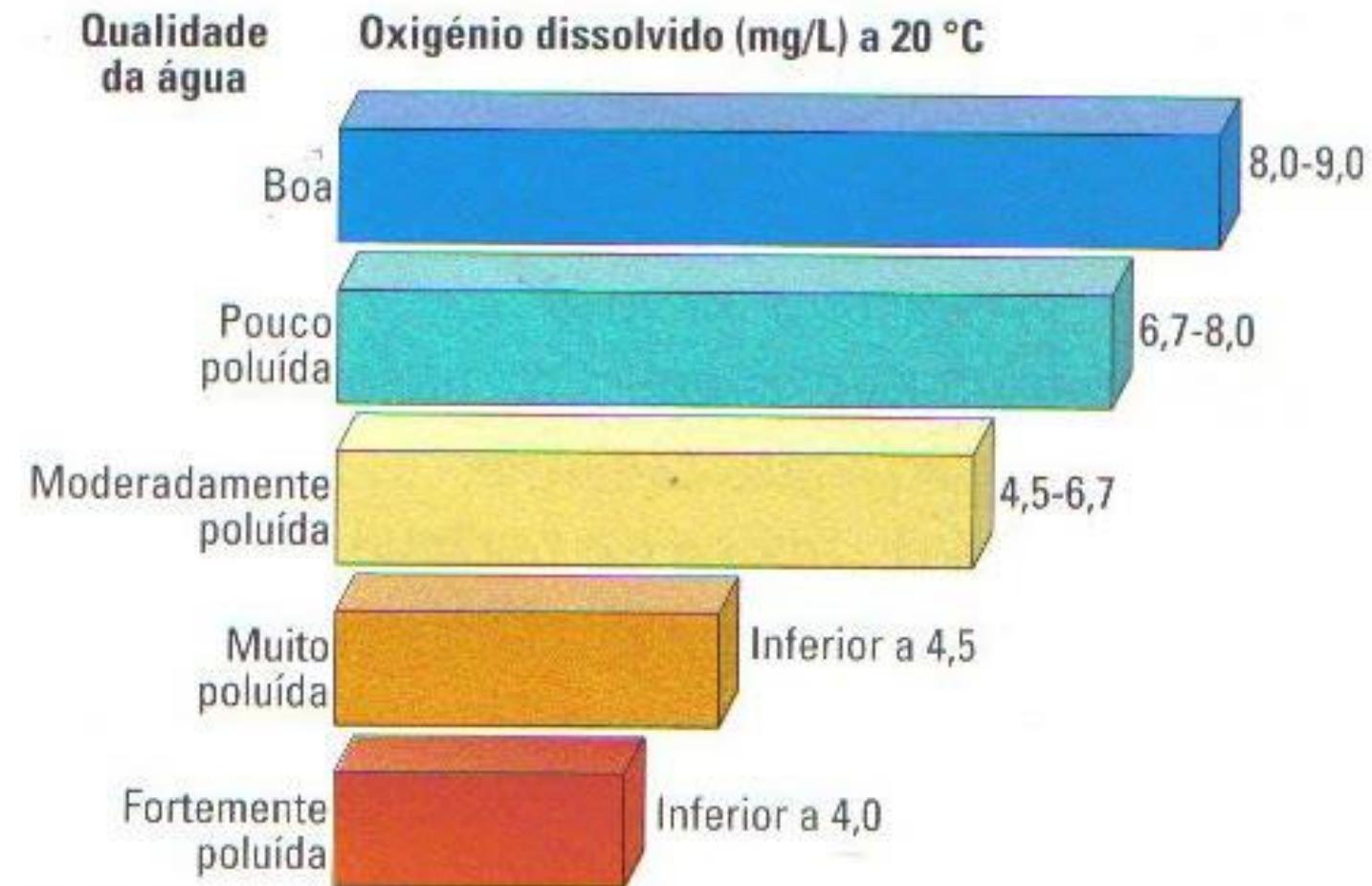
Importância:

- Principal responsável pelas reações redox que ocorrem em meio aquático.
- Fundamental para decomposição da matéria orgânica.
- Parâmetro para estudos de auto depuração.
- Parâmetro de classificação de águas naturais (CONAMA 20: 5,0 mg/L).

Determinação:

- Eletrodo íon seletivo (oxímetro).



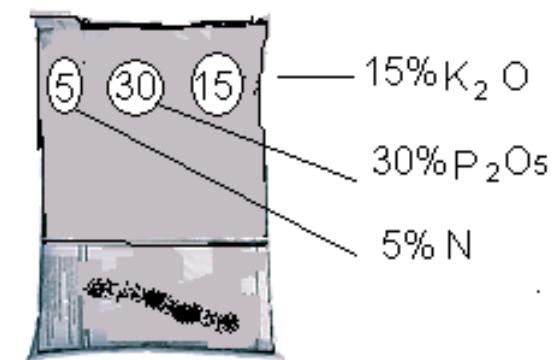
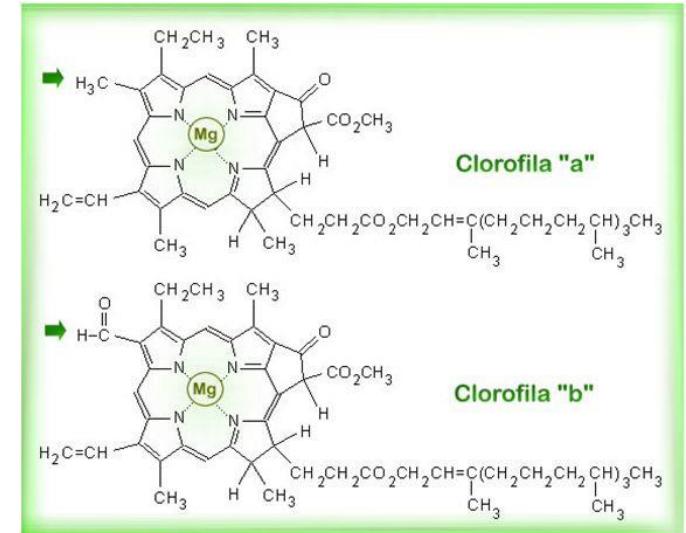


Nitrogênio e fósforo:

- Nutrientes essenciais aos seres vivos.
 - Essenciais na síntese proteica.
 - Presentes nas moléculas que constituem os seres vivos.
- Constituintes responsáveis: sólidos em suspensão e dissolvidos.

Nitrogênio:

- Pode ser encontrado nas seguintes formas no meio aquático:
 - Nitrogênio orgânico.
 - Nitrogênio amoniacal.
 - Nitrito.
 - Nitrato.
- Origem natural: constituintes de produtos biológicos (proteínas, clorofila, etc).
- Origem antropogênica: efluentes domésticos e industriais, resíduos de fertilizantes.



Condição	Forma predominante do nitrogênio
<i>Esgoto bruto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio orgânico • Amônia
<i>Poluição recente em um curso d'água</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio orgânico • Amônia
<i>Estágio intermediário da poluição em um curso d'água</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio orgânico • Amônia • Nitrito (em menores concentrações) • Nitrato
<i>Poluição remota em um curso d'água</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato
<i>Effluente de tratamento sem nitrificação</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio orgânico (em menores concentrações) • Amônia
<i>Effluente de tratamento com nitrificação</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato
<i>Effluente de tratamento com nitrificação/desnitrificação</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrações mais reduzidas de todas as formas de nitrogênio

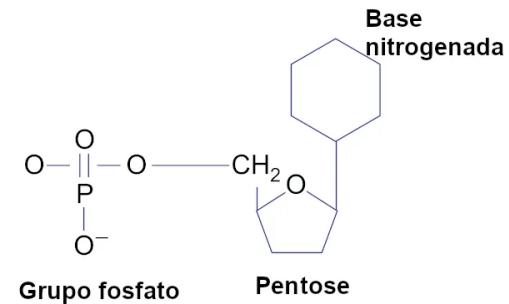
von SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Vol 1, 4^a edição. Belo Horizonte. DESA/UFMG, 2014.

Importância:

- Eutrofização.
- Consome o OD nos processos de nitrificação.
- Amônia livre é tóxica para algumas espécies de peixes.
- Associada a doenças como a síndrome do bebê azul.
- Indicativo de poluição:
 - Despejos recentes: nitrogênio orgânico e amoniacal.
 - Estágio avançado de degradação: nitratos.

Fósforo:

- Origem fisiológica: proteínas e ácidos nucleicos.
- Origem natural: decomposição de matéria orgânica, dissolução de componentes do solo.
- Origem antropogênica: detergentes e outros produtos químicos domésticos (ortofosfatos e polifosfatos).
 - despejos domésticos e industriais.
 - Fertilizantes.

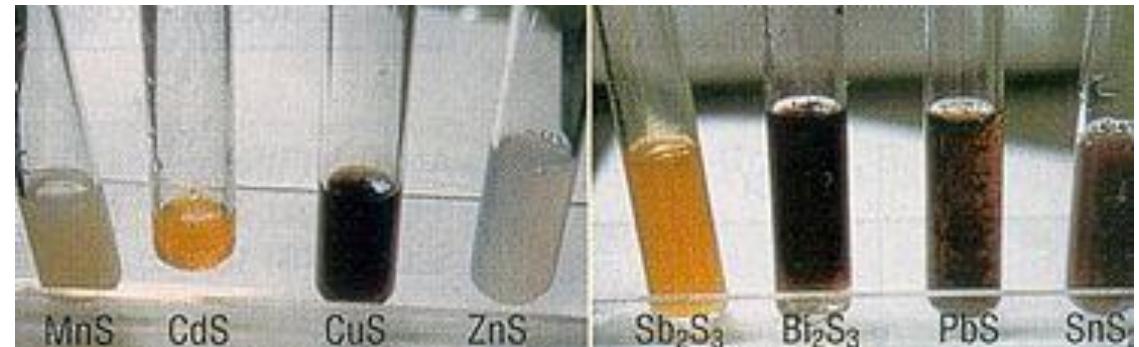


Importância:

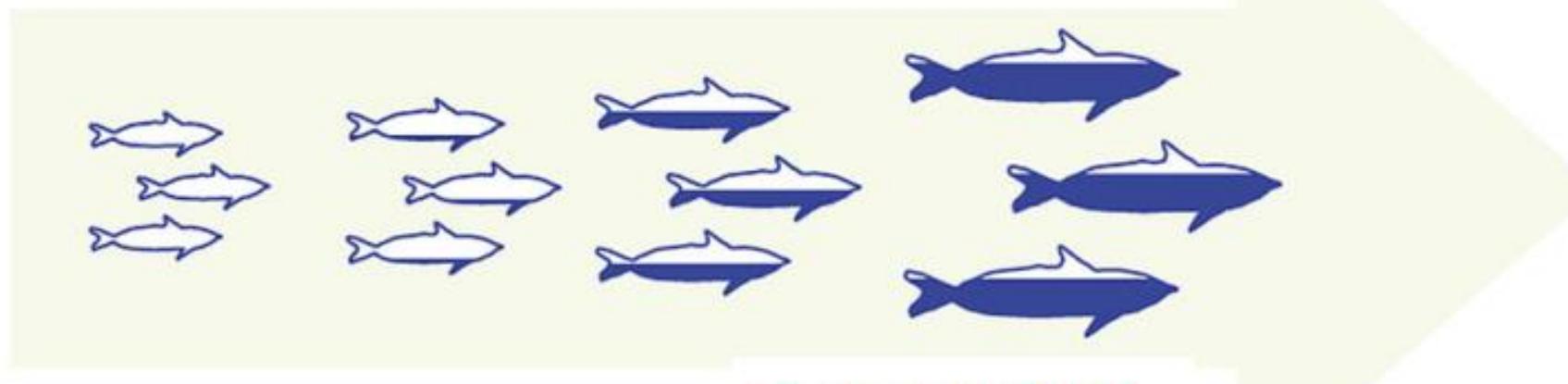
- Nutriente essencial aos seres vivos.
- Essencial para o crescimento microbiano em processos de tratamento biológico de efluentes.
- Eutrofização.
- Pode limitar a produtividade primária de um corpo d'água.
- Para plantas tem papel fundamental na formação de ATP.
- Parâmetro importante para o Índice de Qualidade das Águas.

Metais:

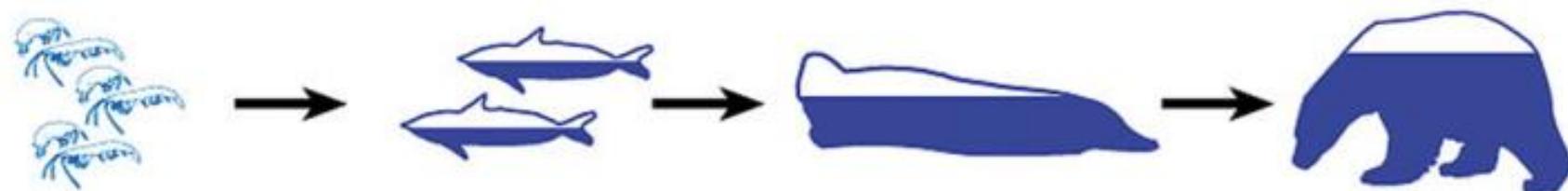
- Muitos são poluentes severos (metais pesados).
- Alguns são necessários a manutenção da vida de vários organismos (Cu, Fe, Zn).
 - Em excesso são tóxicos.
- Outros são tóxicos mesmo em pequenas concentrações (Pb, Cd, Hg).
- Causam prejuízos ao tratamento biológico.
- São biocumulativos – prejuízos a saúde.
- Presentes na água na forma de íons hidratados, precipitados inorgânicos (hidróxidos e sulfetos) ou adsorvidos em partículas em suspensão.



Bioacumulação



■ Níveis de contaminantes



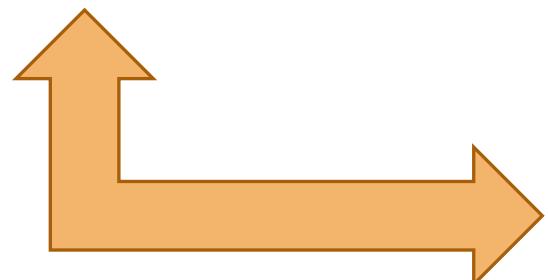
■ Níveis de contaminantes

Biomagnificação

Parâmetros químicos orgânicos

Matéria orgânica:

- compostos que apresentam átomos de C, H, N, O e S.
- fontes naturais (animais e vegetais) e antropogênica (lançamento de efluentes).
- Pode ser classificada em:
 - autóctone: proveniente do próprio sistema.
 - alóctone: produzida fora do sistema e levada ao mesmo.
- constituída por sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão.
- forte indicativo de poluição da água.



ESGOTO DOMÉSTICO

Proteínas
Carboidratos
Óleos e gorduras (lipídeos)
Compostos orgânicos traços
(compostos orgânicos sintéticos,
surfactantes e outros)

Importância:

- Em grandes quantidades pode causar problemas como: cor, odor e turbidez.
- A DBO e DQO indicam, **de forma indireta**, a concentração de MO nos efluentes ou corpos d'água;
- A DBO caracteriza o grau de poluição de um corpo d'água.
- A DBO é usada no dimensionamento de processos de tratamento e mede a eficiência de alguns processos de tratamento.
- **Principal problema de poluição das águas:** o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos processos metabólicos de utilização e estabilização da **MO**.

A MO pode ser dividida em:

- **biodegradável**: se decompõe de forma natural em curto espaço de tempo.
 - suscetível a decomposição por ação microbiana.
- **não biodegradável**: substâncias que demoram muitos anos para se degradar.

Métodos para medir a MO:

- DBO
- DQO

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):

- corresponde à concentração de oxigênio consumida por microorganismos aeróbicos para realizar a degradação de todas as substâncias **biodegradáveis** presentes no meio.
- medição: ensaios de DBO₅.
 - o oxigênio é determinado antes e após um período de incubação de 5 dias a 20°C.
 - mede-se o OD inicial e o OD final – diferença representa o consumo de oxigênio para decomposição da matéria orgânica.
 - microorganismos atuam como catalisadores na reação de oxidação.

Alta DBO – baixa [OD] – águas poluídas

Baixa DBO – alta [OD] – águas limpas

- unidade de medida: mg de O₂/ mL

A determinação da DBO consiste em medidas da concentração de oxigênio dissolvido nas amostras antes e após o período de incubação de 5 dias a 20°C. Durante esse período ocorrerá redução da concentração de OD na água, consumido por microrganismos aeróbios nas reações bioquímicas de decomposição de compostos orgânicos biodegradáveis.

Formas de medição:

- método respirométrico
 - oxímetros de bancada
 - Oxitop®



ENSAIO DBO

Condições do ensaio: - ajustar pH das amostras para 6,5 a 7,5 e T = 20°C e no período de incubação manter em local escuro

Preparo da Água de diluição

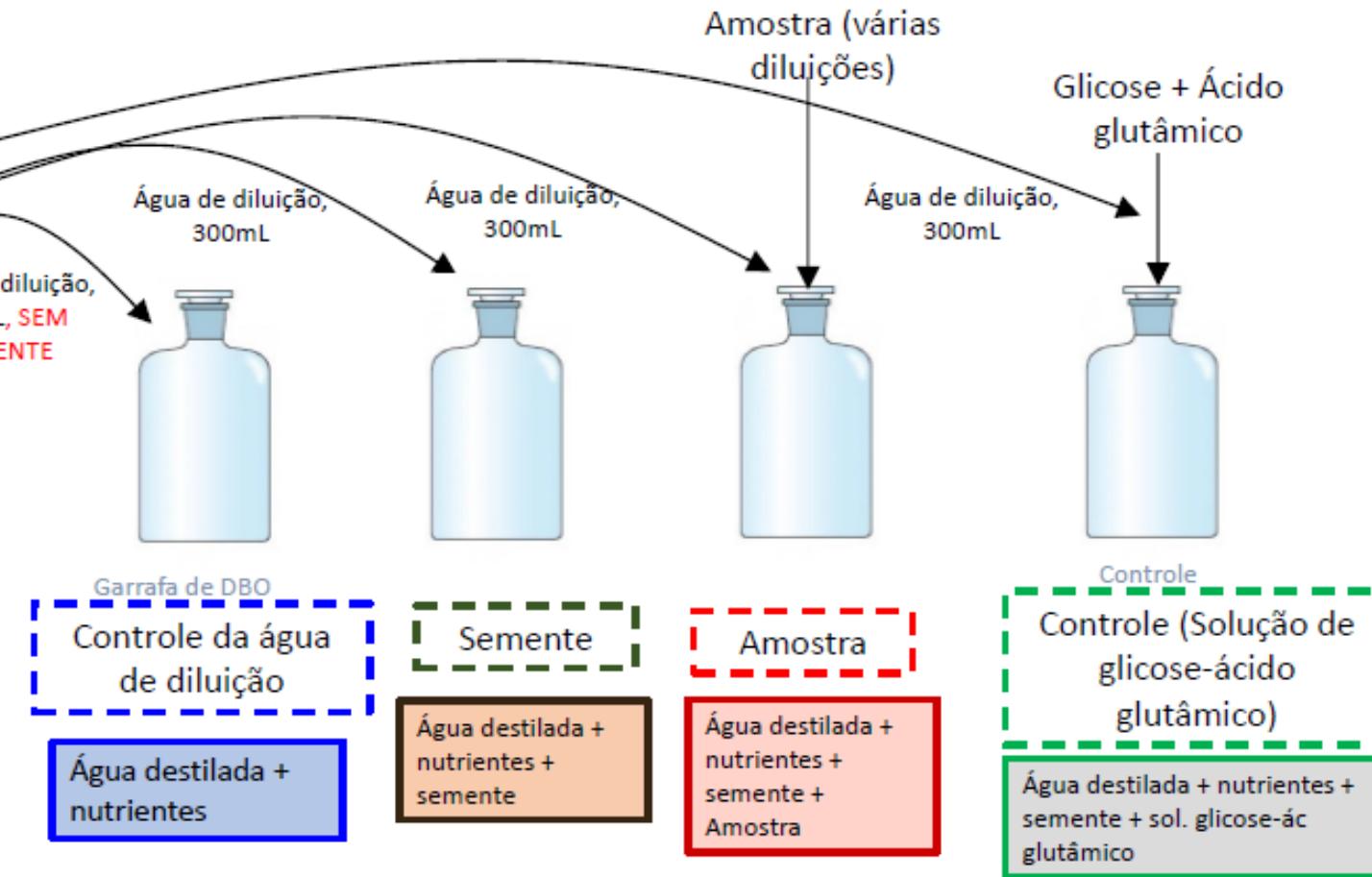
Nutrientes
essenciais e outros
aditivos

Semente
(1 a 3 mL por L
de água de
diluição)



Semente: população de
microrganismos capazes de
oxidar a MO na amostra

Escolha da semente: sobrenadante de
efluente doméstico decantado,
efluente de decantadores primários, o
líquido de mistura diluído do tanque
de aeração, efluente não
desinfetado, ou água receptora
abaixo do ponto de descarte



Resultar em DBO_5 de $198 \pm 30,5 \text{ mg/L}$

Depleção de OD < do
que 0,20 mg/L em 5
dias

Para cada frasco teste tendo 2,0 mg/L de depleção de OD mínima e
pelo menos 1,0 mg/L de OD residual

$$DBO_5, \text{mg de } O_2/L = \frac{[(D_1 - D_2) - SV_s]V_f}{V_a}$$

Onde:

- D_1 = OD das amostras diluídas imediatamente após a preparação, mg/L;
- D_2 = OD das amostras diluídas imediatamente após 5 d de incubação a 20°C, mg/L;
- S = Depleção de oxigênio da semente (diversidade de microrganismos responsáveis pela biodegradação da matéria orgânica) (D OD/mL). É calculada pela variação do OD por mL de suspensão de semente adicionada por garrafa ($S=0$ se as amostras não forem semeadas);
- V_s = volume de semente nos respectivos frascos teste;
- V_f : Volume da garrafa de DBO, em mL e
- V_a : Volume de amostra, em mL.

Como calcular a eficiência de uma ETE a partir da DBO?

$$\% \text{eficiência} = \frac{(DBO_{\text{entrada}} - DBO_{\text{saída}}) \times 100}{DBO_{\text{entrada}}}$$

<https://www.youtube.com/watch?v=YnJffoT8mCU>

CONAMA 357:

Valores de DBO 5 días a 20°C:

Classe 1: 3 mg/L de O₂

Classe 2: 5 mg/L de O₂

Classe 3: 10 mg/L de O₂

CONAMA 430:

Seção II

Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Seção III

Das Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias, 20°C): máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

$$C_f = \frac{Q_r \times C_r + Q_e \times C_e}{Q_r + Q_e}$$

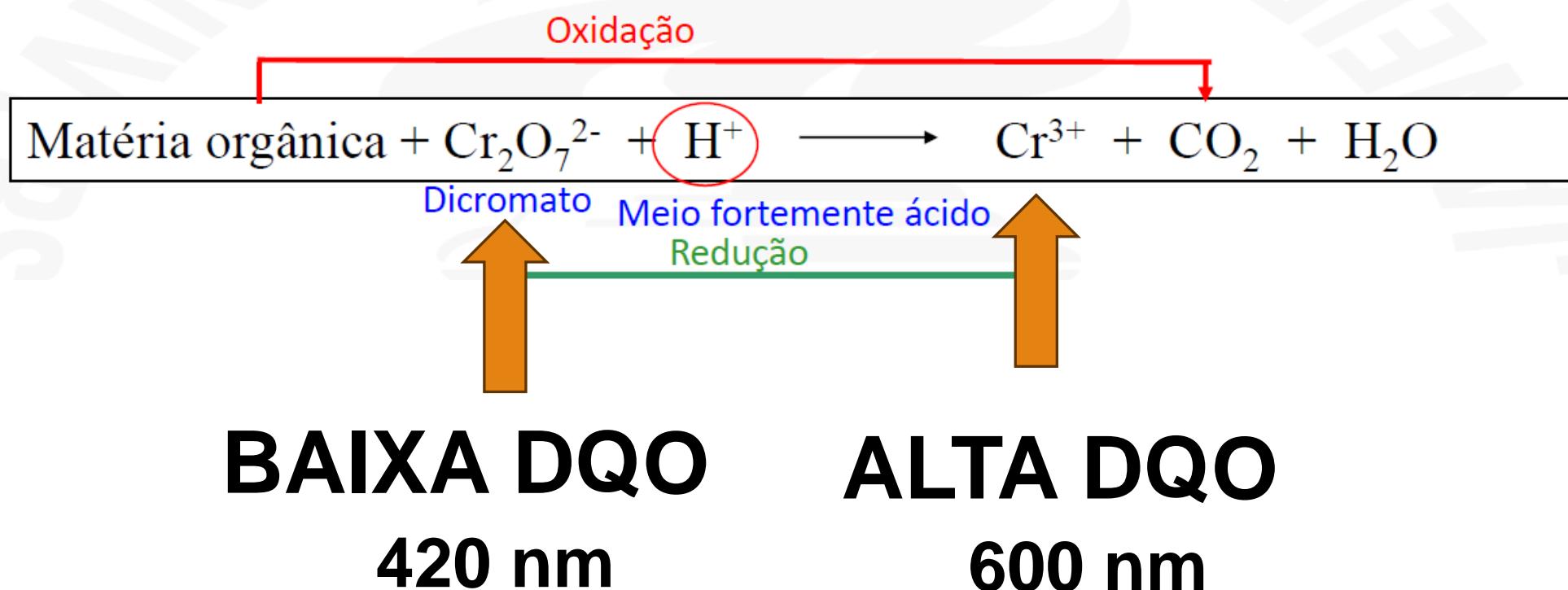
Demanda Química de Oxigênio (DQO): demanda para oxidar, quimicamente, a matéria orgânica presente em uma amostra.

- Ocorre a oxidação da MO biodegradável e não biodegradável, medindo a carga orgânica da água.
- Unidade: mg de O₂/L

Origens:

- natural: vegetação no entorno, morte de peixes e algas.
- antropogênica: lançamento de efluentes, poluição difusa, drenagem de águas pluviais, contaminação por lixiviado de aterro sanitário, dentre outras.
- indicativo de contaminação de corpos hídricos, medindo indiretamente a concentração de MO.
- parâmetro para dimensionamento de ETE.
- eficiência do processo de remoção de MO.

- Determinação:
 - Digestão da amostra com oxidante forte (dicromato) em meio fortemente ácido.
 - Ocorre a medida de oxidante que é consumida.

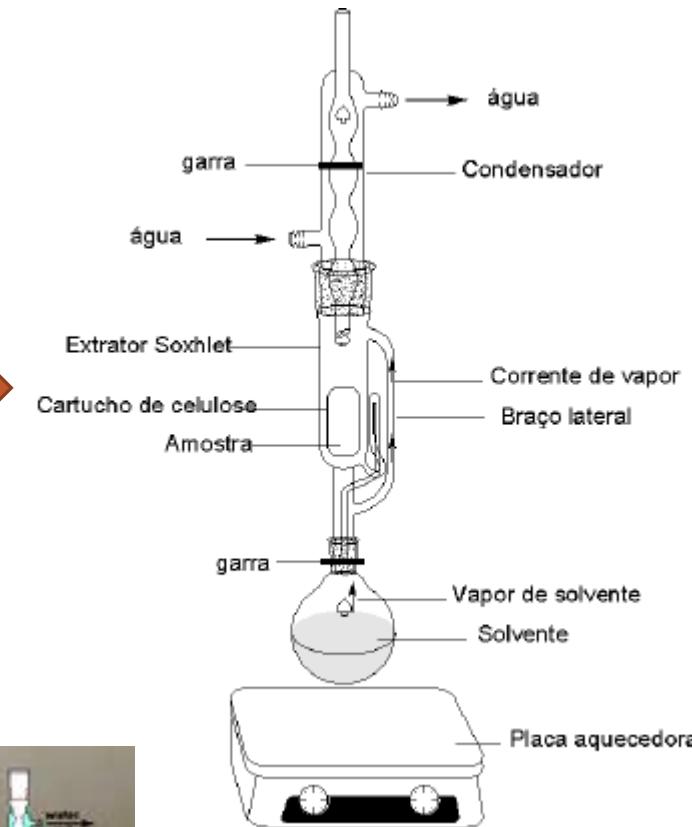
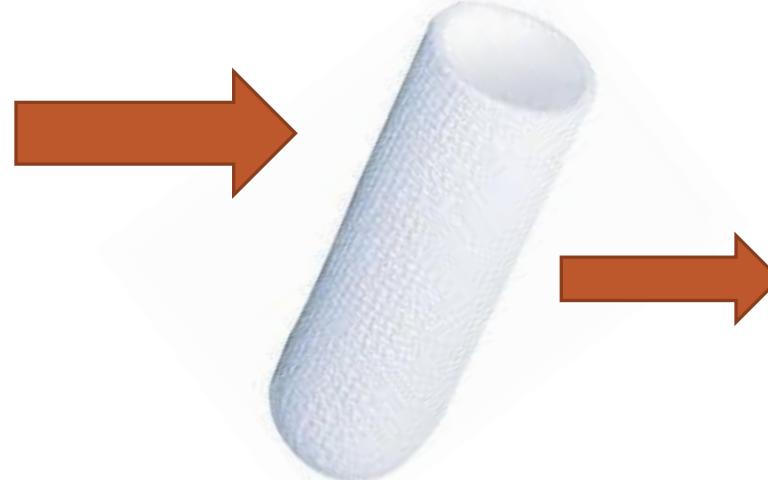


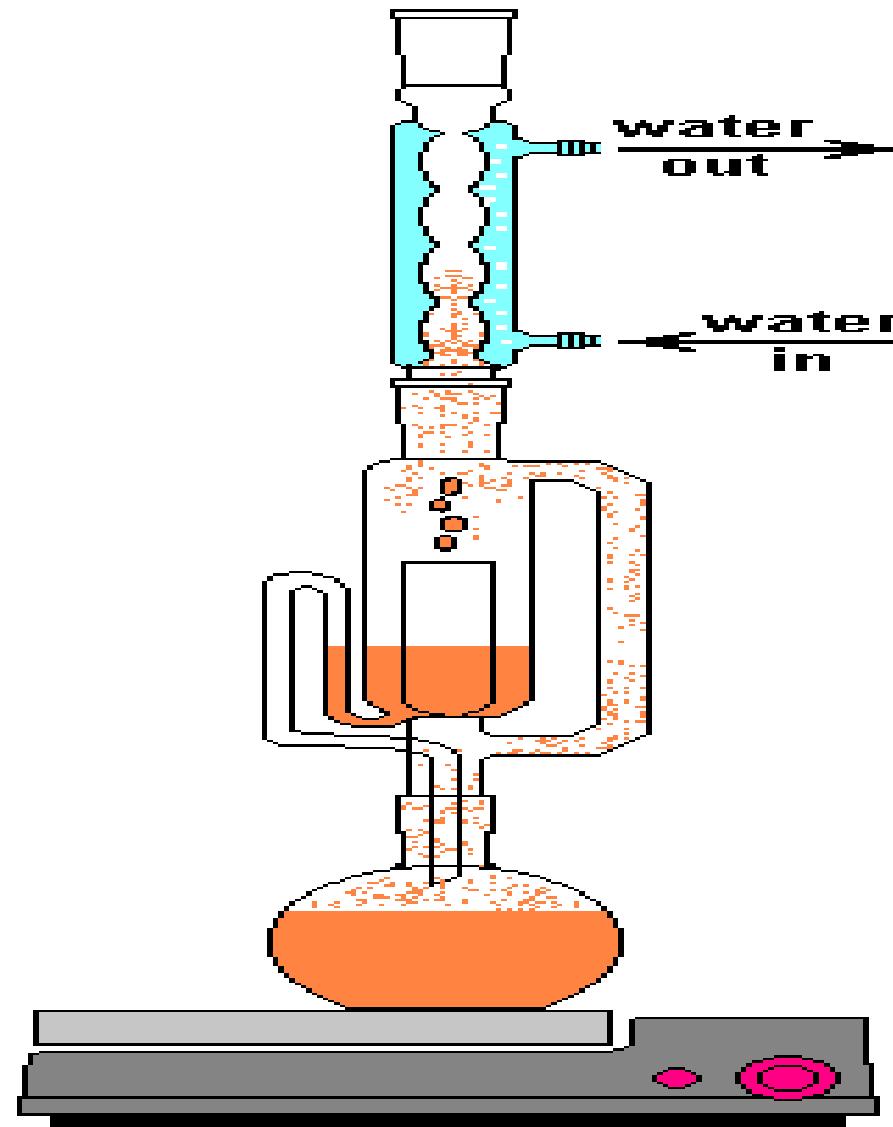
	DBO	DQO
Definição	Quantidade de oxigênio consumida por microrganismos durante a decomposição da matéria orgânica sob condições aeróbicas	Quantidade de oxigênio requerido para a oxidação total da matéria orgânica
Decomposição	Processo de oxidação biológica	Processo de oxidação química
Metodologia	Determinado pela incubação da amostra a temperatura de 20°C por 5 dias, medindo o oxigênio no início e final da incubação	Determinada pela incubação da amostra com um oxidante combinado com ácido sulfúrico em ebulição em condições de temperatura e tempo determinadas
Tempo necessário	5 dias para determinação	Variável
Capacidade de oxidação	Capaz de oxidar naturalmente detritos e resíduos orgânicos na água	Capaz de degradar resíduos industriais

Óleos e graxas: gorduras, óleos, ceras, óleos minerais presentes na amostra (solúveis em n-hexano).

- Importância:
 - provoca obstrução em redes coletoras de esgoto.
 - inibe processos biológicos de tratamento.
 - dificulta as trocas gasosas (formação de película na superfície da água).
 - problemas estéticos.
- Determinação:
 - extração com solventes (Soxhlet) e determinação gravimétrica.

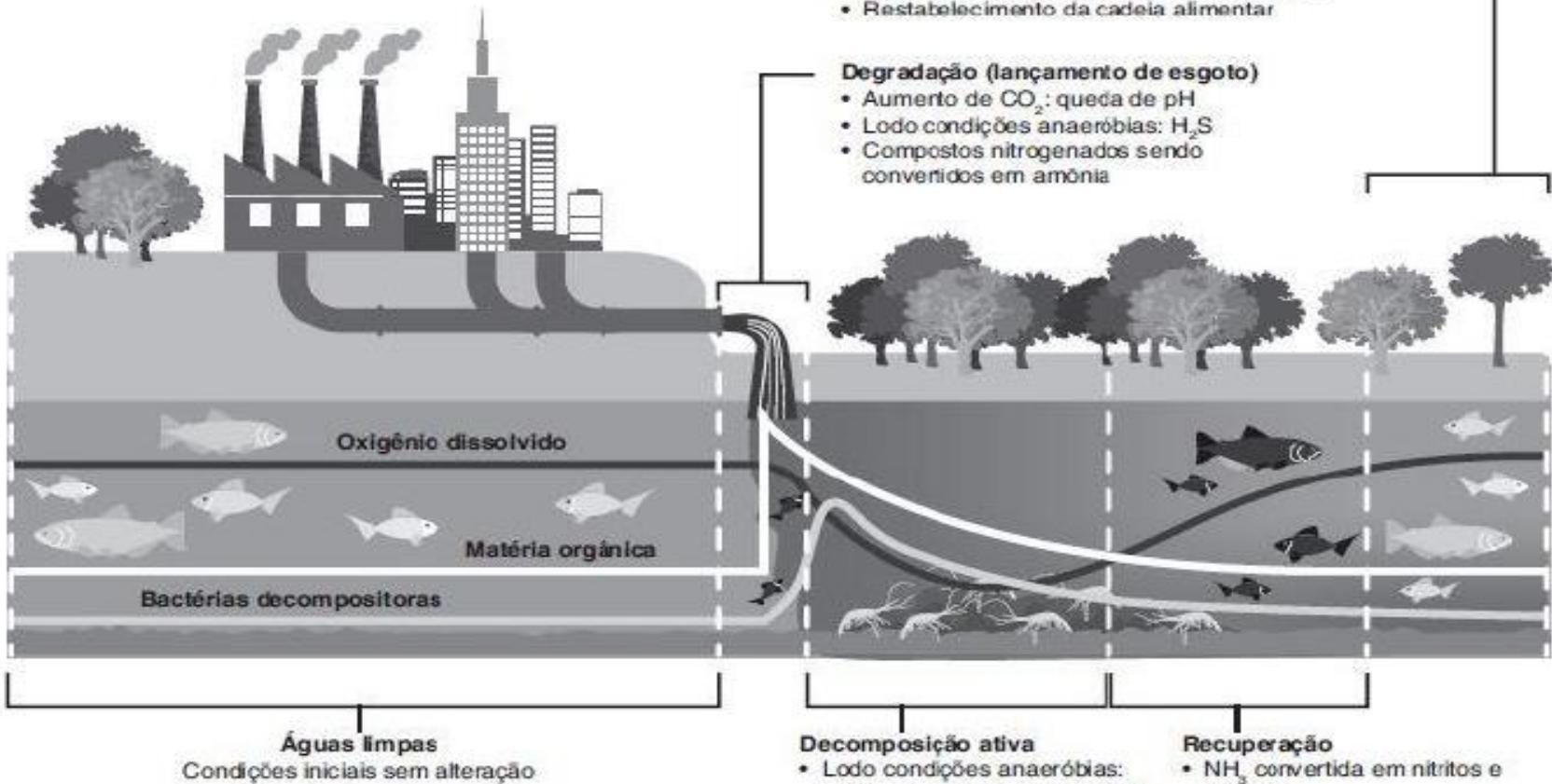






Processo de auto depuração:

✓ No trecho afetado do rio ocorrerão alterações das espécies presentes, da cor, turbidez e outras características da água

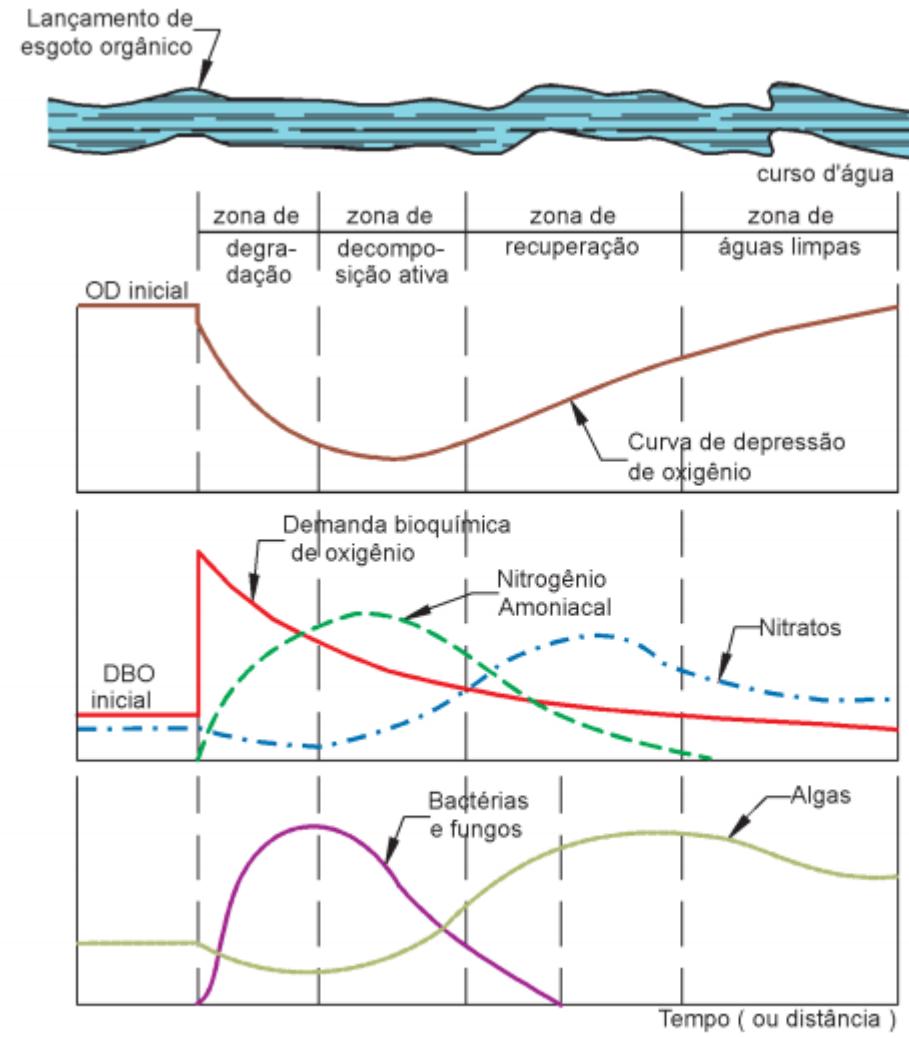
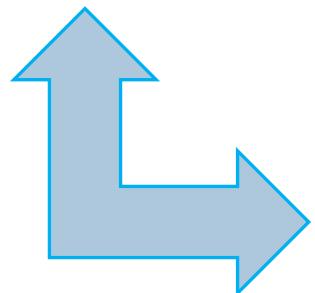


Na Zona Limpa é possível encontrar uma maior diversidade de organismos, geralmente são peixes que não toleram poluição e necessitam de uma maior quantidade de oxigênio.

Na zona de degradação, a diversidade de organismos diminui e dá lugar a peixes resistentes a poluição.

Na zona de decomposição ativa os peixes praticamente desaparecem, dando lugar a bactérias e fungos, muitas vezes o lugar tem seu oxigênio reduzido a zero, e uma grande quantidade de bactérias anaeróbias dominam a área.

PROCESSO DE AUTODEPURAÇÃO



Consequências do lançamento de carga orgânica em um curso d'água.

MOTA, S. Preservação e Conservação de Recursos Hídricos, Rio de Janeiro: ABES, 1995, pg. 83. (Adaptado)

Parâmetros (ou indicadores) biológicos

Presença de organismos indicadores e de microorganismos na água:

- atividade biológicas: nutrição, respiração, excreção, etc.
 - modificam o caráter químico e ecológico do ambiente aquático.
- organismos de origem externa:
 - introduzidos junto de matéria fecal.
 - não se alimentam nem reproduzem no meio aquático, tendo caráter transitório neste meio.
 - podem ser patogênicos.
 - importante parâmetro de poluição da água.



- desempenham diversas funções:

- bactérias: conversão de matéria orgânica e inorgânica.
 - podem ser patogênicas.
- arqueobactérias: processos anaeróbios.
- algas: produção de O_2 nos corpos d'água e estações de tratamento.
 - eutrofização.
- Protozoários: manutenção do equilíbrios entre diversos grupos – alimentam-se de bactérias, algas e outros microorganismos.
 - podem ser patogênicos.
- fungos: importante na decomposição de matéria orgânica.
- vírus: patogênicos, de difícil remoção nos processos de tratamento.
- helmintos: patogênicos.



Grupos de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças Relacionadas	Formas de Prevenção
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico (agente causador da doença) é ingerido.	<ul style="list-style-type: none"> > Leptospirose > Amebíase > Hepatite infecciosa > Diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase 	<ul style="list-style-type: none"> > Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes contaminadas > Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.
Controladas pela limpeza com água	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação.	<ul style="list-style-type: none"> > Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose 	<ul style="list-style-type: none"> > Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas à água (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido.	<ul style="list-style-type: none"> > Esquistosomose 	<ul style="list-style-type: none"> > Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos > Evitar o contato de pessoas com águas infectadas > Proteger mananciais > Combater o hospedeiro intermediário
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela.	<ul style="list-style-type: none"> > Malária > Febre amarela > Dengue > Elefantíase 	<ul style="list-style-type: none"> > Eliminar condições que possam favorecer criadouros > Combater os insetos transmissores > Evitar o contato com criadouros > Utilizar meios de proteção individual

Doença	Causador	Transmissão	Sintomas	Tratamento	Prevenção
Amebíase (disenteria amebiana)	Protozoário <i>Entamoeba histolytica</i> , conhecido como ameba	Ingestão de água contaminada ou de alimentos mal lavados	Diarreia, dores abdominais e eliminação de sangue junto com as fezes	Medicamentos específicos	Evitar a contaminação da água, lavando bem os alimentos e mantendo hábitos de higiene
Hepatite A	Vírus <i>Hepatitis A</i> (VHA)	Ingestão de água ou de alimentos contaminados por fezes de pessoas doentes	Febre, dores de cabeça, indisposição e icterícia (amarelamento da pele)	Não há tratamento; é recomendável repouso durante a fase aguda	Evitar o contato com pessoas doentes e consumir apenas água tratada. Há uma vacina que confere proteção temporária.
Leptospirose	Bactéria <i>Leptospira interrogans</i>	Animais portadores da bactéria a eliminam pela urina, e as pessoas infectam-se pelo contato com a água e o solo contaminados	Dores de cabeça e de garganta, dores musculares, calafrios, febre e vômitos	Antibióticos específicos	Evitar o contato com animais e com águas contaminadas. Durante as enchentes aumentam as chances de contaminação.

Lançamento de esgotos: contaminação por organismos patogênicos.

- bactérias, vírus, protozoários e helmintos.
- possuem sobrevivência limitada na água, porém podem alcançar o homem por meio de ingestão ou contato.
- detecção individualizada difícil – presença de indicadores.
 - coliformes fecais: vivem no organismo de animais de sangue quente.
 - grande quantidade nas fezes.
 - não são patogênicas, mas indicam a existência de matéria fecal na água.
 - *Escherichia coli*: indicadora de poluição fecal mais utilizada.

Características desejadas para um organismo indicador:

- deve estar presente quando a contaminação fecal está presente.
- deve ser igual ou em maior número do que os microrganismos patogênicos alvo.
- deve apresentar características de sobrevivência igual ou superior aos organismos patogênicos alvo.
- os procedimentos de isolamento e quantificação do organismo indicador devem ser rápidos, simples e de menor custo.
- deve estar presente na flora intestinal de organismos de sangue quente.

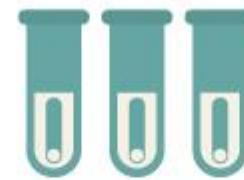
Por que os coliformes foram escolhidos como indicadores?

- existem em grande número na matéria fecal e não em outro tipo de matéria orgânica poluente.
- não se reproduzem na água e no solo, somente no interior dos intestinos (ou meios de cultura apropriados).
- apresentam grau de resistência ao meio quando comparadas a bactérias patogênicas – reduz a possibilidade de encontrar patogênicos quando não há coliformes.
- caracterização e quantificação relativamente simples.
 - fermentam lactose, produzindo gás.
 - água submetida a várias diluições: formação de gás indica a presença de bactérias.

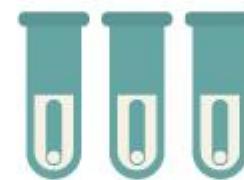
Teste Presuntivo:



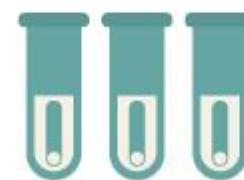
Amostra de
Água



1 mL de amostra

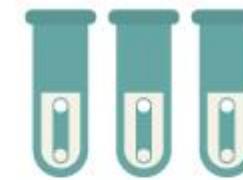


0,1 mL de amostra



0,01 mL de amostra

Caldo lauril triptose
(caldo lactosado)



Incubação a 35 °C/24-48 h:
formação de gás: NMP

Tabela para determinação do NMP de coliformes em amostras de 1,0 (10^0), 0,1 (10^{-1}) e 0,01 (10^{-2}) ml de amostra em cada tubo.

Nº de tubos positivos			NMP/ml	Nº de tubos positivos			NMP/ml
1,0ml	0,1ml	0,01ml		0	1	2	
0	0	0	0,0				0,94
0	0	0	0,1				1,4
0	0	0	0,2				2,0
0	0	0	0,3				2,6
0	0	0	0,4				3,2
0	0	0	0,5				3,8
0	0	0	0,6				4,4
0	0	0	0,7				5,0
0	0	0	0,8				5,6
0	0	0	0,9				6,2
0	0	0	1,0				6,8
0	0	0	1,1				7,4
0	0	0	1,2				8,0
0	0	0	1,3				8,6
0	0	0	1,4				9,2
0	0	0	1,5				9,8
0	0	0	1,6				10,4
0	0	0	1,7				11,0
0	0	0	1,8				11,6
0	0	0	1,9				12,2
0	0	0	2,0				12,8
0	0	0	2,1				13,4
0	0	0	2,2				14,0
0	0	0	2,3				14,6
0	0	0	2,4				15,2
0	0	0	2,5				15,8
0	0	0	2,6				16,4
0	0	0	2,7				17,0
0	0	0	2,8				17,6
0	0	0	2,9				18,2
0	0	0	3,0				18,8
0	0	0	3,1				19,4
0	0	0	3,2				20,0
0	0	0	3,3				20,6
0	0	0	3,4				21,2
0	0	0	3,5				21,8
0	0	0	3,6				22,4
0	0	0	3,7				23,0
0	0	0	3,8				23,6
0	0	0	3,9				24,2
0	0	0	4,0				24,8
0	0	0	4,1				25,4
0	0	0	4,2				26,0
0	0	0	4,3				26,6
0	0	0	4,4				27,2
0	0	0	4,5				27,8
0	0	0	4,6				28,4
0	0	0	4,7				29,0
0	0	0	4,8				29,6
0	0	0	4,9				30,2
0	0	0	5,0				30,8
0	0	0	5,1				31,4
0	0	0	5,2				32,0
0	0	0	5,3				32,6
0	0	0	5,4				33,2
0	0	0	5,5				33,8
0	0	0	5,6				34,4
0	0	0	5,7				35,0
0	0	0	5,8				35,6
0	0	0	5,9				36,2
0	0	0	6,0				36,8
0	0	0	6,1				37,4
0	0	0	6,2				38,0
0	0	0	6,3				38,6
0	0	0	6,4				39,2
0	0	0	6,5				39,8
0	0	0	6,6				40,4
0	0	0	6,7				41,0
0	0	0	6,8				41,6
0	0	0	6,9				42,2
0	0	0	7,0				42,8
0	0	0	7,1				43,4
0	0	0	7,2				44,0
0	0	0	7,3				44,6
0	0	0	7,4				45,2
0	0	0	7,5				45,8
0	0	0	7,6				46,4
0	0	0	7,7				47,0
0	0	0	7,8				47,6
0	0	0	7,9				48,2
0	0	0	8,0				48,8
0	0	0	8,1				49,4
0	0	0	8,2				50,0
0	0	0	8,3				50,6
0	0	0	8,4				51,2
0	0	0	8,5				51,8
0	0	0	8,6				52,4
0	0	0	8,7				53,0
0	0	0	8,8				53,6
0	0	0	8,9				54,2
0	0	0	9,0				54,8
0	0	0	9,1				55,4
0	0	0	9,2				56,0
0	0	0	9,3				56,6
0	0	0	9,4				57,2
0	0	0	9,5				57,8
0	0	0	9,6				58,4
0	0	0	9,7				59,0
0	0	0	9,8				59,6
0	0	0	9,9				60,2
0	0	0	10,0				60,8
0	0	0	10,1				61,4
0	0	0	10,2				62,0
0	0	0	10,3				62,6
0	0	0	10,4				63,2
0	0	0	10,5				63,8
0	0	0	10,6				64,4
0	0	0	10,7				65,0
0	0	0	10,8				65,6
0	0	0	10,9				66,2
0	0	0	11,0				66,8
0	0	0	11,1				67,4
0	0	0	11,2				68,0
0	0	0	11,3				68,6
0	0	0	11,4				69,2
0	0	0	11,5				69,8
0	0	0	11,6				70,4
0	0	0	11,7				71,0
0	0	0	11,8				71,6
0	0	0	11,9				72,2
0	0	0	12,0				72,8
0	0	0	12,1				73,4
0	0	0	12,2				74,0
0	0	0	12,3				74,6
0	0	0	12,4				75,2
0	0	0	12,5				75,8
0	0	0	12,6				76,4
0	0	0	12,7				77,0
0	0	0	12,8				77,6
0	0	0	12,9				78,2
0	0	0	13,0				78,8
0	0	0	13,1				79,4
0	0	0	13,2				79,8
0	0	0	13,3				80,4
0	0	0	13,4				81,0
0	0	0	13,5				81,6
0	0	0	13,6				82,2
0	0	0	13,7				82,8
0	0	0	13,8				83,4
0	0	0	13,9				84,0
0	0	0	14,0				84,6
0	0	0	14,1				85,2
0	0	0	14,2				85,8
0	0	0	14,3				86,4
0	0	0	14,4				87,0
0	0	0	14,5				87,6
0	0	0	14,6				88,2
0	0	0	14,7				88,8
0	0	0	14,8				89,4
0	0	0	14,9				89,8
0	0	0	15,0				90,4
0	0	0	15,1				91,0
0	0	0	15,2				91,6
0	0	0	15,3				92,2
0	0	0	15,4				92,8
0	0	0	15,5				93,4
0	0	0	15,6				94,0
0	0	0	15,7				94,6
0	0	0	15,8				95,2
0	0	0	15,9				95,8
0	0	0	16,0				96,4
0	0	0	16,1				97,0
0	0	0	16,2				97,6
0	0	0	16,3				98,2
0	0	0	16,4				98,8
0	0	0	16,5				99,4
0	0	0	16,6				100,0
0	0	0	16,7				>100,0

Quadro 2.1 Padrões de coliformes em corpos d'água (Resolução CONAMA 20, de 18/06/86)

Classe do corpo d'água	Padrão (organismos/100 ml) ^(a)	
	Coliformes fecais	Coliformes totais ^(b)
Especial	(c)	(c)
1 ^{(d) (e)}	200	1.000
2 ^(d)	1.000	5.000
3	4.000	20.000
4	(f)	(f)

Obs:

(a) Padrão a ser cumprido em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

(b) O padrão para coliformes totais deve ser utilizado quando não houver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais.

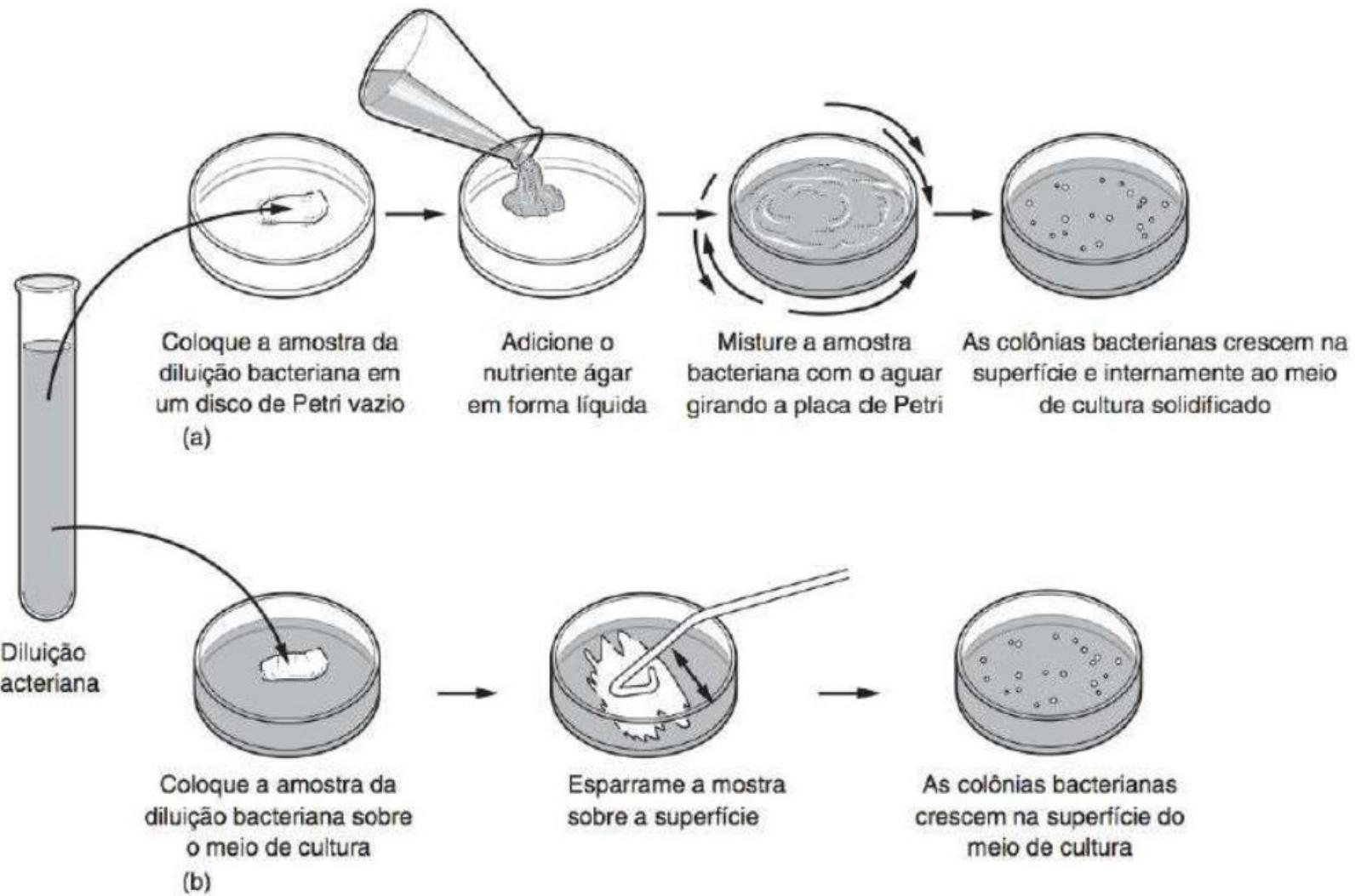
(c) Nos corpos d'água de Classe Especial não são permitidos quaisquer lançamentos, mesmo que tratados.

(d) Para uso do corpo d'água para recreação de contato primário, deve ser analisado artigo específico da legislação

(e) As águas utilizadas para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvem rente ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.

(f) Não há padrão para coliformes, já que as águas de Classe 4 não são indicadas para abastecimento, irrigação ou balneabilidade.

Esquema dos métodos de culturas em placas utilizados para a contagem de bactérias: (a) placa vertendo e (b) placa esparramada



Cinética de decaimento: indicativo do comportamento de organismos patogênicos em um corpo d'água.

- coliformes e outros organismos apresentam mortandade natural quando expostos a condições ambientais diferentes de dentro dos organismos dos animais de sangue quente.

Fatores que contribuem para a mortandade bacteriana:

FÍSICOS:

luz solar
temperatura
adsorção
floculação
sedimentação

QUÍMICOS:
salinidade
pH
potencial redox
toxicidade

BIOLÓGICOS:

falta de
nutrientes
predação
competição

Controle da contaminação por organismos patogênicos:

- remoção durante o tratamento de esgoto – melhor forma de controle.
- lagoas de maturação: lagoas de menor profundidade, onde a penetração da radiação UV causa elevada mortalidade de patogênicos, sem a necessidade de agentes químicos.
- disposição no solo: condições ambientais desfavoráveis. Deve-se atentar a contaminação de vegetais.
- cloração: processo utilizado nas ETAs. Elevadas dosagens causam preocupação com a geração de produtos tóxicos.
- ozonização: alta eficácia na desinfecção.
- radiação UV: eficiente na retirada de patógenos, sem a geração de produtos tóxicos.



Índice de Qualidade das águas – IQA

- Índice global que retrata a qualidade da água em determinado ponto de monitoramento.
- Fornece informações básicas da água para o público em geral.
- Criado em 1970 – National Sanitation Fundation (NSF) – Estados Unidos.
- 1975: CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).
- Desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando o abastecimento público após tratamento.
- Não é um instrumento de legislação.
- Indicador qualitativo.



O cálculo é feito pelo produtório dos nove parâmetros:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

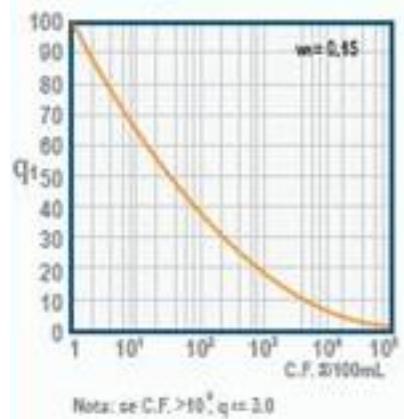
w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

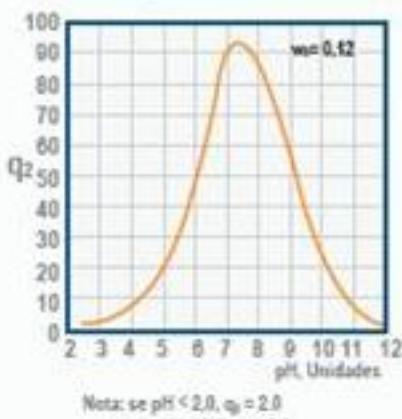
Tabela 1. Parâmetros de IQA e seus respectivos pesos

Parâmetro	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO _{5,20}	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

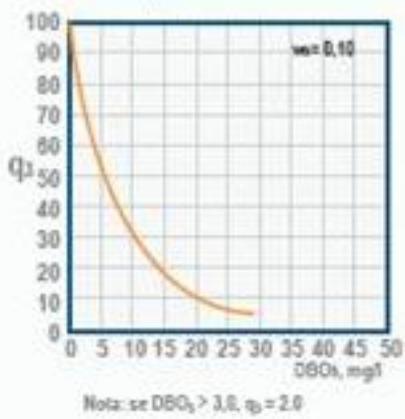
Coliformes fecais
para $i = 1$



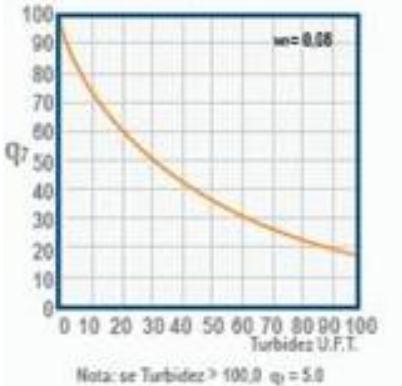
pH
para $i = 2$



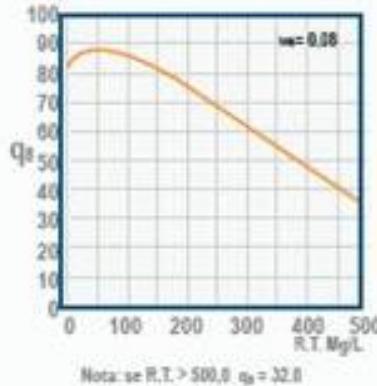
Demandra bioquímica de oxigênio
para $i = 3$



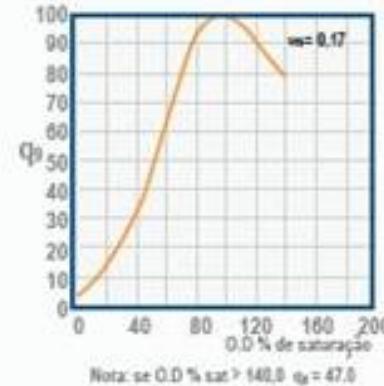
Turbidez
para $i = 5$



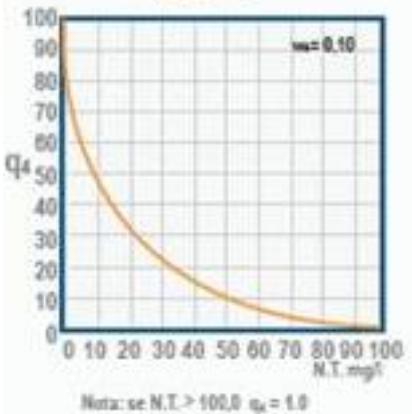
Resíduo total
para $i = 8$



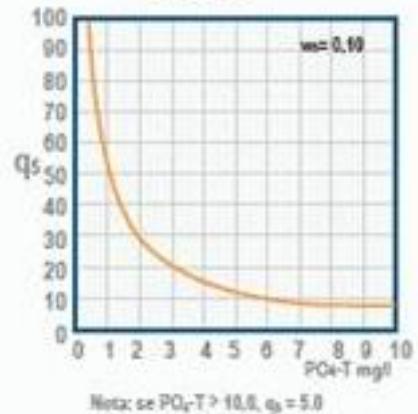
Oxigênio dissolvido
para $i = 9$



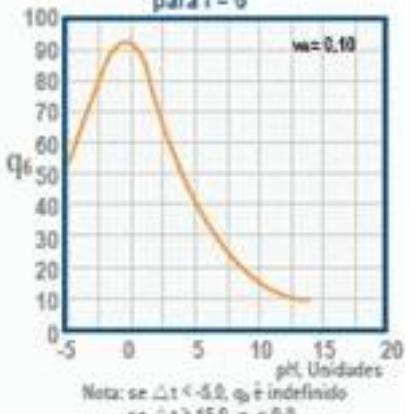
Nitrogênio total
para $i = 4$



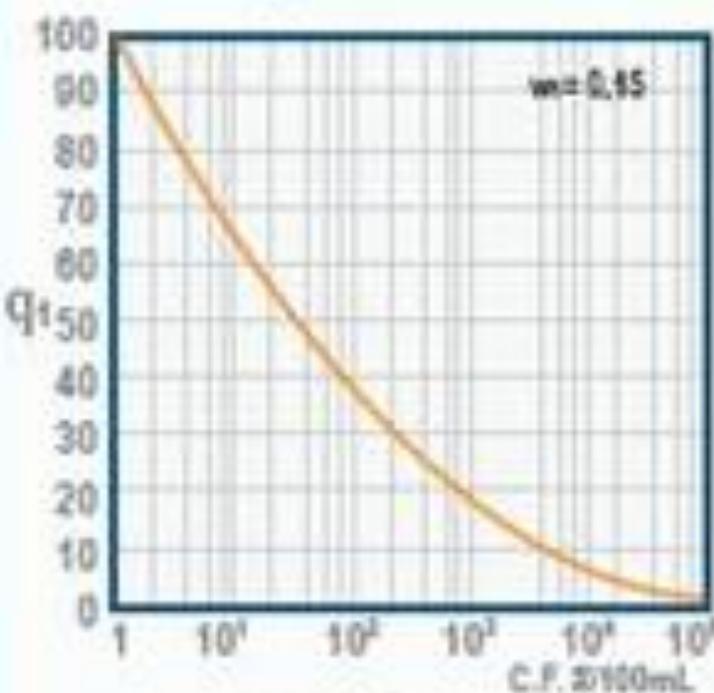
Fósforo total
para $i = 5$



Temperatura
(afastamento da temperatura de equilíbrio)
para $i = 6$

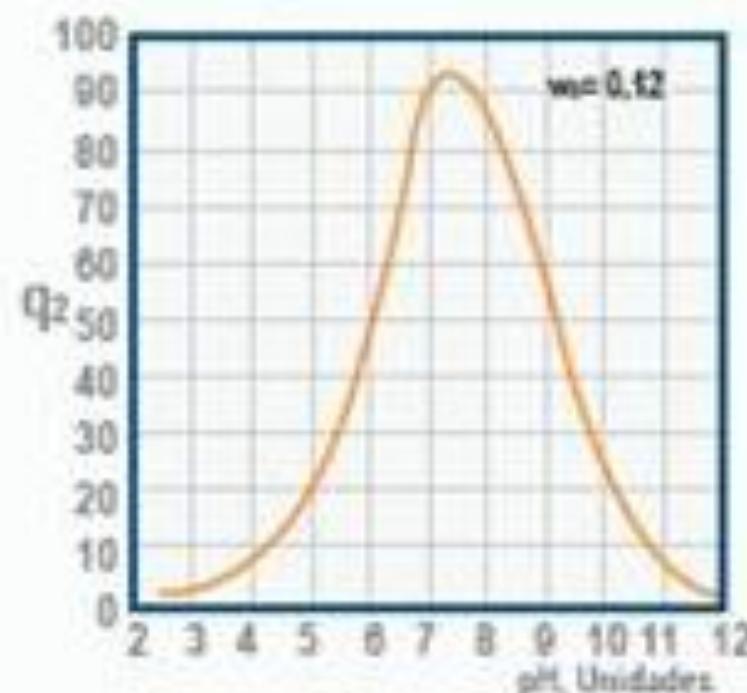


Coliformes fecais
para $i = 1$



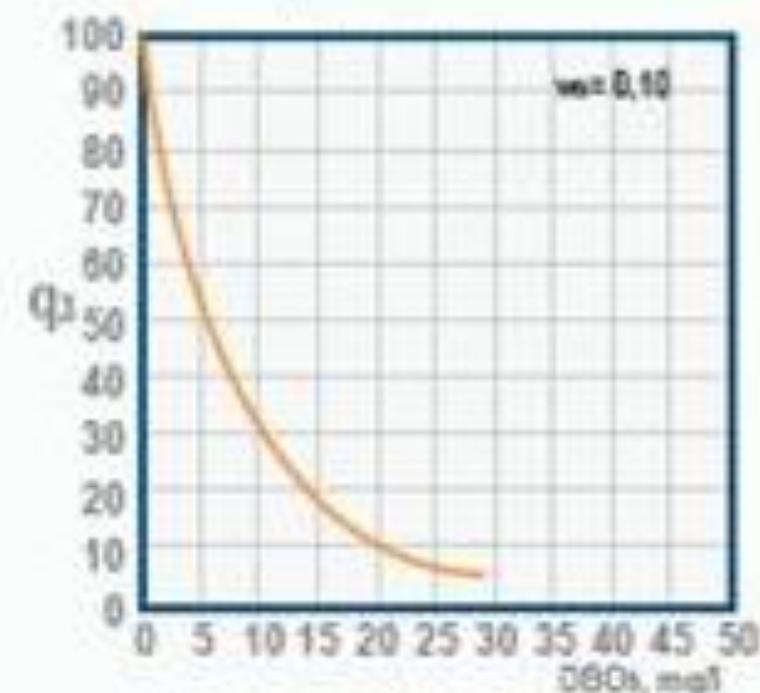
Nota: se C.F. $> 10^5$, $q_1 = 2,0$

pH
para $i = 2$



Nota: se pH $< 2,0$, $q_2 = 2,0$
se pH $> 12,0$, $q_2 = 2,0$

Demandâ bioquímica de oxigênio
para $i = 3$



Nota: se DBO₅ $> 3,0$, $q_3 = 2,0$

Calculadoras online

<https://app.e-licencie.com.br/calculadora/>

<http://eiquas.ufba.br/amostra>

Formulário

Preencha os campos abaixo com os valores dos parâmetros físico- químicos e biológicos da água.

Identificação da amostra	saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)
Por favor, digite um texto que identifique a amostra.	0
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Potencial hidrogeniônico - pH
0	0
Por favor, digite um valor válido	Por favor, digite um valor válido
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	Variação da temperatura da água (°C)
0	0
Por favor, digite um valor válido	Por favor, digite um valor válido
Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)
0	0
Por favor, digite um valor válido	Por favor, digite um valor válido
Turbidez (NTU)	Resíduos/Sólidos totais (mg/L)
0	0
Por favor, digite um valor válido	Por favor, digite um valor válido

CALCULAR

LIMPAR

CARREGAR MODELO

Classificação NSF

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < \text{IQA} \leq 100$
Bom	$70 < \text{IQA} \leq 90$
Médio	$50 < \text{IQA} \leq 70$
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq \text{IQA} \leq 25$

Classificação do IQA - CETESB

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < \text{IQA} \leq 100$
BOA	$51 < \text{IQA} \leq 79$
REGULAR	$36 < \text{IQA} \leq 51$
RUIM	$19 < \text{IQA} \leq 36$
PÉSSIMA	$\text{IQA} \leq 19$

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguinte Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima