



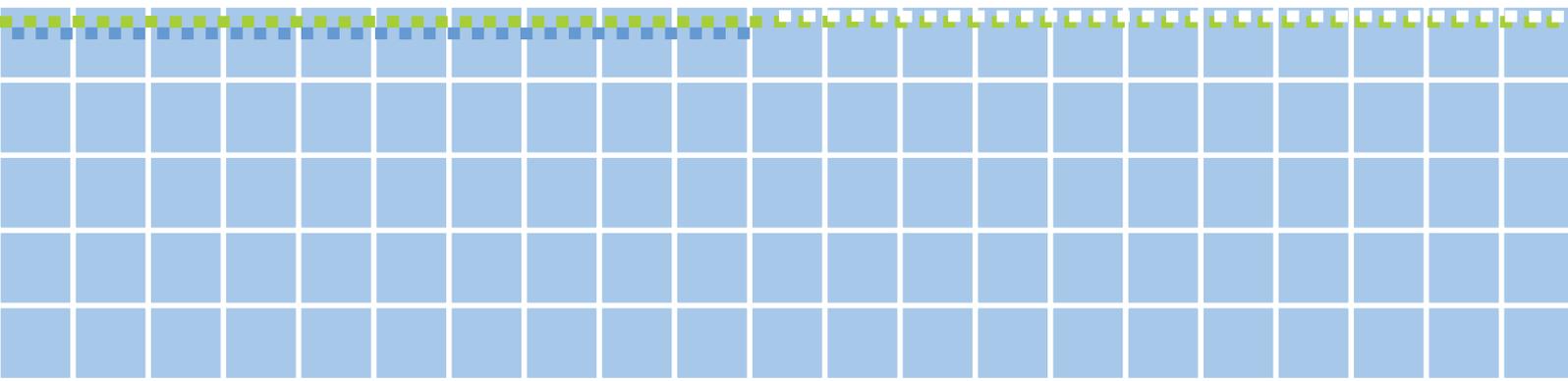
2017  
**MÓDULO 2 - VARIÁVEIS  
DE QUALIDADE DA ÁGUA E  
OBJETIVOS DO DIAGNÓSTICO DE  
QUALIDADE DA ÁGUA**

MATERIAL DE APOIO DOS CURSOS:

- **COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO**
- **MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

# Cursos e Treinamentos

*Gestão do Conhecimento*





GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador *Geraldo Alckmin*

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Secretário *Ricardo Salles*



CETESB • COMPANHIA AMBIENTAL  
DO ESTADO DE SÃO PAULO

Diretor-Presidente *Carlos Roberto dos Santos*

Diretoria de Gestão Corporativa,  
em exercício *Carlos Roberto dos Santos*

Diretoria de Controle e  
Licenciamento Ambiental *Geraldo do Amaral*

Diretoria de Avaliação de  
Impacto Ambiental *Ana Cristina Pasini da Costa*

Diretoria de Engenharia e  
Qualidade Ambiental *Eduardo Luis Serpa*

CETESB • COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

#### **MISSÃO**

Promover e acompanhar a execução das políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável, assegurando a melhoria contínua da qualidade do meio ambiente de forma a atender às expectativas da sociedade no Estado de São Paulo.

#### **VISÃO**

Aprimorar os padrões de excelência de gestão ambiental e os serviços prestados aos usuários e à população em geral, assegurando a superação da atuação da CETESB como centro de referência nacional e internacional, no campo ambiental e na proteção da saúde pública.

#### **VALORES**

Os valores, princípios e normas que pautam a atuação da CETESB, estão estabelecidos no seu Código de Ética e Conduta Profissional.





## MÓDULO 2 - VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA E OBJETIVOS DO DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DA ÁGUA

MATERIAL DE APOIO DOS CURSOS:

- **COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO**
- **MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

### **Coordenação Técnica**

Geog. Dra. Carmen Lucia Vergueiro Midaglia

Biol. Dr. Claudio Roberto Palombo

### **Docente**

Eng. San. Gabriela Mello

São Paulo, Abril de 2017

### **CETESB**

**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**

Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345 - Alto de Pinheiros -

CEP: 05459-900 - São Paulo - SP

<http://www.cetesb.sp.gov.br> / e-mail: [curso@czesbnet.sp.gov.br](mailto:curso@czesbnet.sp.gov.br)

<https://www.facebook.com/escolasuperiordacetesb/>

### **INSTITUIÇÕES ORGANIZADORAS:**

ANA - Agência Nacional de Águas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

ABC/MRE – Agência Brasileira de Cooperação/Ministério das Relações Exteriores

### **INSTITUIÇÕES COLABORADORAS:**

OTCA - Organização do Tratado de Cooperação Amazônica

ONU Meio Ambiente – Programa GEMS/Água

#### **Carlos Ibsen Vianna Lacava**

Gerente do Departamento de Apoio Operacional - ET

#### **Tânia Mara Tavares Gasi**

Gerente da Divisão de Gestão do Conhecimento - ETG

#### **Irene Rosa Sabiá**

Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento ETGC

#### **Coordenação Executiva**

Claudia Maria Zarafin Bairão e Carolina Regina Moraes

#### **Equipe Técnica do ETGC:**

Rita de Cassia Guimarães e Yoshie Watanabe Takahashi.

Esta apostila foi diagramada pelo **ETGC - Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento**  
Editoração Gráfica: Rita de Cassia Guimarães - ETGC / Capa: Vera Severo / Impressão: Gráfica-CETESB

© CETESB, 2017

Este material destina-se a uso exclusivo dos participantes dos Cursos e Treinamentos Práticos Especializados, sendo expressamente proibida a sua reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

## APRESENTAÇÃO

A água, um dos bens mais importantes para a atividade biológica, sendo procurada por todo o universo como algo imprescindível para a vida é, infelizmente, tratada de forma inconsequente pela maioria da humanidade.

Na percepção humana, a água é infinita e inesgotável. Desta forma, trata-a de forma incorreta dentro dos conceitos ecológicos.

A fim de mudar esta característica de comportamento, o pleno entendimento da correlação água – qualidade e quantidade versus usos múltiplos devem ser plenamente compreendidos, de modo a se deixar para as próximas gerações possibilidades de sobrevivência com uma comunhão entre as suas necessidades básicas e a preservação do meio ambiente.

A concepção de um curso desta magnitude indica que há necessidade de uma progressão contínua de conhecimento que exige, para o pleno entendimento da natureza e a presença humana, tópicos que paulatinamente levam a compreensão de um ambiente aquático natural (cada vez mais raro) até as alterações progressivas advindas, tanto externas como do metabolismo interno no ecossistema hídrico.

Portanto, baseado nestas conceituações iniciais, o curso direcionar-se-á para o conhecimento dos diversos tipos de ambientes aquáticos e seus principais compartimentos, enfatizando-se características intrínsecas inorgânicas e orgânicas, correlações entre alterações de origem autóctones e alóctones, considerando-se, a princípio, ambientes naturais sem nenhuma interferência antrópogênica.

Dessa forma, progressivamente, o conhecimento adquirido em cada um dos módulos do curso orientará para uma compreensão, cada vez mais intensa, das ações humanas no equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

**Geog. Dra. Carmen Lucia Vergueiro Midaglia**

**Biol. Dr. Claudio Roberto Palombo**

Coordenação Técnica

---



---

**Carmen Lucia V. Midaglia**  
([cmidaglia@sp.gov.br](mailto:cmidaglia@sp.gov.br))

Possui graduação em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP -Depto Geografia (1984), e graduação em Tradutor e Interprete - Inglês pela Faculdade Ibero-Americana de Letras e Ciências Humanas (1982). Fez pos-graduação em “Rural and Land Ecology Survey” pelo ITC- Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) of the University of Twente, em Enschede, na Holanda. Obteve Mestrado em Geografia Humana pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP - Depto Geografia (1994). Tem experiência em Meio Ambiente, com ênfase em Monitoramento da qualidade de águas. Em 2009 concluiu Doutorado na FFLCH-Geografia, com a proposta de um Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento das Águas Superficiais - IAEM, com ênfase em gerenciamento espacial do Recursos Hídricos e sua relação com o crescimento populacional, evidenciando vulnerabilidades causadas pela pressão antropica.




---

**Claudio Roberto Palombo**  
([cpalombo@sp.gov.br](mailto:cpalombo@sp.gov.br))

Biólogo da CETESB desde 1980. Formado pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Licenciatura e Bacharelado em Ecologia (1978). Mestrado (1989) e Doutorado (1997) pelo Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Experiente em Limnologia com ênfase em ambientes alterados. Professor Universitário e Analista Técnico dos Projetos FEHIDRO relativos aos ecossistemas aquáticos. Desenvolveu metodologias de controle integrado de ervas daninhas aquáticas.




---

**Gabriela de Sá Leitão de Mello**  
([gabrielaleitao@hotmail.com](mailto:gabrielaleitao@hotmail.com))

Engenheira Sanitarista pelo Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia (2001) e Mestre em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2005). De agosto de 2007 a setembro de 2012, foi analista ambiental da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, trabalhando nas áreas de qualidade de água e de licenciamento e fiscalização. De 2002 a 2015, foi professora do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia e, de 2005 a 2015, da Faculdade de Engenharia do Centro Universitário da Fundação Santo André. Lecionou disciplinas de graduação, como Introdução à Engenharia Ambiental, Poluição Ambiental e Saneamento, e de pós-graduação. Em 2012 iniciou o doutorado na Faculdade de Saúde Pública da USP, cumpriu todos os créditos, mas trancou a matrícula em 2014 por motivo de mudança de país. Em 2015, lecionou em duas universidades do Peru: Pontificia Universidad del Peru - PUCP e Universidad Científica del Sur. Atualmente trabalha na consultoria Golder Associates como Especialista em Qualidade de Água.





## SUMÁRIO

<b>VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA E OBJETIVOS DO DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>	
- Eng. San. Gabriela Mello .....	11
<b>Introdução</b> .....	13
<b>Capítulo 1</b>	
Variáveis Físicas de Qualidade da Água .....	15
<b>Capítulo 2</b>	
Variáveis Químicas de Qualidade da Água .....	24
<b>Capítulo 3</b>	
Tipos de diagnóstico: atendimento a emergências, atividades de fiscalização, análise de tendências, avaliação de impacto, análise de conformidade aos padrões legais .....	48
<b>Referência Bibliográfica</b> .....	58
<b>Lista de Tabelas</b>	
<b>Tabela 1</b> - Teor de saturação de oxigênio dissolvido na água doce, ao nível do mar, em diferentes temperaturas (em mg/L) (Derísio, 1992) .....	24
<b>Tabela 2</b> - Concentrações e cargas de DBO em diferentes tipos de efluentes (Braille e Cavalcanti, 1993) .....	28
<b>Lista de figuras</b>	
<b>Figura 1</b> - Diferença de tonalidade de cor causada por fontes naturais no encontro do Rio Negro com o Rio Amazonas (Foto: A. Camolez, 2011) .....	15
<b>Figura 2</b> - Procedimento para determinação da cor no espectrofotômetro do Laboratório da CETESB. Foto: R. Rossetti (2017) .....	16
<b>Figura 3</b> - Distribuição das partículas em uma amostra de água .....	16
<b>Figura 4</b> - Prejuízo estético na água tratada (Disponível em: < <a href="http://avozdoportoal.blogspot.com.br/2015/01/agua-barrenta-continua-sem-solucao.html">http://avozdoportoal.blogspot.com.br/2015/01/agua-barrenta-continua-sem-solucao.html</a> > Acesso em ago. 2016) .....	17
<b>Figura 5</b> - Frações de sólidos (Disponível em: < <a href="http://www.c2o.pro.br/analise_agua/a1833.html">http://www.c2o.pro.br/analise_agua/a1833.html</a> > Acesso em agosto de 2016) .....	19
<b>Figura 6</b> - Cone Imhoff utilizado na determinação da quantidade de Sólidos Sedimentáveis no Laboratório de Química Inorgânica da CETESB. Foto: C.L. Midaglia, 2017 .....	20
<b>Figura 7</b> - Disco de Secchi (Disponível em: < <a href="http://www.corporacionsystemar.com/producto/138-disco.-secchi">http://www.corporacionsystemar.com/producto/138-disco.-secchi</a> > Acesso em ago. 2016) .....	21
<b>Figura 8</b> - Utilização do Disco de Secchi (Disponível em: < <a href="http://www.ebah.com.br/content/ABAAABdHEAE/parametros-qualidade-agua">http://www.ebah.com.br/content/ABAAABdHEAE/parametros-qualidade-agua</a> > Acesso em ago. 2016) .....	21
<b>Figura 9</b> - Concentrações de Oxigênio Dissolvido com relação à biodiversidade (Disponível em: < <a href="http://www.quimlab.com.br/guidadoselementos/variaveis_quimicas.htm">http://www.quimlab.com.br/guidadoselementos/variaveis_quimicas.htm</a> > Acesso em: ago. 2016) .....	26
<b>Figura 10</b> - Autodepuração em um corpo d'água (Disponível em: < <a href="http://slideplayer.com.br/slide/358980/">http://slideplayer.com.br/slide/358980/</a> > Acesso em ago. 2016) .....	27
<b>Figura 11</b> - Reação ocorrida na determinação da DQO (Disponível em: < <a href="http://slideplayer.com.br/slide/9162028/">http://slideplayer.com.br/slide/9162028/</a> > Acesso em ago. 2016) .....	28
<b>Figura 12</b> - Exemplo de corpo hídrico eutrofizado, com crescimento excessivo de algas (Acervo Banco Interáguas-CETESB) .....	33
<b>Figura 13</b> - Incrustação em rede de água (Disponível em: < <a href="http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/08/inscrustacao-em-caldeiras.html">http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/08/inscrustacao-em-caldeiras.html</a> > Acesso em ago. 2016) .....	33
<b>Figura 14</b> - Bioacumulação causada pelo Mercúrio (Disponível em: < <a href="http://scienceblogs.com.br/rastrodecarbono/2013/01/rastro-de-mercurio/">http://scienceblogs.com.br/rastrodecarbono/2013/01/rastro-de-mercurio/</a> > Acesso em ago. 2016) .....	36

## SUMÁRIO

<b>Figura 15</b> - Intrusão da Cunha Salina (B) (Disponível em: < <a href="http://www.tnh1.com.br/noticias/noticias-detalle/meio-ambiente/250-mil-a-beira-do-colaso-crise-hidrica-avanca-degrada-reservas-e-cria-ilhas-de-desabastecimento-em-maceio/?chash=ff51354ca59fe0f719d2a7d1e68a894f">http://www.tnh1.com.br/noticias/noticias-detalle/meio-ambiente/250-mil-a-beira-do-colaso-crise-hidrica-avanca-degrada-reservas-e-cria-ilhas-de-desabastecimento-em-maceio/?chash=ff51354ca59fe0f719d2a7d1e68a894f</a> > Acesso em ago. 2016) .....	37
<b>Figura 16</b> - Fotos da espuma formada Barragem da Usina Hidrelétrica São Pedro, em Itu. (C.L.Midaglia, 2015) .....	43
<b>Figura 17</b> - Gráfico de meios atingidos nas ocorrências de emergências químicas atendidas pela CETESB em 2015 (SIEQ, 2017) .....	48
<b>Figura 18</b> - Evolução no número de ocorrências registradas de mortandades de peixes no período de 2010 a 2015 (CETESB, 2016) .....	49
<b>Figura 19</b> - Proporção entre as causas das mortandades de peixes atendidas no período de 2010 a 2015, pela CETESB (CETESB, 2016) .....	49
<b>Figura 20</b> - Sistemas de esgotamento separador e combinado (Von Sperling 2005) .....	50
<b>Figura 21</b> - Fontes de poluição pontual e difusa e exemplos de pontos para amostragem de água (adaptado de Von Sperling 2005) .....	51
<b>Figura 22</b> - Média de DBO <sub>5,30</sub> (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008) .....	52
<b>Figura 23</b> - Média do Nitrogênio Amoniacal (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008) .....	52
<b>Figura 24</b> - Média de Fósforo Total (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008) .....	53
<b>Figura 25</b> - Média do Níquel (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008) .....	53
<b>Figura 26</b> - Média do Zinco (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008) .....	53
<b>Figura 27</b> - Exemplo hipotético de variação de um parâmetro de qualidade ao longo do tempo (SANCHEZ, 2006) .....	54

**VARIÁVEIS DE QUALIDADE  
DA ÁGUA E OBJETIVOS  
DO DIAGNÓSTICO DE  
QUALIDADE DA ÁGUA**

**ENG. SAN. GABRIELA MELLO**

*Cadernos da  
Gestão do Conhecimento*



## VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA E OBJETIVOS DO DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE DA ÁGUA

### Introdução

A qualidade da água nos corpos hídricos é resultante de condições naturais e de atividades antrópicas presentes no entorno. Assim, em uma bacia hidrográfica, o seu nível de preservação, o uso e a ocupação do solo da área, as características do solo e os tipos de cobertura vegetal existentes determinam a qualidade da água.

Mesmo em uma bacia hidrográfica preservada, por exemplo, há carreamento natural de sólidos em suspensão para o corpo d'água, que podem aumentar os níveis de Turbidez da água. As atividades antrópicas, por sua vez, podem causar alterações mais intensas na qualidade de água, tanto de forma pontual, como o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, como de maneira difusa, pela aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, que, na ocorrência de chuva, escoam para os corpos d'água superficiais ou infiltram no solo.

Nos capítulos 1 e 2 deste módulo do curso serão discutidos com detalhes algumas das principais variáveis de qualidade da água, também chamadas de indicadores ou parâmetros de qualidade. Cabe ressaltar que existem centenas de variáveis de qualidade de água e que a escolha de quais serão definidas para avaliar a qualidade de um corpo d'água vai depender do objetivo, como, por exemplo, a verificação da compatibilidade da qualidade da água com o seu uso previsto, e dos recursos existentes. Em um programa de monitoramento para o acompanhamento periódico de qualidade de água, a seleção de variáveis deve levar em consideração a legislação aplicável e aqueles parâmetros de relevância para a região. Para facilitar a comunicação com o público, órgãos de controle ambiental podem converter os resultados das análises em índices de qualidade de água. Como exemplo, no Brasil, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB aplica os seguintes índices aos resultados obtidos no programa de monitoramento:

- IQA – Índice de Qualidade das Águas
- IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público
- IET – Índice do Estado Trófico
- IVA – Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas

Neste módulo, serão estudadas as seguintes variáveis físicas: Turbidez, Cor Verdadeira, Série de Sólidos, Condutividade, Temperatura e Transparência; e químicas: Oxigênio Dissolvido, Matéria Orgânica (DBO, DQO, COD e COT) Nutrientes (formas de Nitrogênio e formas de Fósforo), pH, Metais (Alumínio, Manganês, Ferro, Arsênio, Bário, Cádmio, Cromo, Cobre, Cobalto, Chumbo, Mercúrio, Prata, Níquel, Selênio e Zinco), Cloreto, Alcalinidade Total, Sulfato, Dureza, Fluoreto, Óleos e Graxas, Compostos Fenólicos, Detergentes, Pesticidas Organoclorados,

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HPAs, Potencial de Formação de Trialometanos, Bifenilas Policloradas PCBs e Poluentes Emergentes.

Alterações na qualidade das águas, verificadas pelas mudanças nos níveis dos parâmetros de qualidade, podem restringir seus usos previstos, causando danos à vida aquática, trazendo riscos à saúde da população e prejuízos econômicos. No Brasil, a [Resolução CONAMA 357 de 2005](#) é legislação que determina as cinco classes para água doce em função de seus usos previstos, estabelecendo padrões de qualidade para cada uma delas. A Classe Especial pressupõe usos mais nobres, como o abastecimento público e a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, e a Classe 4, os menos nobres. A [Resolução CONAMA 430/2011](#) estabelece os padrões para lançamento de efluentes em corpos d'água. Dessa forma, ambas serão referências fundamental para o desenvolvimento deste módulo do curso, especialmente no Capítulo 3.

As principais referências utilizadas na elaboração deste módulo foram Piveli (2007) e CETESB (2016), além das daquelas listadas em Referências Bibliográficas.

## Capítulo 1

### Variáveis Físicas de Qualidade da Água

Os principais indicadores de qualidade de água utilizados para a caracterização física são: Cor Verdadeira, Condutividade, Frações de Sólidos, Transparência, Turbidez e a Temperatura.

#### a) Cor Verdadeira

A Cor Verdadeira de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente, e de material em estado coloidal, orgânico e inorgânico. A cor pode ser proveniente de fontes naturais (Figura 1), como:

- Decomposição parcial da vegetação (ácido húmico e ácido fúlvico) e
- Óxidos de Ferro e Manganês presentes naturalmente no solo.



**Figura 1** - Diferença de tonalidade de cor causada por fontes naturais no encontro do Rio Negro com o Rio Amazonas (Foto: A. Camolez, 2011).

Ou antrópicas

- Esgotos domésticos;
- Efluentes de indústrias de celulose e papel (lignina e celulose), têxteis (anilinas) e de curtumes (taninos).

É importante diferenciar a Cor Verdadeira (ou Real) da Cor Aparente. (Figura 2):

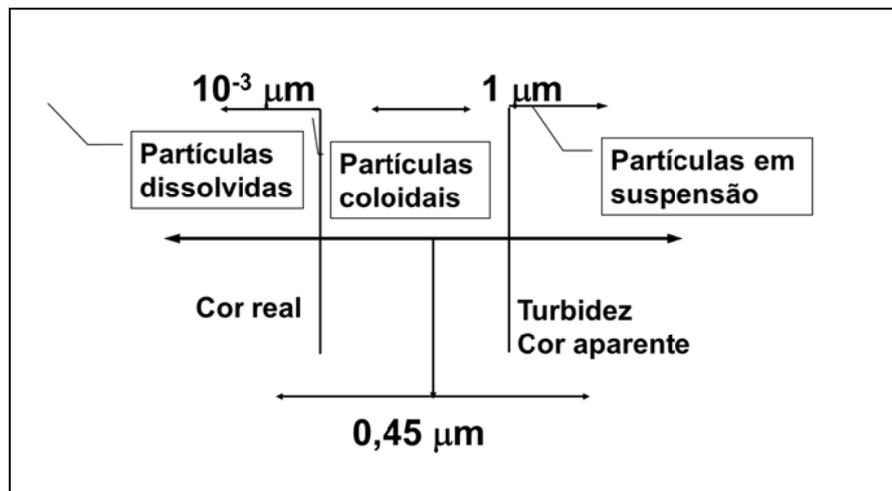
A Cor Verdadeira (ou Real) é determinada a partir de uma amostra que foi filtrada em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  para a remoção dos sólidos em suspensão (aqueles maiores que 1  $\mu\text{m}$ ), já que a Cor Verdadeira está associada somente aos sólidos dissolvidos

(menores que  $10^{-3} \mu\text{m}$ ) e parte dos coloidais (partículas de tamanho intermediário, entre  $1$  e  $10^{-3} \mu\text{m}$ ), como indica a Figura 3.

A Cor Aparente é aquela medida em uma amostra que não foi submetida à filtração, ou seja, aquela amostra que possui as partículas em suspensão, coloidais e dissolvidas.



**Figura 2** - Procedimento para determinação da cor no espectrofotômetro do Laboratório de Química Inorgânica da CETESB Foto: R. Rossetti (2017)



**Figura 3** - Distribuição das partículas em uma amostra de água.

Apesar de a determinação das frações de sólidos não esclarecer nada sobre a natureza das partículas, é prática e rápida.

Na rede de monitoramento da CETESB, é importante ressaltar que a coloração anotada na ficha de coleta consiste basicamente na observação visual do técnico de coleta no instante da amostragem. A coloração é um parâmetro de campo.

#### Importância da variável:

- A cor causa prejuízo estético na água de abastecimento público (Figura 4). Assim, o limite estabelecido no Brasil pelo Padrão de Potabilidade ([Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde](#)) é de 15 mg Pt-Co . L<sup>-1</sup>.



**Figura 4** - Prejuízo estético na água tratada (Disponível em: <http://avozdoportoal.blogspot.com.br/2015/01/agua-barrenta-continua-sem-solucao.html>> Acesso em ago. 2016).

- Nas Estações de Tratamento de Água, a cor é um parâmetro de controle dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração.
- A redução da penetração de luz em corpos d'água podem causar desequilíbrios ecológicos. Assim, na Resolução CONAMA 357/2005, o limite de Cor Verdadeira para corpos d'água Classe 2 é de 75 mg Pt . L<sup>-1</sup> (comparação visual: Método Platina – Cobalto).
- A cor é uma variável de qualidade pouco usada nas Estações de Tratamento de Esgotos.

#### b) Condutividade

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Ela depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes em água doce.

### Importância da variável:

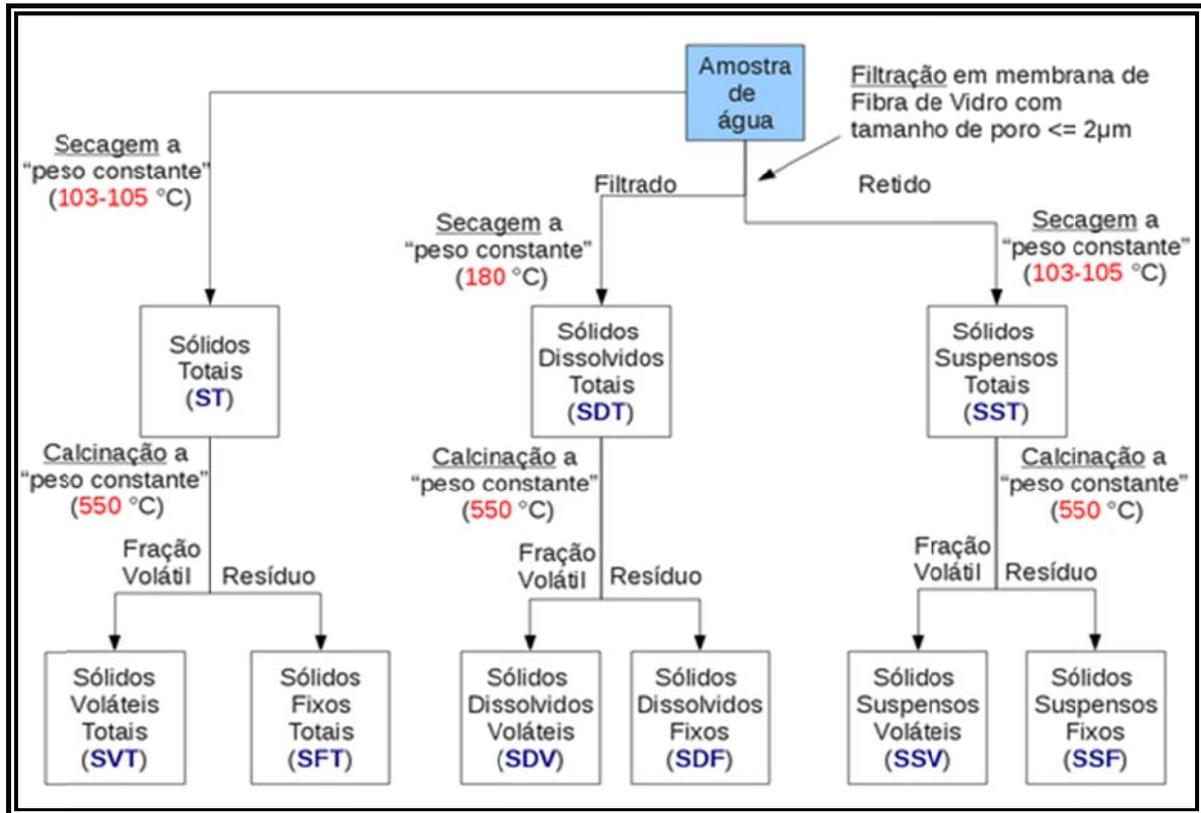
Em geral, níveis superiores a  $100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água. Na legislação brasileira, ou seja, na [Resolução CONAMA 357 de 2005](#) não se estabelecem limites para a condutividade.

### c) Série de Sólidos

Os sólidos totais em uma amostra de água ou efluente correspondem a toda a matéria que permanece como resíduo, após evaporação da água e secagem em estufa a  $102^\circ\text{C}$ . Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação ( $550\text{-}600^\circ\text{C}$ ) e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água, que podem ser classificadas da seguinte forma:

- Características Físicas - Tamanho:
  - Suspensão
  - Coloidais
  - Dissolvidos
- Características Químicas:
  - Sólidos voláteis (orgânicos)
  - Sólidos fixos (inorgânicos)

Os métodos empregados para a determinação das nove frações de sólidos são gravimétricos, utilizando-se balança analítica ou de precisão (Figura 5).



**Figura 5** - Frações de sólidos (Disponível em: <[http://www.c2o.pro.br/analise\\_agua/a1833.html](http://www.c2o.pro.br/analise_agua/a1833.html)> Acesso em agosto de 2016).

### Importância da variável:

Na caracterização de águas naturais ou de efluentes domésticos e industriais, as determinações das concentrações das diversas frações de sólidos não são definitivas para se entender o comportamento da água ou efluente em questão, mas constitui-se em uma informação preliminar importante. Deve ser destacado, por exemplo, que, embora a concentração de sólidos voláteis seja associada à presença de compostos orgânicos na água, não propicia qualquer informação sobre a natureza específica das diferentes moléculas orgânicas eventualmente presentes. Além disso, uma parte das moléculas orgânicas pode iniciar o processo de volatilização em temperaturas diferentes da faixa de referência de 550-600 °C (mantida durante a etapa de calcinação). Alguns compostos orgânicos volatilizam-se a partir de 250 °C, enquanto outros exigem, por exemplo, temperaturas superiores a 1000 °C.

Além das nove frações de sólidos anteriormente descritas, existe uma outra fração importante que é a de Sólidos Sedimentáveis. A determinação desta fração é realizada utilizando-se um Cone Imhoff, como mostra a Figura 6. A unidade é expressa em mL. L<sup>-1</sup>.



**Figura 6** - Cone Imhoff utilizado na determinação da quantidade de Sólidos Sedimentáveis no Laboratório de Química Inorgânica da CETESB. Foto: C.L. Midaglia, 2017

Para o recurso hídrico, os sólidos sedimentáveis podem causar danos aos peixes, causando entupimento de suas brânquias, e à vida aquática. Podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Assim, de acordo com o [Decreto 8468](#), o Estado de São Paulo estabelece dois padrões de emissão para esta variável: de  $1 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ , para lançamento diretamente no corpo de água (Artigo 18) e de  $20 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ , para lançamento na rede coletora, provida de tratamento (Artigo 19-A).

A fração Sólidos Dissolvidos também possui padrão de qualidade em águas naturais no Brasil. De acordo com a [Resolução CONAMA 357 de 2005](#), para corpos d'água Especial o limite é de  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

#### **d) Transparência**

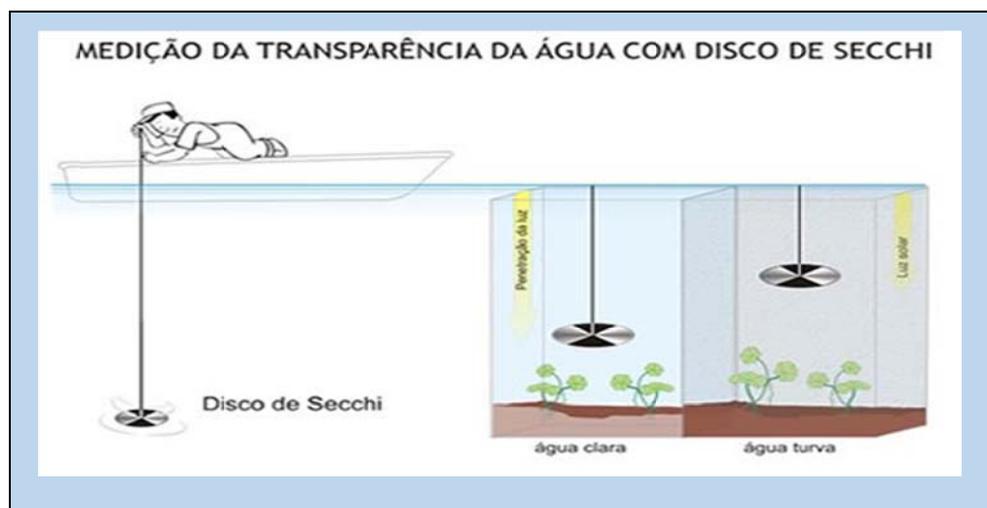
Esta variável é determinada utilizando-se o disco de Secchi (Figura 7), que é mergulhado na água até a profundidade em que não seja mais possível visualizá-lo. Assim, é possível determinar a profundidade da zona fótica em corpos d'água lênticos, especialmente.

#### **Importância da variável:**

A partir da medida do disco de Secchi, é possível estimar a profundidade da zona fótica em lagos ou lagoas, ou seja, a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água, que indica o nível da atividade fotossintética de lagos ou reservatórios (Figura 8). Tal profundidade é influenciada pela concentração de sólidos em suspensão presentes no corpo d'água.



**Figura 7 - Disco de Secchi** (Disponível em:  
<<http://www.corporacionsystemar.com/producto/138-disco.-secchi>> Acesso em ago. 2016)



**Figura 8 - Utilização do Disco de Secchi** (Disponível em:  
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABdHEAE/parametros-qualidade-agua>> Acesso em ago. 2016).

### e) Turbidez

A turbidez de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão (aqueles maiores que  $1 \mu\text{m}$ , de acordo com a Figura 3), que podem ser de origem natural, por exemplo:

- Algas, dejetos orgânicos, microrganismos
- Areia, silte e argila

Ou de origem antrópica:

- Lançamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais
- Drenagem urbana
- Processos erosivos
- Atividades de mineração

Apesar de a determinação da Turbidez não ser específica, ou seja, não indicar a composição das partículas, é uma determinação prática e rápida.

#### **Importância da variável:**

- Há prejuízo estético na água de abastecimento público. Assim, o limite estabelecido no Brasil, pela Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde, é de 5 UNT.
- Nas Estações de Tratamento de Água para Abastecimento Público, é uma variável importante no controle dos processos de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção (a Turbidez pode servir de abrigo aos microrganismos, diminuindo a eficiência da desinfecção).
- Nas águas naturais, a Turbidez reduz a penetração de luz, prejudicando a fotossíntese, o que pode reduzir ou suprimir a produtividade de peixes, por exemplo. Assim, na Resolução CONAMA 357/2005, o limite de turbidez para corpos d'água Classe 2, por exemplo, é de 100 UNT.

#### **f) Temperatura**

Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical, como apresentado no Módulo I. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas e nucleares.

A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Elevações de temperatura também diminuem a solubilidade de gases na água, aumentam a velocidade das reações físicas, químicas e biológicas e aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro.

### **Importância da variável:**

- Manutenção da vida aquática, uma vez que organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, preferência por determinados gradientes térmicos e limitações de certas temperaturas para migração, desova e incubação do ovo etc. Dessa forma, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece como padrão de emissão o seguinte: “temperatura: inferior a 40° C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3° C na zona de mistura.”.
- A Temperatura é uma variável importante no controle de processos biológicos de tratamento.

## Capítulo 2

### Variáveis Químicas de Qualidade da Água

Algumas das principais variáveis químicas indicadoras da qualidade da água são: Oxigênio Dissolvido, Matéria Orgânica (DBO, DQO, COD e COT) Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo em suas diferentes formas), pH, Metais (Alumínio, Manganês, Ferro, Arsênio, Bário, Cádmio, Cromo, Cobre, Cobalto, Chumbo, Mercúrio, Prata, Níquel, Selênio e Zinco), Cloreto, Alcalinidade Total, Sulfato, Dureza, Fluoreto, Óleos e Graxas, Compostos Fenólicos, Detergentes, Pesticidas Organoclorados, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HPAs, Potencial de Formação de Trihalometanos, Bifenilas Policloradas – PCBs e Poluentes Emergentes.

#### a) Oxigênio Dissolvido

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura:

$$CSAT = \alpha \cdot p_{gás}$$

Onde:

$\alpha$  é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e  **$p_{gás}$**  é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido.

No caso do oxigênio, ele é constituinte de 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo,  $\alpha$  é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a  $43,9 \times 0,21 = 9,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . É muito comum encontrar na literatura tabelas de concentrações de saturação de oxigênio em função da temperatura, pressão e salinidade da água, como o exemplo da Tabela 1.

Temperatura (°C)	Altitude (m)				
	0	250	500	750	1000
0	14,6	14,2	13,8	13,3	12,9
2	13,8	13,4	13,0	12,6	12,2
4	13,1	12,7	12,3	12,0	11,6
6	12,5	12,1	11,7	11,4	11,0
8	11,9	11,5	11,2	10,8	10,5
10	11,3	11,0	10,7	10,3	10,0
15	10,2	9,9	9,5	9,3	9,0
20	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1
25	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4
30	7,6	7,4	7,2	7,0	6,7

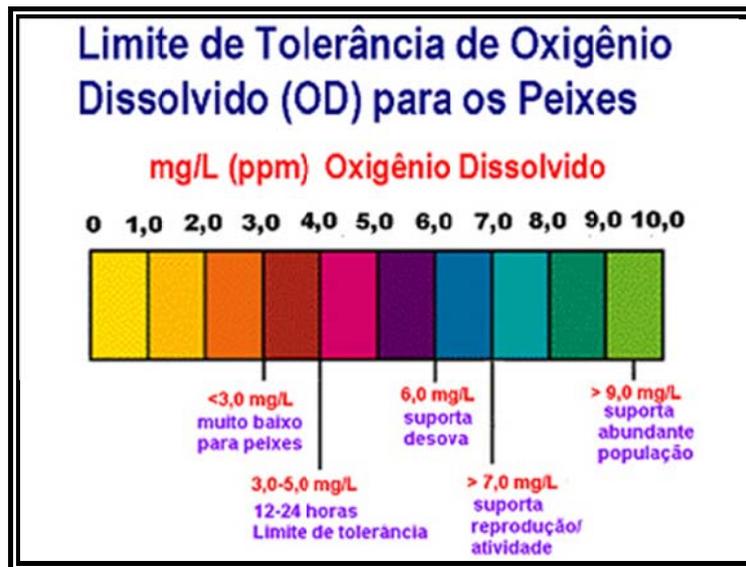
**Tabela 1** - Teor de saturação de oxigênio dissolvido na água doce, ao nível do mar, em diferentes temperaturas (em mg/L) (Derísio, 1992).

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade do corpo d'água. Assim, a taxa de reaeração superficial em uma cascata (queda d'água) é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, com a velocidade normalmente bastante baixa.

Outra fonte importante de oxigênio nas águas é a fotossíntese de algas. 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. Assim, a contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido.

O Oxigênio Dissolvido é um importante indicador do nível de poluição de corpos d'água. Normalmente, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. A concentração de Oxigênio Dissolvido é diretamente proporcional à biodiversidade no meio aquático, sendo a Figura 9 um exemplo, já que estas concentrações podem variar dependendo das condições do corpo d'água.

Num corpo d'água eutrofizado, no entanto, o crescimento excessivo de algas pode mascarar a avaliação do nível de poluição, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido. Um corpo d'água com crescimento excessivo de algas 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 da água, nos quais podem se formar crostas verdes de algas na superfície (Figura 13). No entanto, no período noturno, o consumo de Oxigênio Dissolvido pelas algas pode reduzir seus níveis e causar mortandade de peixes.



**Figura 9** - Concentrações de Oxigênio Dissolvido com relação à biodiversidade (Disponível em: <[http://www.quimlab.com.br/guiaelementos/variaveis\\_quimicas.htm](http://www.quimlab.com.br/guiaelementos/variaveis_quimicas.htm)> Acesso em: ago. 2016).

## b) Matéria Orgânica

O consumo de oxigênio dissolvido na água aumentará quanto maior for a concentração de matéria orgânica biodegradável presente, já que os microrganismos aeróbios necessitam de oxigênio para degradá-la. Matéria orgânica vegetal, animal e os próprios microrganismos constituem as principais fontes naturais de matéria orgânica. Fontes antropogênicas de matéria orgânica, não só biodegradável, são: esgotos domésticos, efluentes industriais e a drenagem urbana e agrícola.

Pode-se dizer que houve uma evolução histórica na determinação da matéria orgânica em amostras de água e efluentes. No início, determinavam-se os Sólidos Voláteis, depois a Demanda Bioquímica de Oxigênio -  $DBO_{5,20}$  e em seguida a Demanda Química de Oxigênio - DQO. A  $DBO_{5,20}$  e a DQO são medidas indiretas da matéria orgânica presente em uma amostra, ou seja, os resultados dessas determinações são expressados em  $mg\ O_2/L$ . Finalmente, hoje já é possível determinar diretamente a matéria orgânica presente em uma amostra, através do Carbono Orgânico Total - COT e do Carbono Orgânico Dissolvido - COD.

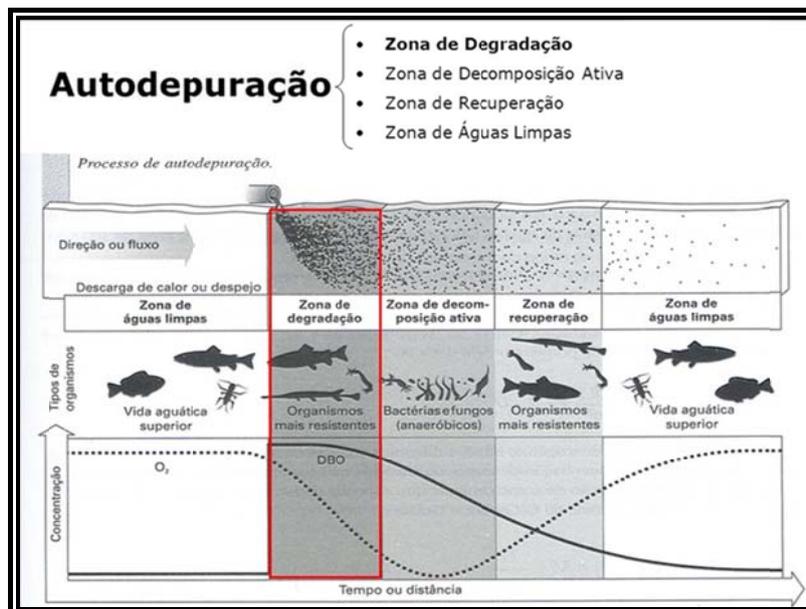
### o Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica é a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos degradem (oxidem) a matéria orgânica para uma forma inorgânica estável. A  $DBO_{5,20}$  é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de  $20^{\circ}C$  é frequentemente usado e referido como  $DBO_{5,20}$ . Assim, ela indica, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando mortandade de peixes e outras formas de vida aquática.

De acordo com a [Resolução CONAMA 357 de 2005](#), que estabelece os padrões de classificação de águas naturais, os limites de DBO<sub>5,20</sub> para corpos d'água classe 1, 2 e 3 são respectivamente 3, 5 e 10 mg . L<sup>-1</sup>.

No campo do tratamento de esgotos, a DBO é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como físico-químicos (embora de fato ocorra demanda de oxigênio apenas nos processos aeróbios, a demanda "potencial" pode ser medida à entrada e à saída de qualquer tipo de tratamento). Na CONAMA 430 de 2011, é exigida uma eficiência mínima do processo de tratamento igual a 60%. Esta variável também é base para estudos de autodepuração natural (Figura 10).



**Figura 10** - Autodepuração em um corpo d'água (Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/358980/> Acesso em ago. 2016)

A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc. A carga de DBO é produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. Por exemplo, em uma indústria já existente, em que se pretenda instalar um sistema de tratamento, pode-se estabelecer um programa de medições de vazão e de análises de DBO para a obtenção da carga. O mesmo pode ser feito em um sistema de esgotos sanitários já implantado. Na impossibilidade, costuma-se recorrer a valores unitários estimativos. No caso de esgotos sanitários, é

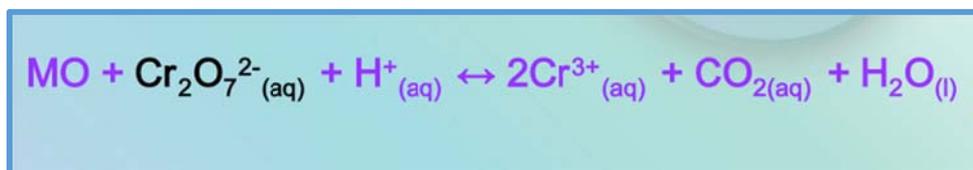
tradicional no Brasil a adoção de uma contribuição “per capita” de  $DBO_{5,20}$  de  $54 \text{ g.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Porém, há a necessidade de melhor definição deste parâmetro através de determinações de cargas de  $DBO_{5,20}$  em bacias de esgotamento com população conhecida. No caso dos efluentes industriais, também se costuma estabelecer contribuições unitárias de  $DBO_{5,20}$  em função de unidades de massa ou de volume de produto processado. Na Tabela 2 são apresentados valores típicos de concentração e contribuição unitária de  $DBO_{5,20}$  para diferentes tipos de efluentes.

TIPO DE EFLUENTE	CONCENTRAÇÃO $DBO_{5,20}$ (mg / L)		CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA $DBO_{5,20}$ (kg/día)	
	FAIXA	VALOR TÍPICO	FAIXA	VALOR TÍPICO
Esgoto sanitário	110-400	220	---	54 g/hab.día
Celulose branqueada (processo kraft)		300	29,2 a 42,7 kg/t	
Têxtil	250-600			
Laticínio	1.000-1.500		1.5-1.8 kg/m <sup>3</sup> leite	
Abatedouro bovino		1.12!		6,3 kg/1.000 kg peso vivo
Curtume (ao cromo)	2.500			88 kg/t piel salgada
Cervejaria	1.611-1.784	1.718		10,4 kg/m <sup>3</sup> cerveja
Refrigerante	940-1.335	1.188		4,8 kg/m <sup>3</sup> refrigerante
Suco cítrico concentrado	2.100-3.000			2,0 kg/1000 kg laranja
Açúcar e álcool		25.000		

**Tabela 2** - Concentrações e cargas de DBO em diferentes tipos de efluentes (Braille e Cavalcanti, 1993).

- Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio (Figura 11).



**Figura 11** - Reação ocorrida na determinação da DQO (Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/9162028/>> Acesso em ago. 2016)

Os valores da DQO normalmente são maiores que os da  $DBO_{5,20}$ , sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial.

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada

conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Desta forma, os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relações DQO/DBO<sub>5,20</sub> de 3/1, por exemplo. Mas valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável.

A DQO tem demonstrado ser um parâmetro bastante eficiente no controle de sistemas de tratamentos anaeróbios de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Após o impulso que estes sistemas tiveram em seus desenvolvimentos a partir da década de 70, quando novos modelos de reatores foram criados e muitos estudos foram conduzidos, observa-se o uso prioritário da DQO para o controle das cargas aplicadas e das eficiências obtidas. A DBO nestes casos tem sido utilizada apenas como parâmetro secundário, mais para se verificar o atendimento à legislação, uma vez que tanto a legislação federal quanto a do Estado de São Paulo não incluem a DQO. Parece que os sólidos carregados dos reatores anaeróbios devido à ascensão das bolhas de gás produzidas ou devido ao escoamento, trazem maiores desvios nos resultados de DBO do que nos de DQO.

Outro uso importante que se faz da DQO é para a previsão das diluições das amostras na análise de DBO. Como o valor da DQO é superior e o resultado pode ser obtido no mesmo dia da coleta, essa variável poderá ser utilizado para balizar as diluições. No entanto, deve-se observar que a relação DQO/DBO<sub>5,20</sub> é diferente para os diversos efluentes e que, para um mesmo efluente, a relação altera-se mediante tratamento, especialmente o biológico. Desta forma, um efluente bruto que apresente relação DQO/DBO<sub>5,20</sub> igual a 3/1, poderá, por exemplo, apresentar relação da ordem de 10/1 após tratamento biológico, que atua em maior extensão sobre a DBO<sub>5,20</sub>.

- Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Orgânico Total (COT)

O carbono orgânico, presente nas águas brutas e residuárias, consiste de uma variedade de compostos orgânicos em diversos estados de oxidação. Alguns destes compostos de carbono podem ser oxidados por processos biológicos ou químicos, fornecendo respectivamente a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO). Existem dois tipos de carbono orgânico no ecossistema aquático: carbono orgânico particulado - COP e carbono orgânico dissolvido - COD. A análise de COT considera as parcelas biodegradáveis e não biodegradáveis da matéria orgânica, não sofrendo interferência de outros átomos que estejam ligados à estrutura orgânica, quantificando apenas o carbono presente na amostra. O carbono orgânico em água doce origina-se da matéria viva e também como componente de vários efluentes e resíduos. Sua importância ambiental deve-se ao fato de servir como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais. A parcela formada

pelos excretos de algas cianofíceas pode, em concentrações elevadas, tornar-se tóxica, além de causar problemas estéticos. O carbono orgânico total na água também é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico.

### **c) Nutrientes (Formas de Nitrogênio e Formas de Fósforo)**

Os principais nutrientes a serem considerados como indicadores da qualidade de águas doces são o Fósforo e o Nitrogênio. Ambos são chamados macro nutrientes, já que são exigidos em grandes quantidades pelas células. Assim, são parâmetros imprescindíveis em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

O fósforo aparece em águas naturais, devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

Como exemplo, no Brasil, as concentrações limites para o Fósforo Total em corpos de água Classe 2, de acordo com a CONAMA 357, são:

- 0,030 mg . L<sup>-1</sup> para corpos de água lênticos,
- 0,050 mg . L<sup>-1</sup> para intermediários e
- 0,1 mg . L<sup>-1</sup> para ambientes lóticos.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais.

Os ortofosfatos são biodisponíveis e, uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água. Entretanto, não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolizados por bactérias para ortofosfatos.

Com relação ao Nitrogênio, as fontes naturais desse nutriente nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte antrópica, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como

algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. A atmosfera é uma fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização.

Como visto, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Dessa forma, pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (Figura 10). Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição encontra-se próximo. Se prevalecerem o nitrito e o nitrato, as descargas de esgotos encontram-se mais distantes.

Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Além disso, como visto anteriormente, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil que é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  o valor máximo permitido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Quando descarregados nas águas naturais, os nutrientes, principalmente o fósforo e o nitrogênio, presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado. A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos.

O controle da eutrofização, através da redução do aporte de nitrogênio é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico, por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo.

Deve-se lembrar, também, de que os processos de tratamento de esgotos empregados atualmente no Brasil, geralmente, não contemplam a remoção de nutrientes e os efluentes finais tratados lançam elevadas concentrações destes nos corpos d'água.

Nos reatores biológicos das estações de tratamento de esgotos, o carbono, o nitrogênio e o fósforo têm que se apresentar em proporções adequadas para possibilitar o crescimento celular sem limitações nutricionais.

No tratamento de esgotos sanitários, estes nutrientes encontram-se em excesso, não havendo necessidade de adicioná-los artificialmente, ao contrário, o problema está em removê-los. Alguns efluentes industriais, como é o caso das indústrias de papel e celulose, são compostos basicamente de carboidratos, não possuindo praticamente nitrogênio e fósforo. Assim, a estes devem ser adicionados os nutrientes, de forma a perfazer as relações recomendadas, utilizando-se para isto ureia granulada, rica em nitrogênio e fosfato de amônia que possui nitrogênio e fósforo, dentre outros produtos comerciais.

#### **d) pH**

O pH representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. As alterações de pH podem ter origem natural, como a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, ou antropogênicas, como o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais. Rios podem apresentar pH baixo naturalmente, como acontece com o Rio Negro, principal afluente do Rio Amazonas.

#### **Importância da variável:**

- As variações do pH sobre os ecossistemas aquáticos podem ser diretos, devido aos efeitos que têm sobre a fisiologia das espécies, ou indiretos, contribuindo para a precipitação de metais tóxicos, por exemplo. Outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, no Brasil, estabelece-se a faixa de 6 a 9 para todas as classes de uso de águas naturais, de acordo com a Resolução CONAMA 357.
- O pH apresenta-se elevado em corpos d'água eutrofizados (Figura 12). Nesta condição, a amônia apresenta-se em grande parte na forma livre  $NH_3$ , tóxica aos peixes: De acordo com o equilíbrio,  $NH_3 + H^+ \leftrightarrow NH_4^+$ , elevando-se o pH das águas para um valor entre 11 e 12, o íon amônio converte-se quase que totalmente à forma gasosa,  $NH_3$ .

- No Brasil, de acordo com a Portaria 2914/11, o pH recomendado da água tratada deve variar de 6,0 a 9,0, pois águas ácidas são corrosivas e águas alcalinas são incrustantes (Figura 13).



**Figura 12** - Exemplo de corpo hídrico eutrofizado, com crescimento excessivo de algas (Acervo Banco Interáguas-CETESB).



**Figura 13** - Incrustação em rede de água (Disponível em: <http://inspecaoequipo.blogspot.com.br/2013/08/inscrustacao-em-caldeiras.html> Acesso em ago. 2016)

- O pH constitui-se também em padrão de emissão de esgotos e de efluentes líquidos industriais, sendo estabelecida a faixa de pH entre 5 e 9 para o lançamento direto nos corpos receptores, de acordo com a CONAMA 430/2011.

#### e) Metais:

##### Alumínio

O Alumínio e seus sais são usados como coagulantes no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel, alumínio, na indústria farmacêutica etc.

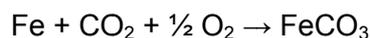
Na água, o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. As concentrações de Alumínio Dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg . L<sup>-1</sup>, mas aumentam para 0,5 - 1 mg . L<sup>-1</sup> em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de Alumínio Dissolvido podem ser maiores que 90 mg . L<sup>-1</sup>. Alguns compostos de Alumínio, como o AlCl<sub>3</sub> pode causar toxicidade em peixes e em outros organismos aquáticos.

Na água potável, os níveis desse metal variam de acordo com a fonte de água e com os coagulantes à base de Alumínio que são usados no tratamento da água. Estudos americanos mostraram que as concentrações de Alumínio, na água tratada com coagulante, variaram de 0,01 a 1,3 mg . L<sup>-1</sup>, com uma concentração média de 0,16 mg . L<sup>-1</sup>.

A principal via de exposição humana não ocupacional ao Alumínio é pela ingestão de alimentos e água. Não há indicações de que o Alumínio apresente toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, água potável e medicamentos. Também não há indicação de carcinogenicidade para o Alumínio. A Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde estabelece um valor máximo permitido de alumínio de 0,2 mg . L<sup>-1</sup> como padrão de aceitação para água de consumo humano (BRASIL, 2011).

##### Ferro

O Ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:



Nas águas superficiais, o nível de Ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos, e a ocorrência de processos de erosão das margens.

Efluentes industriais também têm sua contribuição, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido.

### Importância da variável:

- O Ferro pode causar sabor, odor e cor na água de abastecimento, além de manchas em louças e tecidos. Assim, o limite é de  $0,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  no Padrão de Potabilidade. Cabe ressaltar que o emprego de coagulantes a base de ferro pode provocar elevação em suas concentrações.
- No tratamento de águas para abastecimento público, deve-se destacar a influência da presença de ferro na etapa de coagulação e floculação. As águas que contêm ferro caracterizam-se por apresentar cor elevada e turbidez baixa. Os flocos formados geralmente são pequenos, ditos “pontuais”, com velocidades de sedimentação muito baixa. Em muitas estações de tratamento de água, este problema só é resolvido mediante a aplicação de cloro, na etapa denominada de pré-cloração. Através da oxidação do ferro pelo cloro, os flocos tornam-se maiores e mais fáceis de serem removidos.
- Na rede de distribuição de água tratada, pode haver formação de incrustações e desenvolvimento de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede.
- O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro.
- O padrão de emissão de efluentes para o Ferro Dissolvido, na Resolução CONAMA 430/2011 é de  $15 \text{ mg/L}$ .
- No tratamento biológico de esgotos, o ferro é um nutriente importante, estruturador de grânulos, flocos e biofilmes.

### Manganês

O Manganês ocorre naturalmente nas águas superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pelo aumento nas concentrações Manganês nas águas naturais. O manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos.

Raramente as concentrações de manganês atingem mais de  $1,0 \text{ mg/L}$  em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em concentrações de  $0,2 \text{ mg/L}$  ou menos.

### Importância da variável:

- Assim como o Ferro, pode causar sabor, odor e cor na água de abastecimento. Dessa forma, o limite estabelecido no Padrão de Potabilidade é de  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- O padrão de emissão de efluentes para o Manganês, na Resolução CONAMA 430/2011, é de  $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

## Metais tóxicos

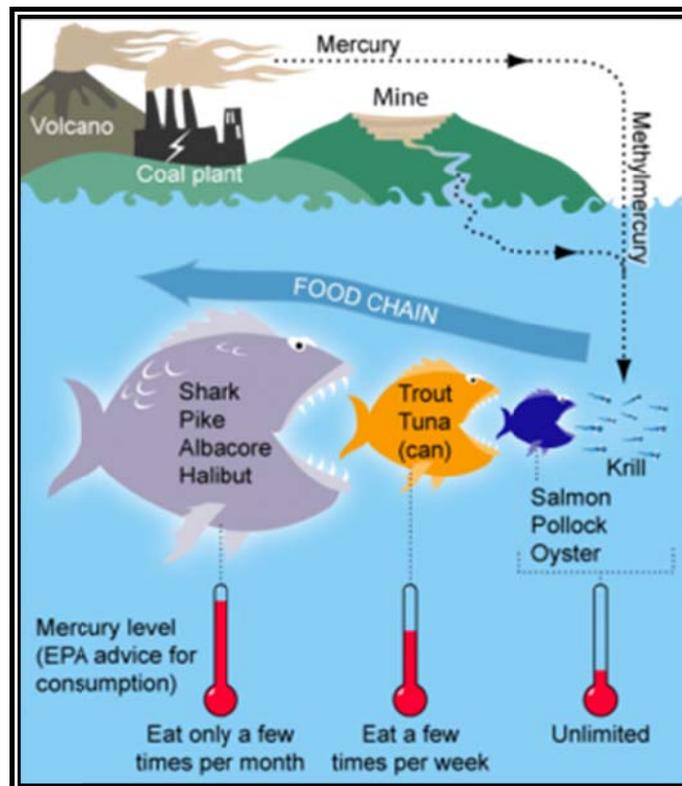
Metais tóxicos podem ser definidos como aqueles elementos químicos que apresentam número atômico superior a 22, que tem propriedade de serem precipitados por sulfetos e que apresentam efeitos adversos à saúde humana.

A principal contribuição de metais tóxicos para os ambientes aquáticos é de origem antropogênica: efluentes industriais (galvanoplastias, químicas, fundições, curtumes etc), atividades de mineração, garimpo e agricultura.

Os metais tóxicos mais relevantes são os seguintes: Arsênio, Bário, Cádmio, Cromo, Cobre, Cobalto, Chumbo, Mercúrio, Prata, Níquel, Selênio e Zinco.

### Importância geral dos metais tóxicos:

- A toxicidade dos metais ocorre para a comunidade aquática, os consumidores de água e os microrganismos responsáveis pelo tratamento nas ETEs.
- Muitos dos metais tóxicos têm efeito de bioacumulação (Figura 14).



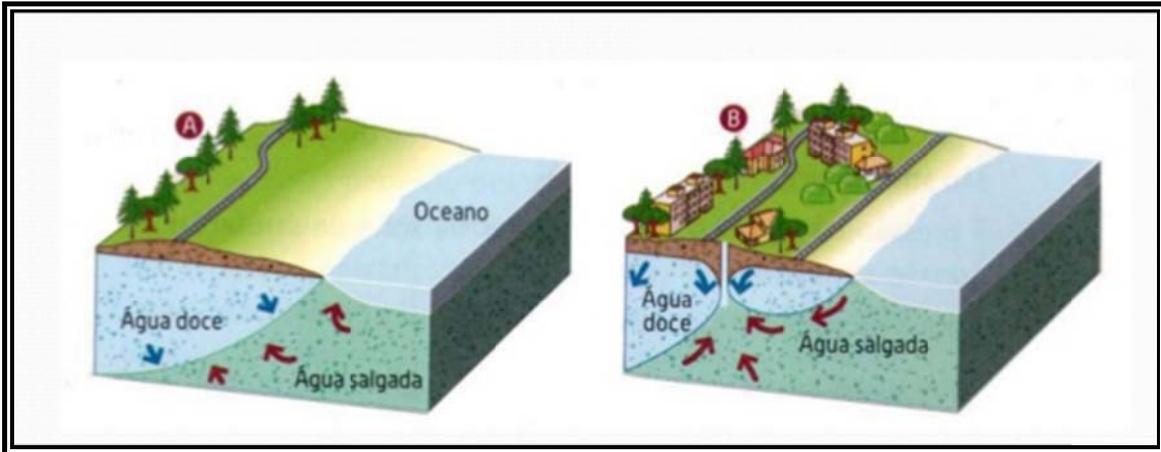
**Figura 14** - Bioacumulação causada pelo Mercúrio (Disponível em: <  
<http://scienceblogs.com.br/rastrodecarbono/2013/01/rastro-de-mercúrio/>> Acesso em ago. 2016)

- Efeitos à saúde humana podem variar desde uma manifestação local na pele, membrana pulmonar ou trato intestinal até efeitos mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos ou até mesmo a morte.

A importância específica de cada um dos metais tóxicos citados acima pode ser encontrada no Apêndice D, do [Relatório de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo de 2015](#) (CETESB, 2016).

#### f) Cloreto

O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da cunha salina (Figura 15), são encontradas águas com níveis altos de cloreto.



**Figura 15** - Intrusão da Cunha Salina (B) (Disponível em: <<http://www.tnh1.com.br/noticias/noticias-detalle/meio-ambiente/250-mil-a-beira-do-colaso-crie-hidrica-avanca-degrada-reservas-e-cria-ilhas-de-desabastecimento-em-maceio/?cHash=ff51354ca59fe0f719d2a7d1e68a894f>> Acesso em ago. 2016).

Nas águas superficiais, as principais fontes de cloreto são as descargas de esgotos domésticos, sendo que cada pessoa elimina, através da urina, cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. O restante é expelido pelas fezes e pelo suor (WHO, 2014). Tais quantias fazem com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam  $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Também há diversos efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, químicas e de curtumes.

Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água.

#### Importância da variável:

- O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, exceto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva.

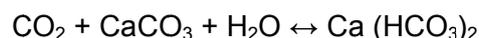
- O íon Cloreto confere sabor salgado à água de abastecimento. Assim, o Padrão de Potabilidade (Portaria 2914/11) limita a sua concentração em  $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . No entanto, a percepção do sabor depende do cátion que estiver associado. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações acima de  $1.000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- O cloreto provoca corrosão em estruturas hidráulicas, como, por exemplo, em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários, que por isso têm sido construídos com polietileno de alta densidade (PEAD)
- Inibição em processos anaeróbios de tratamento de efluentes.
- Interfere na determinação da DQO e, embora esta interferência seja atenuada pela adição de sulfato de mercúrio, as análises de DQO da água do mar não apresentam resultados confiáveis, devendo ser utilizada a análise de COT.
- Pode ser utilizado como indicador da presença de esgotos nas águas naturais. Hoje, porém, o teste de coliformes termotolerantes é mais preciso para esta função.
- O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.

### **g) Alcalinidade Total**

Alcalinidade Total de uma amostra de água é uma medida da capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH), devido à presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Analiticamente, é definida como a capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH.

Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos. Outros sais de ácidos fracos inorgânicos, como boratos, silicatos, fosfatos, ou de ácidos orgânicos, como sais de ácido húmico, ácido acético etc., também conferem alcalinidade às águas, mas seus efeitos normalmente são desconsiderados por serem pouco representativos.

Os bicarbonatos e, em menor extensão, os carbonatos, que são menos solúveis, dissolvem-se na água devido à sua passagem pelo solo. Se este solo for rico em calcáreo, o gás carbônico da água o solubiliza, transformando-o em bicarbonato, conforme a reação:



Os carbonatos e hidróxidos podem aparecer em águas onde ocorrem florações de algas (eutrofizadas), sendo que em período de intensa insolação o saldo da fotossíntese em relação à respiração é grande e a retirada de gás carbônico provoca elevação de pH para valores que chegam a atingir 10 unidades.

A principal fonte de alcalinidade de hidróxidos em águas naturais decorre do lançamento de efluentes de indústrias, onde se empregam bases fortes como soda cáustica e cal hidratada.

#### **Importância da variável:**

1. Elevadas concentrações de alcalinidade na água de abastecimento público podem causar gosto amargo.
2. A distribuição de água tratada levemente alcalina é desejável para a formação de uma fina camada de carbonato, que protege a rede contra a corrosão. No entanto, em elevadas concentrações, pode causar incrustações em sistemas de abastecimento de água.
3. Determinação importante para o tratamento de água e para o tratamento de esgotos (efeito tampão, resistência à queda de pH).

#### **h) Sulfato**

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. Fontes antropogênicas de sulfato são os esgotos domésticos e efluentes industriais (celulose e papel, químicas etc.), drenagem de áreas agrícolas e o uso de coagulantes nas Estações de Tratamento de Água.

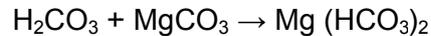
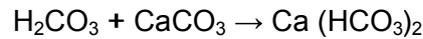
#### **Importância da variável:**

- O sulfato causa problemas decorrentes da sua redução à Sulfeto (em condições anaeróbias). Na rede de esgoto, em trechos de baixa declividade, onde ocorre o depósito da matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que resulta em problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto e odor, além de ser tóxico.
- Na água de abastecimento público, o sulfato pode causar efeitos laxativos. Assim, o limite de Sulfato estabelecido pela Portaria 2914/11 é de 250 mg . L<sup>-1</sup>.
- Pode causar corrosão, toxicidade e maus odores em sistemas de esgotos sanitários (coleta e tratamento). Dessa forma, o limite para Sulfato é de 1.000 mg . L<sup>-1</sup> para lançamento na rede.
- Durante o tratamento anaeróbio, causa inibição às metanobactérias e competição pelo substrato (ácidos voláteis).

#### **i) Dureza**

São quatro os principais compostos que conferem dureza às águas: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio.

A principal fonte de dureza nas águas é a sua passagem pelo solo (dissolução da rocha calcárea pelo gás carbônico da água), conforme as reações:



Desta forma, é muito mais frequente encontrar-se águas subterrâneas com dureza elevada do que as águas superficiais. O mapa geológico do território brasileiro permite a observação de regiões que apresentam solos com características de dureza como no Nordeste, Centro-oeste e Sudeste, mas o problema é muito mais grave nos Estados Unidos e Europa, onde muitas regiões estão sujeitas a graus bastante elevados de dureza nas águas, devido à composição do solo.

A Dureza de uma água pode ser percebida pela sua capacidade de precipitar sabão, isto é, nas águas que a possuem, os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote.

A Dureza definida pela presença de cálcio e magnésio, principalmente, além de outros cátions como ferro, manganês, estrôncio, zinco, alumínio, hidrogênio, etc, associados a ânions carbonato (mais propriamente bicarbonato, que é mais solúvel) e sulfato, principalmente, além de outros ânions como nitrato, silicato e cloreto.

#### **Importância da variável:**

- As águas tratadas em estações convencionais apresentam dureza geralmente um pouco superior à das águas brutas devido ao uso da cal hidratada. A cal reage com o sulfato de alumínio, formando sulfato de cálcio. No entanto, as dosagens são relativamente pequenas em relação aos níveis de dureza necessários para implicar em problemas para os usos da água tratada.
- Quando em concentrações elevadas na água de abastecimento público, pode causar sabor desagradável e ter efeito laxativo. Pode causar ainda incrustação nas tubulações de água quente e reduzir a formação de espuma.
- A poluição das águas superficiais, devido à atividade industrial, é pouco significativa com relação à dureza, embora os compostos que a produzem sejam normalmente utilizados nas fábricas.

#### **j) Fluoreto**

O Flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos. É tão reativo que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada como fluoreto. O Flúor é o 17º elemento em

abundância na crosta terrestre representando de 0,06 a 0,9% e ocorrendo principalmente na forma de fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), fluoroapatita ( $\text{F}_{10}(\text{PO}_4)_6$ ) e criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ). Porém, para que haja disponibilidade de fluoreto livre, ou seja, disponível biologicamente, são necessárias condições ideais de solo, presença de outros minerais ou outros componentes químicos e água. Traços de fluoreto são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas geralmente estão associadas com fontes subterrâneas. Em locais onde existem minerais ricos em flúor, tais como próximos a montanhas altas ou áreas com depósitos geológicos de origem marinha, concentrações de até  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  ou mais são encontradas. A maior concentração de flúor registrada em águas naturais é de  $2.800 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , no Quênia.

Alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como as indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade.

Outras fontes de fluoreto são as pastas de dente, gomas de mascar, vitaminas e remédios. O fluoreto ingerido através da água é quase completamente absorvido pelo corpo humano, enquanto que o flúor presente nos alimentos não é totalmente absorvido. Uma vez absorvido, o fluoreto é distribuído rapidamente pelo corpo humano, grande parte é retida nos ossos, enquanto uma pequena parte fica retida nos dentes. O fluoreto pode ser excretado pela urina e sua eliminação é influenciada por uma série de fatores tais como o estado de saúde da pessoa e seu grau de exposição a esta substância.

O fluoreto é adicionado às águas de abastecimento público para conferir-lhes proteção à cárie dentária. O fluoreto reduz a solubilidade da parte mineralizada do dente, tornando-o mais resistente à ação de bactérias e inibindo processos enzimáticos que dissolvem a substância orgânica protéica e o material calcificante do dente. Porém, a fluoretação das águas deve ser executada sob controle rigoroso, utilizando-se bons equipamentos de dosagem e implantando-se programas efetivos de controle de residual de fluoreto na rede de abastecimento de água, pois, de acordo com estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, concentrações de fluoreto acima de  $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  aumentam a incidência da fluorose dentária. A Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde estabelece um valor máximo permitido para fluoreto de  $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  na água potável.

### **k) Óleos e Graxas**

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, sendo, normalmente, oriundas de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, drenagem de estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água, entre eles os de refinarias, frigoríficos, saboarias etc.

Óleos e graxas, de acordo com o procedimento analítico empregado, consistem no conjunto de substâncias que consegue ser extraído da amostra por determinado

solvente e que não se volatiliza durante a evaporação do mesmo a 100°C. Essas substâncias, solúveis em n-hexano, compreendem ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais etc. Este parâmetro costuma ser identificado também por MSH – material solúvel em hexano.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e causam problemas no tratamento d'água quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público. A presença de material graxo nos corpos hídricos pode causar asfixia nos peixes, já que o material se adere às brânquias. Acarreta, também, em problemas de origem estética e diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em seu processo de decomposição, os óleos e graxas reduzem o oxigênio dissolvido, devido à elevação da  $DBO_{5,20}$  e da DQO, causando prejuízos ao ecossistema aquático. Na legislação brasileira a recomendação é de que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para os corpos d'água de classes 1, 2 e 3.

### **I) Compostos Fenólicos**

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através da descarga de efluentes de indústrias de processamento de borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e siderúrgicas.

Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

A [Resolução n.º 430/11 do CONAMA](#) estipula o limite de 0,5 mg . L<sup>-1</sup> para fenóis totais em efluentes lançados em corpos d'água. Nas águas naturais, os padrões para os compostos fenólicos são bastante restritivos, de 0,003 mg.L<sup>-1</sup> de fenóis totais em corpos d'água classe 1 ou 2, por exemplo.

Quando presentes nas águas naturais de um manancial, os fenóis reagem com o cloro livre utilizado no tratamento para abastecimento público formando os clorofenóis que causam sabor e odor na água.

### **m) Detergentes (Surfactantes ou Substâncias Tensoativas que reagem com Azul de Metileno)**

Analiticamente, isto é, de acordo com a metodologia analítica recomendada, detergentes ou surfactantes são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas. Estes compostos são designados “substâncias ativas ao azul de metileno” (MBAS – *Metilene Blue Active Substances*) e

suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquil benzeno de cadeia linear (LAS) que é utilizado como padrão na análise.

As fontes de detergentes nas águas naturais são, principalmente, os esgotos domésticos, que possuem de 3 a 6 mg . L<sup>-1</sup> de detergentes, e as indústrias de detergentes, que lançam efluentes líquidos com cerca de 2000 mg . L<sup>-1</sup> do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, empregam detergentes especiais com a função desengraxante.

#### **Importância da variável:**

As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas (Figura 16). Um dos casos mais críticos de formação de espumas ocorre no município de Pirapora do Bom Jesus, no estado de São Paulo. Localizado às margens do Rio Tietê, a jusante da Região Metropolitana de São Paulo, recebe seus esgotos, em grande parte, sem tratamento. A existência de corredeiras leva ao desprendimento de espumas que formam continuamente camadas de pelo menos 50 cm sobre o leito do rio. Sob a ação dos ventos, a espuma espalha-se sobre a cidade, contaminada biologicamente, impregna-se na superfície do solo e dos materiais, tornando-os oleosos.



**Figura 16** - Fotos da espuma formada Barragem da Usina Hidrelétrica São Pedro, em Itu.  
(C.L.Midaglia, 2015).

Além disso, os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos. Os sulfonatos de alquil benzeno de cadeia linear (LAS) têm substituído progressivamente os sulfonatos de alquil benzeno de cadeia ramificada (ABS), por serem considerados biodegradáveis. No Brasil essa substituição ocorreu a partir do início da década de 80 e embora tenham sido desenvolvidos testes padrão de biodegradabilidade, este efeito não é ainda conhecido de forma segura. Os testes de toxicidade com organismos aquáticos têm sido aprimorados e há certa tendência a serem mais utilizados nos programas de controle de poluição.

Os detergentes têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização. Além da maioria dos detergentes comerciais empregados possuir fósforo em suas formulações, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas.

#### **n) Pesticidas Clorados e Organoclorados**

Os pesticidas podem ser constituídos por substâncias inorgânicas, como enxofre, mercúrio, flúor etc. Como esses pesticidas possuem toxicidade muito elevada, foram substituídos pelos pesticidas orgânicos sintéticos, classificados em clorados ou organoclorados, piretrinas, fosforados, clorofosforados e carbamatos.

Pesticidas clorados como o DDT, HCH, Aldrin e Lindano apresentam efeito residual longo. A maioria dos compostos são hidrofóbicos, mas apresentam alta solubilidade em hidrocarbonetos e gorduras. Os pesticidas organoclorados apresentam baixa toxicidade aguda, porém apresentam problemas de toxicidade crônica devido a sua capacidade de acumulação ao longo da cadeia alimentar e em tecidos biológicos. Atualmente o uso dos organoclorados é proibido ou restrito devido à sua baixa taxa de degradação no meio ambiente. Muitos dos pesticidas estão na lista dos 12 Poluentes Orgânicos Prioritários deles, como o Aldrin e o DDT. Este grupo de poluentes é caracterizado como sendo altamente tóxico aos seres vivos e bioacumulativo. São resistentes à degradação química, biológica e fotolítica (da luz), afetando a saúde humana e os ecossistemas mesmo em pequenas concentrações.

A afinidade dos pesticidas por adsorção em matéria mineral suspensa e colóides orgânicos é importante para entender a sua mobilidade nos corpos d'água.

A contaminação por pesticidas organoclorados se dá pelas vias de exposição dérmica, oral e respiratória, podendo atacar o sistema nervoso central, causando distúrbios sensoriais de equilíbrio, alterações no comportamento, atividade muscular involuntária, entre outros. Em casos de inalação pode ocorrer tosse, rouquidão e hipertensão.

#### **o) HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos)**

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são uma classe de compostos orgânicos semi-voláteis, formados por anéis benzênicos ligados de forma linear, angular ou agrupados, contendo na sua estrutura somente carbono e hidrogênio. Dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, dezesseis são indicados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos como sendo poluentes prioritários, que têm

sido cuidadosamente estudados devido à sua toxicidade, persistência e predominância no meio ambiente, são eles: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno e pireno.

O comportamento, transporte e destino desses compostos no meio ambiente dependem de suas características físico-químicas e bioquímicas. Geralmente os HPA são persistentes no meio ambiente e possuem baixa solubilidade em água, com exceção do naftaleno, que é relativamente solúvel. Na maioria dos casos, essa solubilidade diminui com o aumento do número de anéis e da massa molecular do composto. Esta é uma das propriedades mais importantes no transporte desses compostos no meio ambiente. Os compostos mais solúveis em água são transportados mais facilmente, pois tendem a ter uma baixa adsorção nas partículas de solo. Além disso, são mais susceptíveis à biodegradação, devido à sua estrutura mais simples.

Os HPA podem causar efeitos toxicológicos no crescimento, metabolismo e reprodução de toda a biota (microrganismos, plantas terrestres, biota aquática, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Estes efeitos podem ser associados à formação de tumores, toxicidade aguda, bioacumulação e danos à pele de diversas espécies de animais. Os principais objetos de pesquisa desses compostos têm sido as suas propriedades carcinogênicas, mutagênicas e genotóxicas.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece limites para diversos HPAs em corpos de água, como para o Indeno(1,2,3-cd)pireno, de 0,05 µg/L.

A Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde não estabelece um valor máximo de HPA na água potável, mas adota o padrão de 0,7 µg/L para benzo[a]pireno (BRASIL, 2011), valor esse também recomendado pela OMS.

#### **p) Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM)**

A utilização de variáveis não específicas para avaliar a eficiência de um sistema de tratamento, bem como a qualidade da água de um determinado manancial, é uma prática comum nas Estações de Tratamento de Água (ETA). O parâmetro turbidez, por exemplo, é amplamente utilizado nas ETA para o controle e o monitoramento operacional da remoção de material particulado. Outras variáveis deste tipo utilizadas comumente são a cor e a densidade de coliformes termotolerantes. Estas variáveis não específicas podem ser uma valiosa ferramenta para uma primeira avaliação das características da qualidade de águas em mananciais destinados ao abastecimento público. Também podem ser de grande utilidade para verificar rapidamente mudanças na qualidade da água dentro do processo de tratamento.

Com a preocupação sobre a formação de compostos organoclorados leves (como por exemplo, o clorofórmio) durante o processo de cloração, os chamados trihalometanos, torna-se necessária uma avaliação do manancial em relação à quantidade de precursores destes compostos.

A utilização do potencial de formação de trihalometanos, como um parâmetro não específico da medida de precursores de THMs, pode ser usado para comparar a qualidade de vários mananciais de água bruta com potencial para abastecimento, com a possibilidade de produção de concentrações elevadas de THMs em água tratada durante os processos de tratamento e na distribuição. A Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde estabelece um valor máximo permitido de Trihalometanos total de  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  como padrão de aceitação para água de consumo humano.

#### q) Bifenilas Policloradas (PCBs)

Bifenilas policloradas referem-se genericamente à classe de compostos organoclorados resultantes da reação do grupo bifenila com o cloro anidro na presença de um catalisador. Elas também fazem parte dos Poluentes Orgânicos Prioritários (POPs). Nas moléculas dos PCBs podem ocorrer diversas substituições em relação à quantidade de átomos de cloro, que podem variar de 1 a 10 átomos. A partir daí podem ser obtidas até 209 estruturas diferentes denominadas de congêneres dos PCBs.

Os PCBs foram empregados mundialmente em larga-escala principalmente em transformadores e capacitores elétricos e, em menor escala, em fluidos de transferência de calor e como aditivos na formulação de plastificantes. No Brasil não existem registros da produção de PCBs, sendo o produto importado dos Estados Unidos e da Alemanha.

Os PCBs podem entrar no ambiente por acidente ou perda no manuseio, volatilização de componentes contaminados por PCBs, vazamentos em transformadores e capacitores, armazenamento irregular, fumaça decorrente da incineração de produtos contendo PCBs e por meio do descarte de efluentes industriais em rios e lagos.

O ambiente aquático é um importante meio para acumulação de PCBs, que são incorporados por meio da descarga de efluentes industriais. Nos sedimentos, os PCBs geralmente estão adsorvidos à matéria orgânica, e os processos de sorção-dessorção representam um fator determinante na mobilização de PCBs para a coluna d'água.

Estudos toxicológicos têm demonstrado que a contaminação por PCBs pode alterar principalmente as funções reprodutivas dos organismos, ocasionando distúrbios na maturação sexual e efeitos teratogênicos. No ambiente, estes efeitos podem se propagar ao longo da cadeia trófica, através da bioacumulação. Nos seres humanos a exposição aos PCBs pode ocasionar sintomas tais como cloracne, hiperpigmentação, problemas oculares e elevação das taxas de mortalidade por câncer no fígado e na vesícula biliar. O valor máximo para PCBs permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 em corpos d'água é de  $0,001 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

#### r) Poluentes Emergentes

Os poluentes emergentes têm sido reportados como desreguladores endócrinos ou com potencial de ação desreguladora no organismo.

As ações de alguns destes compostos sobre a biota acarretam disfunções reprodutivas e estudos apontam que também podem ser indutores de cânceres. Em relação aos seres humanos, embora ainda não tenham sido estabelecidas relações de causa e efeito conclusivas, várias pesquisas indicam a possibilidade de que a maior incidência de distúrbios como defeitos de nascimento, alterações comportamentais e neurológicas, deficiência imunológica, puberdade acelerada, qualidade do sêmen e cânceres tenham relação com poluentes emergentes com ação desreguladora endócrina.

Estes poluentes podem ser divididos nos seguintes grupos:

- Pesticidas: Atrazina, lindano, triclosan, DBCP (dibromocloropropano), PCP (pentaclorofenol), rifuralin;
- Esteróides naturais: Androgênios, estrogênios, fitoestrogênios;
- Fármacos: Fluoxetina, tamoxifan, fluvastatina, medetomidina, propranolol, hormônios sintéticos e
- Produtos químicos industriais: Alquifenóis, ftalatos, bisfeniol-A, estireno, retardantes de chama bromados, (PBDEs), surfactantes (incluindo perfluoroclorosulfonatos – PFOS)

Sendo os efeitos desses poluentes ainda pouco conhecidos, esses contaminantes não estão, normalmente, incluídos em planos de monitoramento de rotina dos órgãos de controle da qualidade ambiental ou de saúde e tampouco estão incluídos em normativas ou legislações.

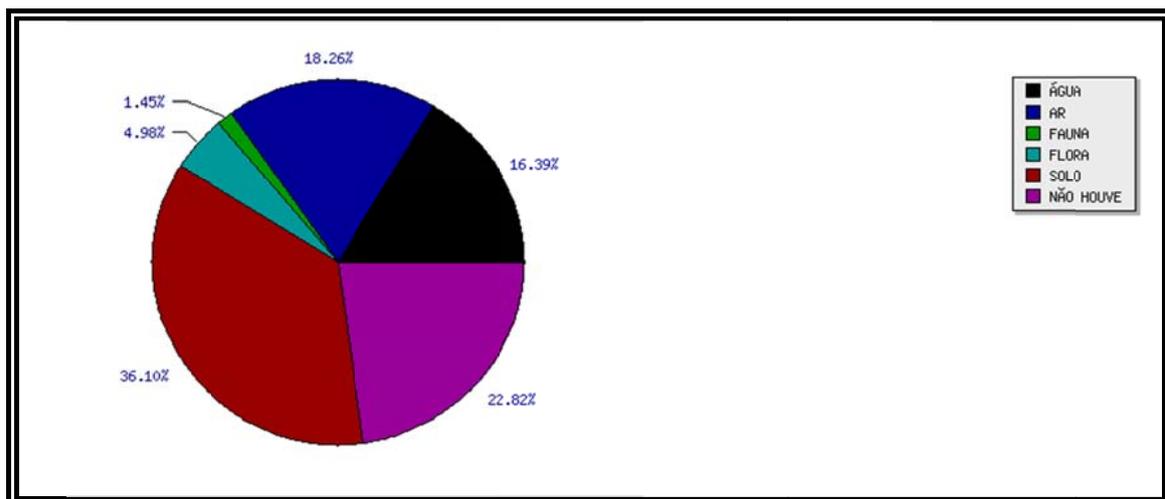
## Capítulo 3

### Tipos de diagnóstico: atendimento a emergências, atividades de fiscalização, análise de tendências, avaliação de impacto, análise de conformidade aos padrões legais.

A compreensão da importância de cada um dos indicadores de qualidade de água é fundamental para que se interprete adequadamente os resultados obtidos na análise de amostras de água bruta, de água tratada ou de efluentes. Tal compreensão permite que se definam e se avaliem corretamente os parâmetros de interesse, ou seja, que indicam alterações relevantes e significativas de qualidade das águas, possibilitando a realização de um diagnóstico adequado em diferentes situações.

#### I. Atendimento a emergências

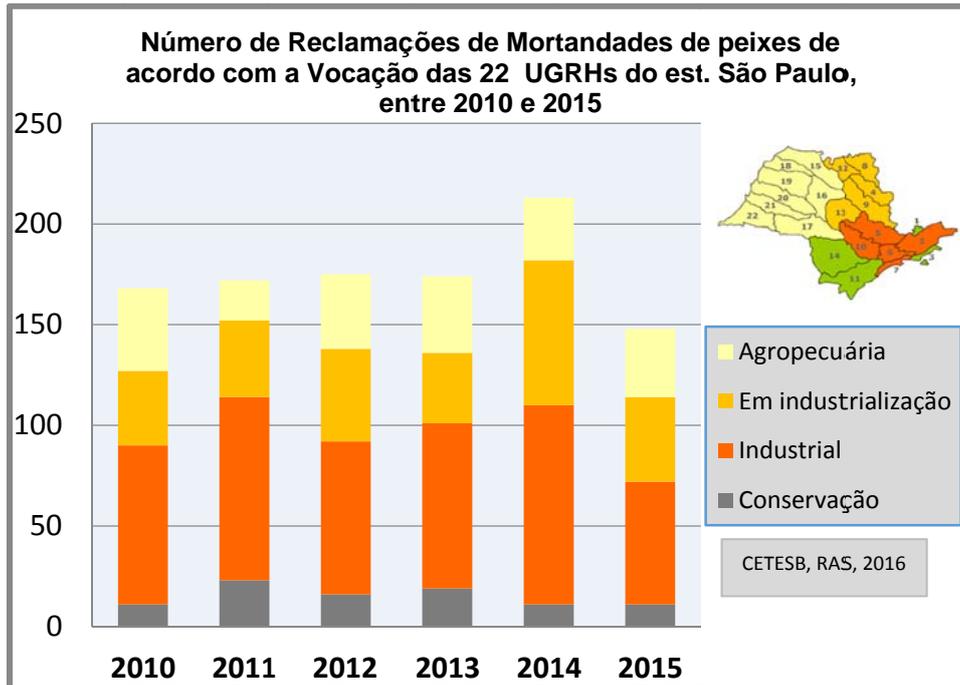
De acordo com o Sistema de Informações sobre Emergências Químicas (SIEQ) da CETESB, em 2015 foram registrados 365 acidentes com produtos químicos, sendo que em, aproximadamente, 16% das ocorrências o meio aquático foi atingido, tendo sua qualidade alterada (Figura 17).



**Figura 17** - Gráfico de meios atingidos nas ocorrências de emergências químicas atendidas pela CETESB em 2015 (SIEQ, 2017).

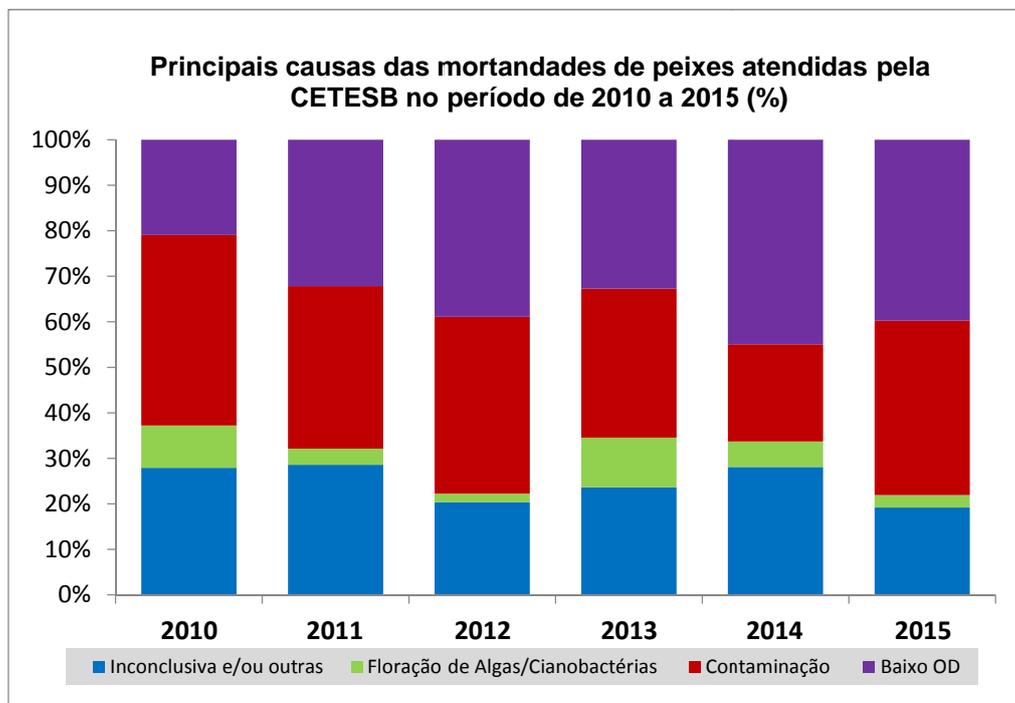
No Estado de São Paulo, a CETESB também é a instituição que atende ocorrências envolvendo mortandade de peixes. Tais ocorrências decorrem, normalmente, de alterações na qualidade da água, como redução das concentrações de Oxigênio Dissolvido ou redução de pH. No entanto, nem sempre é possível identificar suas causas ou as fontes de contaminação que causaram tais alterações. Em 2015, foram registradas 148 ocorrências de mortandade de peixes ou outros organismos aquáticos.

O gráfico da Figura 18 apresenta a evolução no número de ocorrências de mortandades de peixes no período de 2010 a 2015, de acordo com a vocação da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI (Agropecuária, Industrial e Conservação). O maior número de ocorrências registradas em 2014 pode ser explicado pela estiagem observada naquele ano.



**Figura 18** - Evolução no número de ocorrências registradas de mortandades de peixes no período de 2010 a 2015 (CETESB, 2016).

As causas das mortandades de peixes registradas em 2015 puderam ser identificadas em 76% das ocorrências, sendo elas a baixa concentração de Oxigênio Dissolvido, a presença de contaminantes, incluindo esgotos domésticos e substâncias tóxicas, e as florações de algas ou cianobactérias potencialmente tóxicas (Figura 19).



**Figura 19** - Proporção entre as causas das mortandades de peixes atendidas no período de 2010 a 2015, pela CETESB (CETESB, 2016).

Tendo ou não como consequência uma mortandade de peixes, qualquer emergência (derramamento acidental de produtos ou lançamento de efluentes fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005) deve ser atendida da forma mais rápida possível para que se possa identificar a intensidade das alterações provocadas na água e tomar as medidas de controle adequadas.

## II. Atividades de fiscalização

As principais ações de fiscalização relacionadas com a qualidade dos corpos hídricos são a análise de conformidade dos efluentes lançados com relação aos padrões legais vigentes e a verificação do encaminhamento dos efluentes e das águas de chuva para as redes de drenagem adequadas.

O encaminhamento adequado dos efluentes e das águas de chuva numa indústria ou outro empreendimento é importante para proteger os corpos hídricos e, também, os sistemas de tratamento de efluentes. Isto porque, no Brasil, tem-se adotado, normalmente, o sistema separador, ou seja, aquele que separa as águas de chuva em linhas de drenagem independentes. Estas não são direcionadas às Estações de Tratamento de Esgotos e, sim, aos corpos d'água superficiais. Somente os efluentes são encaminhados para sistemas de tratamento. Há países, no entanto, que adotam o sistema combinado, que é aquele em que as águas de chuva são encaminhadas juntamente com os esgotos para as ETEs (Figura 20).

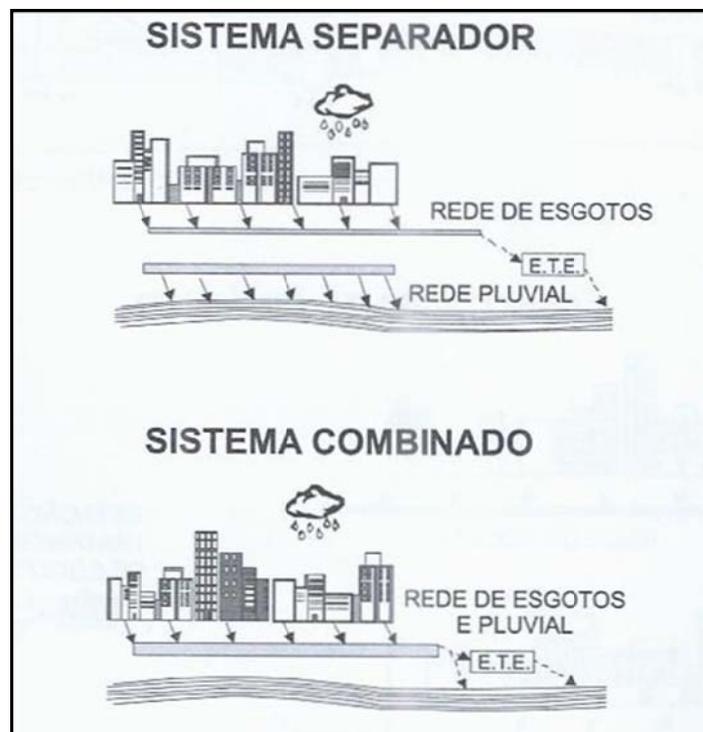
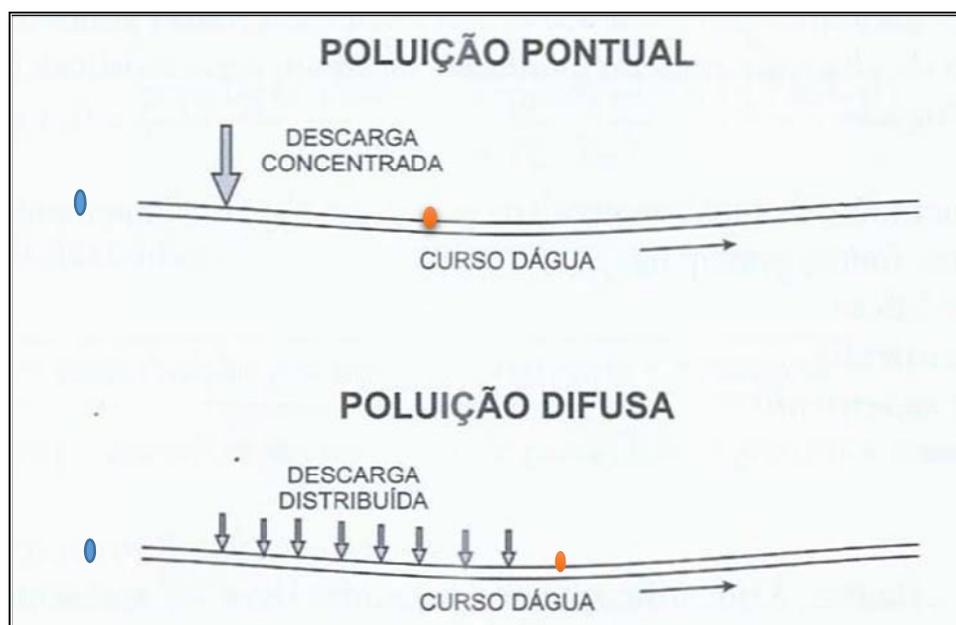


Figura 20 - Sistemas de esgotamento separador e combinado (Von Sperling 2005).

Assim, na fiscalização de indústrias ou outros empreendimentos, é necessário verificar se as águas de chuva são encaminhadas de maneira adequada, ou seja, aquelas que não entram em contato com nenhum tipo de efluente industrial devem ser encaminhadas adequadamente para a rede de drenagem pluvial. Caso a água de chuva escoe por áreas industriais, entrando em contato com contaminantes, como óleos e graxas, ela deve ser encaminhada para a rede de esgoto, que deve estar ligada a um sistema de tratamento, da própria indústria ou da concessionária responsável.

Com relação à análise de conformidade dos efluentes lançados, as resoluções CONAMA 357, de 2005, e 430, de 2011, dispõem sobre a classificação dos corpos hídricos e as condições e padrões de lançamento de efluentes no Brasil, respectivamente. A indústria, ou outro empreendimento que gere efluentes líquidos, deve atender tanto ao padrão de qualidade do curso d'água, de acordo com o seu enquadramento, quanto ao padrão de emissão, ou seja, amostras do efluente e do corpo d'água devem ser coletadas nas atividades de fiscalização. No corpo d'água, amostras devem ser coletadas a montante das fontes de poluição, que também podem ser difusas (Figura 21), e a jusante delas, atentando-se para a extensão da zona de mistura. De acordo com a Resolução CONAMA 430 de 2011, a zona de mistura é definida como a região do corpo receptor, estimada com base em modelos teóricos aceitos pelo órgão ambiental competente, que se estende do ponto de lançamento do efluente e é delimitada pela superfície em que é atingido o equilíbrio de mistura entre os parâmetros físicos e químicos, bem como o equilíbrio biológico do efluente e os do corpo receptor, sendo específica para cada parâmetro. Poderão ser admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo.



**Figura 21** - Fontes de poluição pontual e difusa e exemplos de pontos para amostragem de água (adaptado de Von Sperling 2005).

### III. Análise de tendências

A avaliação da qualidade da água doce é complementada por meio de análises temporais e espaciais que possibilitam a configuração de tendências para os parâmetros analisados. A análise temporal de um corpo hídrico possibilita identificar os trechos mais críticos em termos de alteração de qualidade de água.

Como exemplo, o Relatório de Qualidade de Águas Interiores da CETESB de 2007 (CETESB, 2008) apresentou um estudo que permitiu avaliar a eficácia do Projeto de Despoluição do Rio Tietê, implantado e em atividade desde 1992. A metodologia adotada para a avaliação espacial considerou as médias das variáveis de qualidade DBO<sub>5,20</sub>, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Níquel e Zinco, relativas a 2007, e para a avaliação temporal utilizaram-se as médias anuais dos dez anos anteriores, permitindo o cálculo da tendência por Análise de Regressão Linear. A coloração das barras indica a tendência da variável ao longo dos últimos dez anos: verde (melhora), vermelho (piora), amarelo (sem alteração) e cinza (não calculada) (Figura 23 a 27).

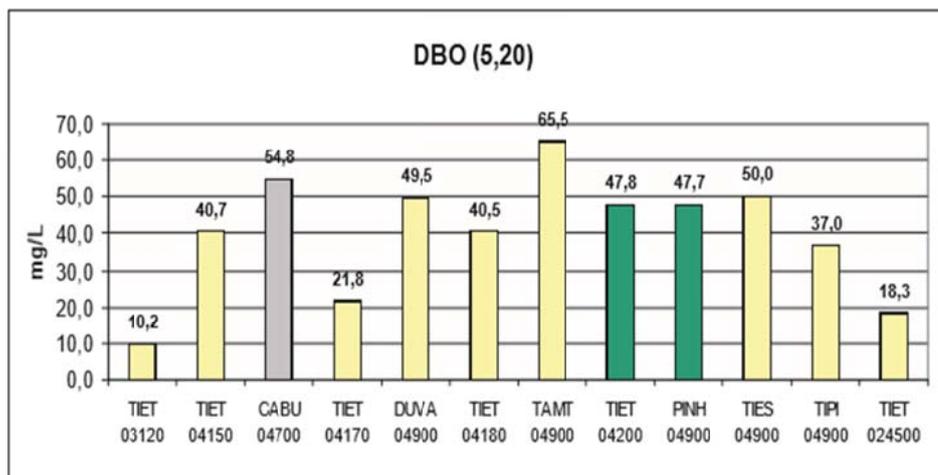


Figura 22 - Média de DBO<sub>5,30</sub> (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008).

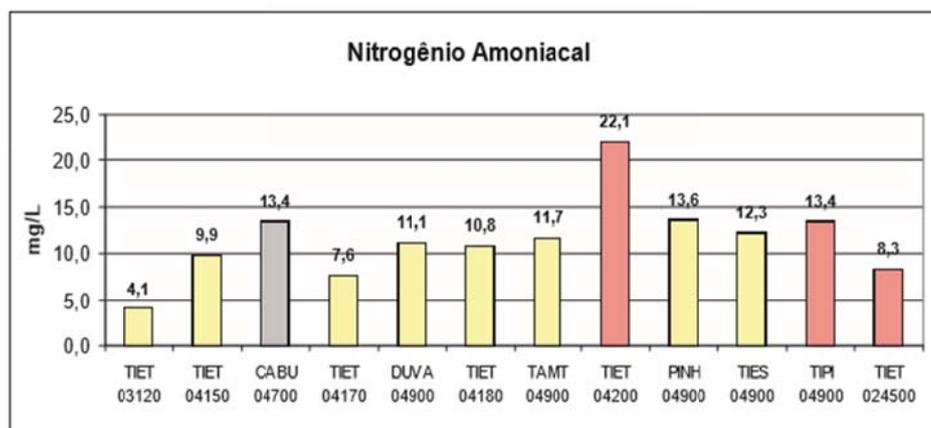


Figura 23 - Média do Nitrogênio Amoniacal (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008).

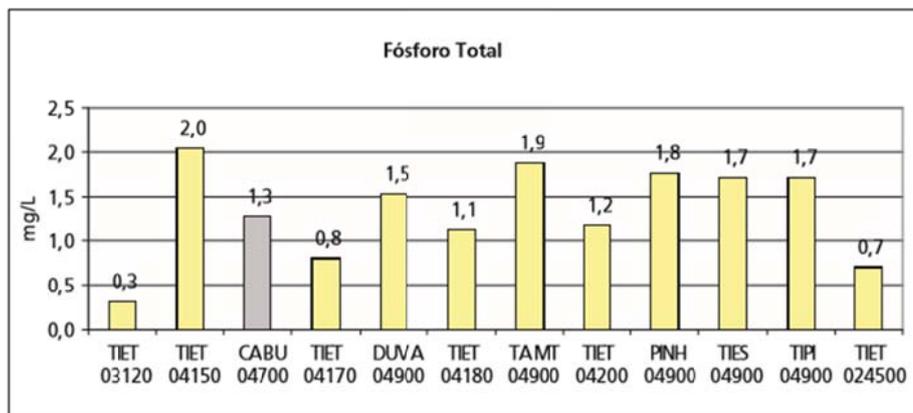


Figura 24 - Média de Fósforo Total (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008).

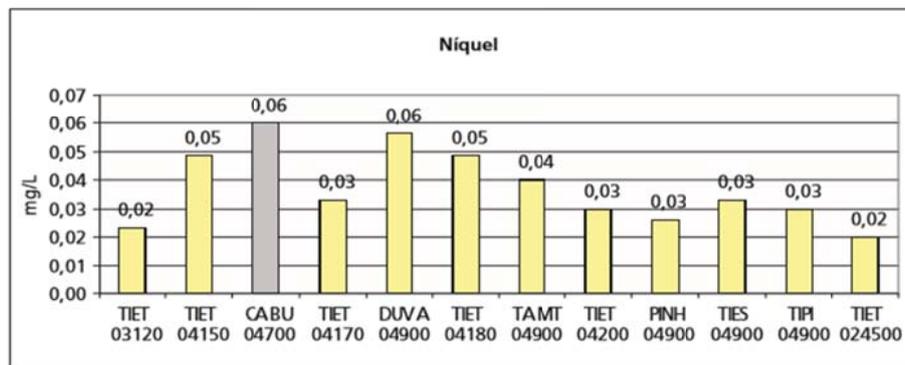


Figura 25 - Média do Níquel (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008).

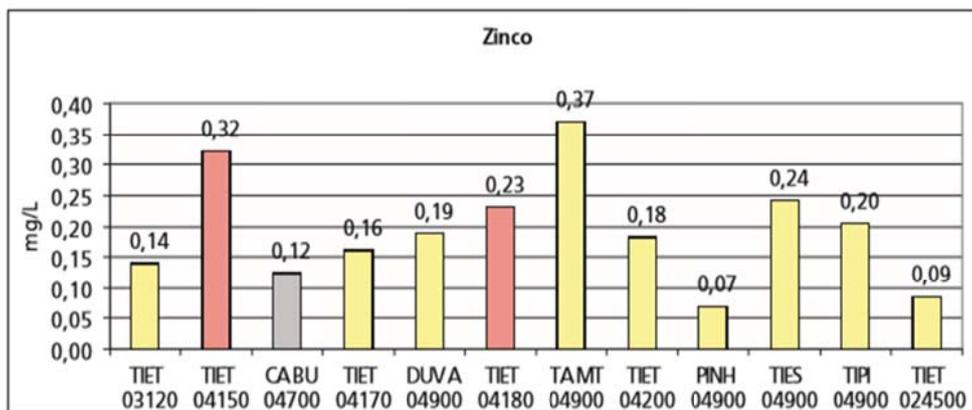


Figura 26 - Média do Zinco (2007) e tendência dos dez anos anteriores (CETESB, 2008).

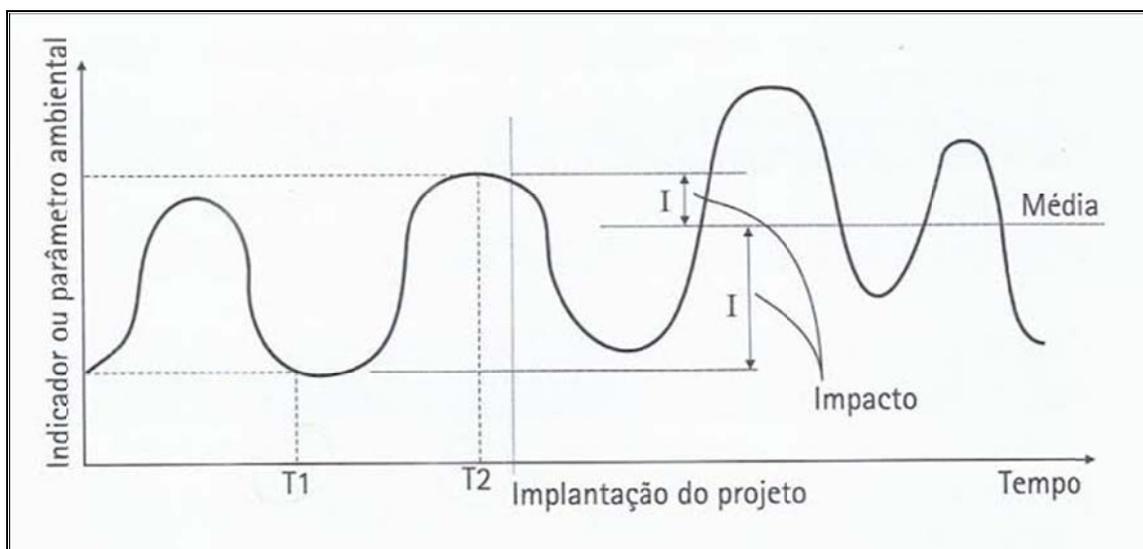
O Rio Tietê, na maior parte de seu trajeto na Bacia do Alto Tietê, é classificado como Classe 4 pelo [Decreto Estadual 10.755/77](#) e, portanto, não tem limites máximos estabelecidos para as variáveis analisadas. No entanto, as alterações dos valores destas variáveis no espaço e no tempo permitiram avaliar o comportamento do corpo d'água frente às ações de saneamento ambiental.

#### IV. Avaliação de Impactos

A alteração da qualidade das águas é um impacto ambiental negativo decorrente de diversos tipos de empreendimento, como indústrias, estradas, aterros sanitários, estações de tratamento de esgotos, e ocorre, especialmente, nas etapas de construção e de operação do empreendimento.

Em uma matriz para a identificação de impactos potenciais para projetos de linhas de transmissão e subestações de energia elétrica, por exemplo, pode-se considerar como impacto potencial a alteração na qualidade das águas superficiais nas etapas de pré-construção, construção, pós construção e operação.

Na sequência de atividades de um estudo de impacto ambiental, os estudos de base, ou diagnóstico ambiental, permitem a obtenção de informações necessárias para a identificação e para a previsão dos impactos de um empreendimento para sua posterior avaliação. Na avaliação da qualidade da água de um rio, deve-se levar em consideração sua variação sazonal, tanto para a elaboração de um plano de amostragem quanto para o levantamento de dados secundários. Na Figura 27, hipotética, pode-se observar o comportamento natural de um parâmetro ambiental ao longo do tempo. Se na elaboração de um estudo de base não for considerada a variação sazonal, pode-se utilizar como referência o valor de T1 e superestimar o valor de T2 como um impacto.



**Figura 27** - Exemplo hipotético de variação de um parâmetro de qualidade ao longo do tempo (SANCHEZ, 2006).

#### V. Análise de conformidade aos padrões legais

Em função dos usos previstos, a Resolução CONAMA 357 de 2005 discrimina as águas do território nacional em águas doces, que são aquelas que possuem salinidade abaixo de 0,05%, águas salobras, com salinidade entre 0,05% e 3%, e águas salinas, que apresentam salinidade maior que 3%.

Com relação às águas doces, são 5 as classes estabelecidas pela Resolução CONAMA 357: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, sendo a Classe Especial aquela que pressupõe usos mais nobres, como o abastecimento para consumo humano e a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, e a Classe 4 a que pressupõe usos menos nobres. O enquadramento dos cursos d'água pode ser entendido como o estabelecimento da meta de qualidade da água a ser alcançada ou mantida em um segmento de corpo d'água de acordo com os usos pretendidos. Neste [vídeo](#) produzido pela ANA é possível compreender melhor os objetivos do enquadramento dos corpos d'água.

Para cada uma das classes, é estabelecido um nível de qualidade a ser alcançado ou mantido no corpo hídrico que garanta os usos previstos. A qualidade é avaliada a partir do cumprimento aos limites estabelecidos pela resolução para cada parâmetro de qualidade, desde os convencionais, como o Oxigênio Dissolvido, a Turbidez e a Demanda Bioquímica de Oxigênio, até os contaminantes tóxicos como agrotóxicos e metais. A Resolução CONAMA 357 de 2005 também estabelece padrões para o lançamento de efluentes, tendo sido complementada e alterada pela Resolução CONAMA 430 de 2011.

O atendimento aos padrões de qualidade e aos padrões de lançamento tem como objetivo a preservação do corpo d'água. Ao lançar um efluente em um corpo d'água, devem ser atendidos, simultaneamente, os padrões de lançamento e os padrões do corpo receptor, de acordo com o seu enquadramento. Caso o efluente atenda os padrões de lançamento, mas não os de qualidade do corpo d'água receptor, limites mais restritivos devem ser estabelecidos para o efluente pelo órgão ambiental.

Além das resoluções CONAMA 357 e 430, as legislações estaduais e municipais devem ser sempre consultadas, pois podem estabelecer limites mais restritivos ou conter parâmetros adicionais, como é o caso da Deliberação Normativa Conjunta [COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008](#), que estabelece limites para Sólidos em Suspensão Totais, parâmetro não inserido na Resolução CONAMA.

## Perguntas:

- 1) No seu país, existe alguma lei, resolução ou normativa que estabeleça o enquadramento de corpos de água? Quantas e quais são as classes?
- 2) Quais são os limites mínimos estabelecidos para Oxigênio Dissolvido? Eles são expressos em mg/L ou em % de saturação?
- 3) Com relação à Matéria Orgânica, a legislação brasileira estabelece limite somente para a DBO. No seu país, existe limite também para a DQO, COT ou COD?
- 4) Existem casos, no seu país, de corpos d'água que possuem níveis elevados de cor e turbidez naturalmente? Quais são as causas dessas ocorrências?
- 5) No seu país, também existem corpos d'água que naturalmente apresentem de valores de pH elevados ou reduzidos com relação a faixa estabelecida pela legislação?
- 6) No seu país existe uma preocupação com formação de trihalometanos durante o processo de tratamento de água para abastecimento público? Existe algum controle no manancial, como a avaliação do potencial de formação de trihalometanos? E na água tratada, existe limite para esses compostos?
- 7) Com relação ao fósforo total, na legislação do seu país, são estabelecidos limites diferentes que levem em consideração o tipo de ambiente aquático: lótico ou lântico?
- 8) Quais são as variáveis que compõem o IQA utilizado pela CETESB? Este índice também é utilizado no seu país?
- 9) Com relação á sazonalidade, como é o regime de chuvas no seu país?

- 10) Exemplifique uma ocorrência de mortandade de peixes que tenha ocorrido recentemente no seu país. Verifique quais foram as ações tomadas e se a causa foi identificada.

## **Referência Bibliográfica**

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo: CETESB, 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 148, n. 239, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=39&data=14/12/2011>>. Acesso em: abr. 2014.

CETESB (São Paulo). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2007 [recurso eletrônico] / CETESB. -- São Paulo : CETESB, 2008.

CETESB (São Paulo). Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2015 [recurso eletrônico] / CETESB. -- São Paulo : CETESB, 2016.

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments**. 2<sup>nd</sup> Ed., London, E&FN Spon, 1996. 626 pp.

DERISIO, J. C., Introdução Ao Controle De Poluição Ambiental. CETESB, 1992.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. COPAM. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/DeliberaNormativaConjuntaCOPAM-CERHno01-2008.pdf>>. Acesso em jan. 2017.

PIVELI, R. P. Curso Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas. São Paulo: CETESB, 2007.

SANCHEZ, L. H. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1976\\_Dec\\_Est\\_8468.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1976_Dec_Est_8468.pdf)>. Acesso em: abr. 2007.

SODRÉ, F.F., LOCATELLI, M.A.F., JARDIM, W.F. Occurrence of emerging contaminants in Brazilian drinking waters: a sewage-to-tap issue. *Water Air and Soil Pollution*, n. 206, p. 57-67, 2010.

Von Sperling, Marcos. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

Von Sperling, Marcos. *Estudos de Modelagem da Qualidade da Água de Rios*. 1ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WHO. Chemical hazards in drinking-water. 2014. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/). Acesso em: 31 mar.2014.

REIS FILHO, R. W., LUVIZOTTO-SANTOS, R., VIEIRA, E. M. Poluentes Emergentes como Desreguladores Endócrinos. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, v. 2, n. 3, 2007, 283-288



## INSTITUIÇÕES COLABORADORAS



## INSTITUIÇÕES ORGANIZADORAS



Cooperação  
**Representação  
no Brasil**



MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES



MINISTÉRIO DO  
**MEIO AMBIENTE**