

## Capítulo 8

### 8 AMOSTRAGEM DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Ao se retirar uma amostra de qualquer efluente pretende-se que esta reproduza dados sobre as condições reais das águas residuárias geradas pelo processo, sendo o mais representativa possível. Para assegurar tais condições, o técnico deve conhecer todo o processamento industrial e o funcionamento das unidades geradoras de efluentes que possam interferir nas características dos despejos.

A confiabilidade e a representatividade de qualquer programa de amostragem para a avaliação dos efluentes líquidos e dos corpos hídricos receptores dependem fundamentalmente da seleção criteriosa dos parâmetros a serem analisados, dos pontos de coleta de amostras e da utilização correta das técnicas de coleta e preservação de amostras, pois os efluentes líquidos variam em sua composição qualitativa e quantitativa, frequência e tipo de emissão, de acordo com as atividades desenvolvidas.

A importância da análise dos efluentes líquidos tem aumentado devido a necessidade de avaliar o possível impacto de seu lançamento em cursos de água e na rede pública coletora de esgotos, o que exige das fontes de poluição compilar e manter os registros e controle de todas as atividades de monitoramento, para que possam ser implantadas medidas preventivas e/ou corretivas para controle de qualidade ambiental.

Um programa de caracterização de efluentes líquidos tem como objetivos principais:

- Avaliar a eficiência e o funcionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias, de maneira global ou de determinadas unidades, visando à otimização da sua operação e do seu desempenho;
- Avaliar os efluentes líquidos gerados pelas indústrias, estações de tratamento de esgotos domésticos, aterros sanitários e industriais e plantas de incineração de resíduos, bem como as possíveis alterações na qualidade do corpo receptor causadas pelo lançamento desses efluentes, visando a verificação do atendimento às condições e aos padrões de qualidade do corpo receptor e de emissão/lançamento de efluentes líquidos estabelecidos na legislação estadual e federal vigente;
- Obter dados e informações para fornecer subsídios a elaboração de projetos de sistemas de tratamento de águas residuárias de empreendimentos em implantação;
- Verificar a ocorrência de perdas de matérias-primas, produtos auxiliares ou acabados do processo industrial e que são agregados ao efluente líquido e, desta maneira, avaliar a

possibilidade de recirculação ou reutilização de efluentes líquidos industriais no processo industrial, dentro de um programa de prevenção à poluição;

- Determinar as cargas poluidoras potenciais e/ou remanescentes de empresas, em programas de controle de poluição de uma região ou de determinada bacia hidrográfica;
- Determinar concentrações e cargas poluidoras de efluentes líquidos de empresas, lançados na rede pública de esgotos, para fins de cobrança por parte da empresa gerenciadora do sistema público de esgotos e de minimização de impactos sobre os mesmos;
- Avaliar a contaminação do solo e das águas superficiais, provocada pelos aterros sanitários e industriais e áreas contaminadas.

## 8.1 Características dos Efluentes Líquidos

Para um melhor entendimento das diferentes características dos efluentes líquidos, os mesmos podem ser classificados de acordo com sua origem em: (1) efluentes industriais, (2) efluentes industriais em esgotos domésticos, (3) efluentes de plantas de incineração de resíduos sólidos e (4) efluentes percolados gerados em aterros sanitários e industriais.

### 8.1.1 Efluentes Industriais

Os efluentes líquidos em uma indústria, além dos esgotos domésticos, podem ser compostos por: efluentes do processo produtivo, água de refrigeração, água de condensação, água de lavagem de equipamentos, efluentes de equipamentos de controle de poluição do ar (lavador de gases de chaminé ou de cabine de pintura) e pelos efluentes não pontuais, como as águas pluviais contaminadas, lavagem de pisos externos e derramamentos em áreas externas à área industrial.

O tipo da indústria e o completo entendimento do processo produtivo permitirão o conhecimento da origem dos efluentes líquidos industriais, bem como os materiais poluentes neles contidos. O tipo da indústria e o completo entendimento do processo produtivo permitirão o conhecimento da origem dos efluentes líquidos industriais, bem como dos materiais poluentes neles contidos.

Uma indústria, independentemente de sua atividade, sempre apresenta a geração de esgotos domésticos, que corresponde aos descartes de banheiros e de refeitórios. A sua carga orgânica média per capita é praticamente a mesma, qualquer que seja o ramo industrial; porém, verifica-se que sua concentração varia com a hora do dia, com o dia da semana e com a condição climática.

Outro fator que influencia as características qualitativas e quantitativas dos esgotos domésticos nas indústrias é a existência, ou não, de refeitórios e de chuveiros para os funcionários tomarem banho. As vazões de pico, nestes casos, ocorrem nos horários das refeições e nos términos de turnos.

Uma parcela preponderante da água utilizada pelas indústrias em seus processos produtivos, na maioria dos casos, é descartada na forma de efluentes líquidos, que, em função das substâncias neles contidas, podem causar poluição ao serem lançados nos corpos de água. Portanto, os efluentes líquidos gerados devem ser submetidos a um Sistema de Tratamento de Águas Residuárias (STAR), corretamente dimensionado e operado, para possibilitar seu lançamento em um corpo hídrico ou em um sistema público de esgotos.

É preciso, portanto, realizar o levantamento industrial, processo que envolve o conhecimento do(a): período de funcionamento da indústria; número de empregados; fluxograma do processo industrial; planta da fábrica; matérias primas; produção; uso da água; efluente gerado; sistema de tratamento dos efluentes; condições de funcionamento dos equipamentos industriais; e, condições de gerenciamento da indústria.

#### **(a) Período de funcionamento da indústria**

As indústrias trabalham normalmente em turnos de oito horas; algumas funcionam em três turnos, totalizando 24 horas por dia. Geralmente, o funcionamento é de segunda a sexta-feira, mas algumas são ininterruptas.

Além do horário de funcionamento da produção, é necessário verificar se o regime produtivo é contínuo ou não, e se os processos são cíclicos. É preciso também verificar se a geração de despejos ocorre principalmente durante o período de funcionamento da fabricação ou nos outros períodos (como no final da jornada diária, nos períodos noturnos, nos finais de semana etc.), geralmente decorrente de lavagens e limpezas.

#### **(b) Número de empregados**

O número de empregados indicará o volume e a carga orgânica dos esgotos domésticos gerados. A existência ou não de refeitórios também irá influenciar nas características do despejo.

Neste item deverão ser incluídos todos os funcionários existentes no local em estudo (funcionários próprios e terceirizados), tanto das áreas produtivas como das áreas administrativas e de apoio.

### **(c) Fluxograma do processo industrial**

O conhecimento do processo industrial é de fundamental importância em qualquer trabalho de caracterização pois, para cada tipo de processamento haverá diferentes particularidades, tais como produtos auxiliares ou catalisadores que poderão proporcionar diferentes características aos despejos gerados, tanto nos seus constituintes quanto nas suas concentrações e vazões.

O fluxograma do processo industrial permitirá ao técnico visualizar a necessidade, ou não, da segregação dos despejos e, dessa forma, definir quantos serão os pontos de amostragem para a caracterização dos efluentes de uma indústria.

### **(d) Planta da fábrica**

A planta da fábrica, juntamente com a indicação dos sistemas de distribuição de água e das redes de coleta de efluentes líquidos, irão facilitar não só o entendimento do fluxo do processo industrial como também a visualização da possibilidade da implantação de medidas de controle interno, como a recuperação de matéria prima ou outros produtos derramados no piso e que serão arrastados nos efluentes líquidos. Permitirá também verificar a possibilidade de recirculação de efluentes líquidos antes ou após sofrerem um tratamento específico, assim como a existência, ou não, de uma adequada segregação de despejos.

O conhecimento da rede de coleta de efluentes, da localização da estação de tratamento e dos locais de disposição de resíduos sólidos (caso haja), irá possibilitar a escolha dos melhores pontos de amostragem, para que a caracterização seja representativa. Também é importante a indicação do sistema de coleta de esgotos domésticos na planta do empreendimento, para os casos de indústrias em que haja incompatibilidade de tratamento conjunto dos mesmos.

É necessário também que a rede de águas pluviais seja indicada na planta do empreendimento, uma vez que, quando contaminadas, são consideradas efluentes líquidos e, como tais, devem ser tratadas adequadamente antes de sua disposição final. Ressalta-se que a prática de reunir as águas pluviais não contaminadas aos efluentes é proibida por lei, caracterizando-se como uma diluição e, portanto, não é aceita pelos órgãos de controle ambiental.

### **(e) Informações sobre matérias primas**

A relação de matérias primas e dos produtos auxiliares irá contribuir para a definição do tipo de amostras a serem coletadas e dos parâmetros a serem analisados. Para isto, é necessário conhecer o princípio ativo de cada substância e não somente o seu nome fantasia.

Além desta relação, deve-se ter conhecimento das quantidades utilizadas, dos métodos de armazenamento e das condições de segurança quanto aos derramamentos, que poderão representar fontes potenciais de poluição.

#### **(f) Informações sobre a produção**

A relação dos produtos fabricados, as quantidades e a freqüência de fabricação dos mesmos, os tipos de embalagens utilizadas, os locais de armazenamento e a porcentagem da água incorporada ao produto, serão muito importantes num trabalho de caracterização de um despejo industrial.

Por meio destes dados é possível fazer a comparação entre indústrias similares com relação aos fatores de emissão, representados pelas vazões específicas do efluente (por exemplo, m<sup>3</sup> de água utilizada por tonelada de produto) e cargas poluidoras específicas (por exemplo, kg de poluente por tonelada de produto), para estabelecer exigências de redução destes valores, se necessário.

#### **(g) Informações sobre o uso da água**

Um balanço hídrico completo, contendo a indicação de todas as informações sobre o uso da água, é de extrema importância. Para isso, deve-se dispor de dados de fluxo de água industrial (água de processo, água incorporada ao produto e água liberada pela matéria prima), água de refrigeração, água resultante de lavagens de pisos e equipamentos, água utilizada nos equipamentos de controle de poluição do ar e água para consumo humano (ingestão, lavatório, descarga sanitária, preparo de alimentos).

#### **(h) Informações sobre o efluente gerado**

As peculiaridades na geração do efluente líquido (tais como: período e freqüência de cada descarte), a possibilidade de medir a vazão por linha de descarte, as redes de coleta e as condições de acesso aos locais de amostragem são fatores primordiais para a definição de qualquer campanha de amostragem de efluentes líquidos. Quando necessário, é importante o conhecimento da existência, ou não, de segregação de despejos.

#### **(i) Sistema de tratamento de efluentes**

O prévio conhecimento da descrição do sistema de tratamento de efluentes, assim como o seu fluxograma, proporcionará ao responsável pela amostragem uma visão global. Permitirá, também, uma precisa definição dos pontos de amostragem e dos parâmetros a serem analisados, principalmente nos casos de avaliação de desempenho do sistema de tratamento.

#### **(j) Condições de funcionamento dos equipamentos industriais**

As condições de conservação dos equipamentos e dos maquinários indicam a probabilidade de quebra e, por isso, podem significar perda de matéria prima ou de subprodutos com consequente aumento na geração de efluentes líquidos.

#### **(I) Condições de gerenciamento da indústria**

As condições de gerenciamento de uma indústria dão uma idéia de como os assuntos relacionados ao controle da poluição são tratados. Quando existe a preocupação da implantação de programas de treinamento para os funcionários, tanto no campo produtivo como na parte ambiental, com certeza as características de seus efluentes serão diferentes daquelas indústrias onde esta política não existe.

Para realização de um levantamento industrial confiável é fundamental que os itens anteriormente citados sejam verificados com precisão. Além dos dados fornecidos pela indústria, as observações efetuadas no processo produtivo e nos pontos geradores de efluentes líquidos irão possibilitar uma melhor definição do plano de amostragem, com a escolha precisa da freqüência e tempo de amostragem, com uma descrição detalhada das condições físicas do ponto de coleta e medição de vazão, e a correta escolha dos parâmetros a serem analisados.

Além da checagem das informações anteriormente citadas, deverá ser verificada a existência de interligações indevidas, tais como: águas de refrigeração com efluentes industriais, águas pluviais e/ou de refrigeração, existência de *by pass* no efluente bruto, entre outras. Portanto, torna-se indispensável uma criteriosa inspeção na indústria por parte do responsável pela amostragem, para a seleção adequada dos equipamentos a serem utilizados na campanha de amostragem e para o dimensionamento da equipe que realizará os trabalhos.

##### **8.1.2 Efluentes Mistas (Industriais e Domésticos)**

A presença de efluentes industriais misturados ao esgoto doméstico em sistemas públicos de tratamento de esgotos normalmente resulta em despejos com características diferentes daquelas onde somente existe esgoto doméstico. Portanto, cuidados especiais deverão ser adotados na seleção dos parâmetros a serem analisados.

##### **8.1.3 Efluentes Gerados em Plantas de Incineração de Resíduos Sólidos Industriais ou Hospitalares**

Embora guarde pontos em comum com efluentes industriais, este tipo particular de efluente não doméstico apresenta particularidades no plano de amostragem que devem ser observadas para que os resultados da avaliação sejam representativos.

Os pontos principais de geração de efluentes numa planta de incineração de resíduos são:

1. *Quench* (resfriamento brusco de gases), quando efetuado por equipamentos via úmida, tais como: lavador Venturi, torre de "spray" e torre de enchimento;
2. Equipamentos de controle de poluição do ar por via úmida;
3. Efluentes provenientes da manutenção de equipamentos;
4. Águas de lavagens de pisos da planta de incineração;
5. Águas de drenagem de resfriamento de escória de resíduo industrial incinerado, e;
6. Águas de lavagem de baías de armazenamento de resíduo hospitalar.

A maior contribuição de vazão é, sem dúvida, proveniente dos equipamentos de controle de poluição do ar via úmida.

Deve-se conhecer a quantidade e a composição do resíduo introduzido no incinerador, a quantidade e o tipo de combustível utilizado e os equipamentos que geram efluentes. É também importante a avaliação da rede de coleta de efluentes e de águas pluviais, pois em caso de derramamento e posterior lavagem decorrente do manuseio, transbordo e transporte de grandes quantidades de resíduos (algumas vezes perigosos), estes se caracterizam em efluentes e, portanto, devem ser tratados adequadamente.

#### **8.1.4 Efluentes Percolados Gerados em Aterros Industriais e Sanitários**

A disposição de resíduos sólidos em aterros industriais e sanitários gera líquidos percolados, conhecidos como chorume, que podem infiltrar e contaminar o lençol freático e, portanto, devem ser coletados e adequadamente caracterizados.

É importante ressaltar que este efluente apresenta uma composição química que varia de acordo com a idade do aterro, condições climáticas etc.; fatores estes que dificultam a determinação de sua caracterização qualitativa e quantitativa.

### **8.2 Planejamento da Amostragem de Efluentes Líquidos**

A elaboração de um plano de amostragem de efluentes líquidos deve considerar vários aspectos, tais como: objetivo da avaliação, localização do empreendimento, tempo da amostragem, pontos de retirada de amostras, dimensionamento da equipe técnica, material necessário para realização dos trabalhos, conhecimento do levantamento industrial, vistoria

prévia no local, conhecimento da atividade industrial, de seu processo de fabricação e da hidrografia da região (quando o efluente é descartado em rios) e parâmetros a serem analisados no efluente para avaliação do atendimento a legislação ambiental de controle de poluição das águas.

Os técnicos precisam observar e anotar todas as condições de funcionamento da unidade geradora dos efluentes no dia da avaliação e/ou caracterização, que possam interferir nas características do despejo a ser amostrado.

### **8.2.1 Local e Pontos de Amostragem**

Na escolha dos locais de amostragem deve-se considerar que:

- As vazões afluente e efluente do sistema são de fundamental importância para o cálculo da carga poluidora, e consequente avaliação da eficiência do sistema de tratamento, bem como para a coleta de amostras compostas;
- O ponto da amostragem deve ser representativo e com turbulência, de modo a se obter uma boa mistura. Devem ser evitados locais situados a montante de vertedores devido à sedimentação de sólidos;
- As amostras devem ser tomadas no centro do canal, onde a velocidade é mais alta e a sedimentação de sólidos é mínima;
- O local deve ser de fácil acesso.

Para definição dos pontos de amostragem, devem ser considerados os objetivos envolvidos na campanha de amostragem, tais como: avaliação do desempenho do sistema de tratamento, verificação do atendimento aos padrões de legislação, obtenção de informações para elaboração de um projeto de um STAR e implantação de medidas de prevenção à poluição.

### **8.2.2 Tipos de Amostragem**

Após a seleção dos pontos de amostragens e dos parâmetros a serem analisados, deve-se definir o tipo da amostra, a freqüência e o período da amostragem para, finalmente, detalhar a organização e a execução dos trabalhos.

A coleta pode ser realizada manualmente ou com auxílio de amostrador automático e as amostras podem ser simples ou compostas.

A amostra simples é indicada para os casos onde a vazão e a composição do líquido não apresentam variações (qualitativas e quantitativas) significativas e todas as informações que se deseja podem ser obtidas por meio de uma única amostra.

A amostra composta é adotada para possibilitar a minimização do número de amostras a serem analisadas e, principalmente, quando há uma grande variação do volume da vazão e/ou da composição do efluente. Tanto a amostragem simples como a composta foram descritas de uma forma mais abrangente e com mais detalhes no capítulo 3 “Organização dos Trabalhos de Campo”.

O tempo e a vazão podem ser utilizados como base para a composição das amostras compostas. Quando o tempo é a base da composição, um volume fixo de amostra é retirada do fluxo de efluentes, em intervalos fixos de tempos.

Este tipo de composição é recomendado para os casos onde a variação da frequência da vazão é conhecida e o intervalo entre as vazões seja o menor possível.

Nestes casos, para cálculo do volume de cada alíquota a ser coletada, utiliza-se a fórmula:

$$V_{al} = \frac{V_{am}}{n}$$

onde:

$V_{al}$ : volume de cada alíquota

$V_{am}$ : volume total da amostra

n: número de alíquotas

Quando a vazão é a base da composição da amostra, os volumes das alíquotas serão proporcionais as variações das vazões instantâneas do efluente. Para o cálculo do volume de cada alíquota, a fórmula utilizada é:

$$V_{al} = \frac{Q_i \cdot V_{am}}{Q_m \cdot n}$$

onde:

$V_{al}$ : volume da alíquota

$Q_i$ : vazão instantânea

$Q_m$ : vazão média

$V_{am}$ : volume total da amostra

n: número total de alíquotas

Como a vazão instantânea  $Q_i$  varia a cada momento, o volume de cada alíquota também irá variar proporcionalmente. O volume da amostra  $V_{am}$  é função dos parâmetros a serem analisados no laboratório e a vazão média  $Q_m$  corresponde à média obtida durante o período da referida amostra.

O período de tempo no qual a amostra deverá ser composta irá depender dos objetivos do programa. Sugere-se que para um processo produtivo contínuo (24 h/dia), o período mínimo de

amostragem seja de uma jornada diária de trabalho, de forma a obter uma correlação com as características da produção. Neste caso sugere-se que seja realizada uma campanha constituída de 4 amostras, cada uma delas coletadas num período de 6 horas, com alíquotas coletadas a cada 30 ou 60 minutos.

Para alguns parâmetros não é possível realizar composição de amostras, sendo exigida a coleta de amostra simples. Fazem parte desse grupo de parâmetros os óleos e graxas, sulfeto, oxigênio dissolvido, solventes halogenados, indicadores microbiológicos, entre outros, que podem ser alterados (transferência de frascos, volatilização, oxidação e redução, perda de viabilidade, etc) durante o processo de composição ou pelo prazo requerido para análise. Para esses casos, a amostra simples é normalmente coletada na penúltima alíquota da amostra composta.

### **8.2.3 Seleção dos Ensaios a Serem Realizados**

A escolha dos parâmetros dependerá, além dos objetivos do programa citados anteriormente, do tipo de efluente industrial e da classe dos corpos hídricos receptores. Para tanto, é fundamental manter-se atualizado, consultando a legislação vigente nos "sites" das instituições responsáveis pela sua elaboração e/ou homologação, como ANA (Agência Nacional de Águas), Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, OMS (Organização Mundial de Saúde), SMA (Secretaria do Meio Ambiente) de cada estado, entre outros.

Para a avaliação dos efluentes visando à implementação de sistemas de reúso de água, os parâmetros a serem analisados dependerão do processo produtivo e de quais contaminantes serão tolerados no reúso.

Na tabela 8 estão indicados os parâmetros pertinentes a diversas atividades industriais; contudo, esta tabela deve ser utilizada apenas como referência, devendo o técnico acrescentar ou não outros parâmetros, com base no levantamento industrial e na vistoria realizada na indústria.

**Tabela 8.** Caracterização Típica para Efluentes Industriais

ENSAIOS	TIPOS DE INDÚSTRIA																																	
	Abatedouros e Frigoríficos	Açúcar e Álcool	Alimentícia	Amianto	Automóvel	Baterias	Bebidas	Borrachas	Celulose e Papel	Cereais	Componentes Elétrico-eletrônico	Concreto, Cimento, Cal e Gesso	Curtumes	Estação de Tratamento de Esgotos	Fertilizantes	Fundição de ferro	Galvanoplastia	Laticínios	Materias Plásticos e Sintéticos	Metalúrgicas	Mineração	Móveis de Madeira	Petroquímica e Refinaria	Porcelana	Processamento de alumínio	Processamento de Cobre	Produção de Óleos Vegetais	Produtos Farmacêuticos	Produtos Inorgânicos	Produtos Orgânicos	Siderurgia	Têxteis	Vegetais e Frutas Enlatadas	Vidros e Cerâmicas
Alumínio																																		
Amônia	X		X																															
Arsênio											X																							
Bário																																		
Boro																																		
Cádmio			X X								X																							
Chumbo			X X	X							X																							
Cianeto			X																															
Cobre			X X								X																							
Coliformes termotolerantes	X											X X																						
Coliformes Totais	X											X X																						
Cromo Hexavalente			X								X																							
Cromo Total			X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
DBO	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
DQO	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
Estanho			X								X																							
Fenóis			X								X																							
Ferro Solúvel			X X								X X																							
Fluoretos											X																							
Fosfatos	X	X X	X X	X X	X X	X	X	X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X					
Manganês																																		
Mercúrio												X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X					
Níquel			X X									X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X					
Nitrogênio amoniacal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
Nitrogênio Nitrato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
Nitrogênio Nitrito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
Nitrogênio Orgânico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
Nitrogênio Total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						
Óleos e Graxas	X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X						

ENSAIOS		TIPOS DE INDÚSTRIA																																											
		Abatedouros e Frigoríficos	Açúcar e Álcool	Alimentícia	Amianto	Automóvel	Baterias	Bebidas	Borrachas	Celulose e Papel	Cereais	Componentes Elétrico-eletrônico	Concreto, Cimento, Cal e Gesso	Curtumes	Estação de Tratamento de Esgotos	Fertilizantes	Fundição de ferro	Galvanoplastia	Laticínios	Materias Plásticos e Sintéticos	Metalúrgicas	Mineração	Móveis de Madeira	Petroquímica e Refinaria	Porcelana	Processamento de alumínio	Processamento de Cobre	Produção de Óleos Vegetais	Produtos Farmacêuticos	Produtos Inorgânicos	Produtos Orgânicos	Siderurgia	Têxteis	Vegetais e Frutas Enlatadas	Vidros e Cerâmicas	Planta de Incineração de Resíduos									
pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Prata																																													
Resíduo Sedimentável	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Selênio																																													
Série de Resíduos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Solventes Aromáticos																																													
Solventes Halogenados																																													
Sulfatos																																													
Sulfetos																																													
Surfactantes	X	X																																											
Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Zinco																																													

#### **8.2.4 Avaliação do Desempenho do STAR**

Quando se deseja efetuar apenas a avaliação do desempenho de um STAR como um todo, os pontos de amostragem a serem escolhidos são a entrada e a saída do sistema; porém, se avaliação em estudo é alguma unidade do STAR, os locais escolhidos deverão ser a entrada e a saída da unidade. Por exemplo: para um tratamento biológico realizado através de um sistema de lodos ativados, muitas vezes é necessário avaliar a operação do tanque de aeração; para isto, é necessário que a amostra seja coletada dentro desta unidade e no retorno de lodo. Portanto, para cada caso é necessário o conhecimento dos parâmetros de operação de cada unidade ou do sistema de tratamento, para escolher os locais adequados de amostragem para a avaliação de seu desempenho.

A avaliação de um desempenho no sistema de tratamento levará em conta:

- Aspectos quantitativos relativos à vazão e à capacidade hidráulica do sistema de tratamento, e,
- Aspectos qualitativos relativos às características físicas, químicas e biológicas do efluente bruto e tratado.

No caso de sistemas biológicos com baixa eficiência no seu funcionamento, onde todas as condições físico-químicas e hidráulicas encontram-se de acordo com os valores recomendados, é necessário verificar os possíveis compostos tóxicos ao sistema e, neste caso, os ensaios a serem realizados deverão ser extensamente pesquisados na relação de todos os produtos químicos utilizados, independente da quantidade e da finalidade de seu uso.

#### **8.2.5 Elaboração de Projeto de STAR**

A obtenção de informações para dimensionamento de um projeto de sistema de tratamento, em muitos casos, necessita de uma amostragem prévia em diferentes pontos, para verificar se há necessidade de segregação de linhas geradoras de efluentes.

Os pontos de amostragem devem ser selecionados de forma a representar as características dos efluentes a serem tratados. Caso os efluentes sejam lançados em várias linhas e unificados antes da entrada do STAR, a amostragem deverá ser feita após a unificação das linhas. Caso não seja possível esta reunião, a amostragem deverá ser feita em cada linha, caracterizando o efluente a ser tratado. É imprescindível que a amostragem de efluentes seja representativa, ou seja, a sua caracterização deve ser realizada por meio de amostragem composta por alíquotas coletadas, preferencialmente, com o volume proporcional a vazão no efluente bruto durante, pelo menos, o período diário de produção da empresa.

#### **8.2.6 Atendimento aos Padrões da Legislação**

Para a avaliação dos efluentes líquidos de uma indústria, quanto ao atendimento às condições e padrões de emissão (lançamento), deve-se selecionar os ensaios pertinentes àquele tipo de atividade industrial, e outros específicos àquela empresa, levando-se em conta suas particularidades, observadas no roteiro de informações descritas, não necessitando analisar todos os parâmetros listados na legislação estadual e/ou federal.

Quando a indústria apresenta em sua relação de matéria prima muitos compostos químicos de grande complexidade, como defensivos agrícolas, e o laboratório não possui todos os padrões analíticos para sua determinação, deve-se escolher outros ensaios que possam indicar a presença de tais compostos químicos no efluente ou no corpo receptor, para possibilitar a sua melhor caracterização.

No caso de estação de tratamento de esgotos domésticos, a escolha dos ensaios irá depender, além das suas características (que são bastante conhecidas), dos possíveis tipos de indústrias existentes na região e cujos efluentes drenam para esta estação.

Para as análises dos efluentes de plantas de incineradores, ou do líquido percolado em aterros industriais, deve-se verificar os possíveis constituintes existentes nos materiais incinerados ou nos resíduos dispostos, para possibilitar a seleção dos ensaios adequados.

No caso da legislação do Estado de São Paulo, além da amostragem no efluente final, é necessário amostrar o efluente bruto, para a verificação da eficiência na remoção de carga poluidora em termos de  $\text{DBO}_5$  dias, 20°C, a qual normalmente é expressa em kg DBO/dia.

Para a verificação quanto ao atendimento às condições e padrões de qualidade do corpo receptor, deve-se escolher os ensaios indicados na legislação que estão relacionados com a atividade industrial em questão, em que estes possam ser alterados pelo lançamento do efluente líquido, sendo necessário realizar a amostragem no corpo receptor, a montante e a jusante dos lançamentos da indústria ou da unidade geradora de efluentes líquidos.

Deve-se sempre certificar que no local escolhido a jusante, o efluente descartado esteja completamente misturado à massa líquida do corpo receptor, de tal forma que somente este lançamento seja o causador das possíveis alterações na sua qualidade.

As indústrias que apresentam algum tipo de disposição de resíduos sólidos ou de líquidos no solo deverão realizar amostragem no aquífero, por meio de poços de monitoramento, para verificar possível contaminação das águas subterrâneas.

Para o atendimento aos padrões da legislação é importante incluir os ensaios toxicológicos. Apesar de não constar a obrigatoriedade do ensaio de Ames na legislação vigente, este tem se tornado uma informação importante no diagnóstico ambiental e no monitoramento da qualidade dos corpos d'água receptores.

## 9 ENSAIOS EM CAMPO

Neste capítulo serão abordados os ensaios freqüentemente conduzidos em campo devido ao curto prazo requerido pela análise, o que implica em cuidados específicos para sua realização. Para evitar a contaminação do local de coleta, todos os resíduos dos ensaios realizados em campo devem ser recolhidos.

### 9.1 Cloro Residual - Método DPD

Existem três tipos de determinação de cloro residual na água tratada (livre, total e combinado). O cloro residual livre é aquele presente na forma elementar dissolvida ( $\text{Cl}_2$ ), ou como ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ), ou como íon hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ). O cloro residual total é a soma do cloro residual livre com o cloro residual combinado. O cloro residual combinado é a subtração do cloro residual livre do cloro residual total.

Devido à instabilidade e degradação rápida do cloro residual livre, a sua determinação deve ser realizada em campo, antes da coleta das demais amostras, podendo-se utilizar um "kit" comparador colorimétrico - método DPD (N, N-dietil-p-fenilenediamina) ou um fotômetro de campo do tipo "pocket". O cloro livre faz a oxidação do DPD, formando uma substância de coloração rosa que tem sua intensidade diretamente proporcional à concentração de cloro residual.

A determinação do cloro residual livre é a mais comum nos trabalhos que envolvem redes de distribuição de água para consumo humano, pois é empregado na desinfecção da água. Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas deve ser efetuada, no momento da coleta, medição de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro. Conforme a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, art. 13, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição e um teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, de 2,0mg/L.

#### Procedimentos para ensaio de cloro residual livre

- Abrir a torneira e deixar a água escorrer por dois ou três minutos;
- Lavar as cubetas (do "kit" ou "pocket") com a amostra;
- Encher as cubetas, até o menisco de marcação, com a amostra a ser analisada (água da torneira);
- Adicionar os reagentes e realizar a determinação conforme orientação do fabricante;
- Anotar os resultados, que serão expressos em mg/L de cloro residual livre.

## 9.2 Oxigênio Dissolvido - Método Eletrométrico

Existem três métodos eletrométricos para a determinação de oxigênio dissolvido em corpos d'água:

- Polarográfico - Ideal para águas que não apresentam concentrações de oxigênio dissolvido próximo ao zero e presença de sulfeto elevada.) O sistema trabalha por pulso elétrico e não necessita de agitação.
- Galvânico – O sistema é constituído de uma célula galvânica que, pela difusão do oxigênio dissolvido através da membrana, realiza a determinação. Necessita de agitação e é ideal para determinação de oxigênio dissolvido em todos os tipos de água.
- Ótico – O sistema realiza a determinação por luminescência, não necessita de agitação, e é ideal para a determinação de oxigênio dissolvido em todos os tipos de água.

A determinação pode ser realizada diretamente no corpo d'água ou no recipiente coletor de amostras com a utilização de um oxímetro e sonda acoplada, onde o comprimento do cabo dependerá da profundidade do local a ser amostrado. Os procedimentos de ajustes dos equipamentos eletrométricos devem ser realizados de acordo com as recomendações e especificações técnicas do fabricante.

Para a determinação do oxigênio dissolvido em área estuarina ou marinha, deve-se efetuar a correção da salinidade antes do ensaio.

Anotar os resultados, que serão expressos em mg/L de oxigênio dissolvido.

## 9.3 Oxigênio Dissolvido - Método Winkler Modificado pela Azida Sódica

O método de Winkler (modificado pela azida sódica) ainda é o método mais empregado para a determinação do oxigênio dissolvido.

Pode ser empregado para a determinação do oxigênio dissolvido em corpos d'água em geral, águas de abastecimento, águas residuárias e águas do mar. Aplica-se para as concentrações de oxigênio dissolvido superiores a 0,1mg/L, sendo que o método não se aplica a amostras que contenham interferentes, como: sulfito, tiossulfato, politionato, cloro livre e hipoclorito. Nesses casos, podem ser empregadas outras modificações do método de Winkler ou o método eletrométrico.

A coleta de amostra é realizada com a utilização de equipamentos apropriados, que não permitem a aeração da amostra, como batiscafo para coleta de amostras superficiais ou garrafa de van Dorn (fluxo vertical ou horizontal) para coleta em profundidade.

#### **Procedimentos para coleta de oxigênio dissolvido - método Winkler, modificado pela azida sódica**

- Coletar a amostra com auxílio de batiscafo, na superfície, ou com garrafa de van Dorn, enchendo o frasco de DBO;
- Adicionar imediatamente 2mL de solução de sulfato manganoso e, em seguida, 2mL de solução reagente alcali-iodeto azida, tendo o cuidado de verter lentamente os reagentes na borda do frasco e não trocar a ordem dos reagentes;
- O sulfato manganoso reage com o hidróxido de sódio para produzir um precipitado flocoso de hidróxido manganoso, que pode variar de branco até marrom, dependendo da concentração de oxigênio dissolvido;
- Fechar bem o frasco de DBO, sem deixar bolhas de ar no interior;
- Agitar bem o frasco fechado para dispersar o precipitado de hidróxido manganoso uniformemente na amostra;
- Deixar o precipitado sedimentar até aproximadamente a metade do volume do frasco. No caso de água do mar, o tempo de contato da amostra com o precipitado deve ser de, pelo menos, dois minutos;
- Agitar novamente muito bem, para que a reação seja completa;
- Encaminhar a amostra para ensaio no laboratório.

#### **Procedimentos para ensaio de oxigênio dissolvido em campo ou no laboratório - método Winkler, modificado pela azida sódica**

##### **Materiais e reagentes necessários para titulação:**

- Base, haste, garra, Erlenmeyer de 250mL, bureta de 10mL classe A, pipeta volumétrica de 100mL classe A ou tubo de Nessler de 100mL graduado, pêra de laboratório;
- Ácido sulfúrico 1+1; solução de fluoreto de potássio; solução de tiossulfato de sódio 0,0125N e solução indicadora de amido.

##### **Procedimento:**

- Depois de realizado o procedimento acima para coleta e preservação da amostra, acrescentar 2mL de solução de fluoreto de potássio (no caso de amostra de água estuarina ou marinha não se acrescenta essa solução);
- Acrescentar em seguida 4mL de solução de ácido sulfúrico 1:1, com cuidado, fechar o frasco e agitar muito bem para dissolver completamente o material precipitado;
- Transferir imediatamente 100mL para um Erlenmeyer, com auxílio de um tubo de Nessler graduado ou pipeta volumétrica de 100mL;
- Titular a amostra com a solução de tiossulfato de sódio 0,0125N até a detecção de cor amarelo palha, usando a solução de amido como indicadora;
- O ponto final da titulação é dado pelo primeiro desaparecimento da cor azul característica;

##### **Expressão do resultado:**

A concentração de oxigênio dissolvido é dada por:

$$V1 \times 2 \times Fc = mg/L OD$$

V1 = Volume gasto na bureta

Fc = fator de correção do tiossulfato de sódio;

Os resultados serão expressos em mg/L de oxigênio dissolvido.

## **9.4 Condutividade e Salinidade**

A capacidade da água em conduzir a corrente elétrica pode ser expressa numericamente pela condutividade/salinidade, que está relacionada diretamente com as concentrações iônicas e

temperatura. A condutividade indica a quantidade de sais presentes na água, fornecendo uma medida indireta da concentração de poluentes e uma indicação das modificações na composição do corpo d'água. Concentrações acima de  $100\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro Siemens/cm) geralmente indicam ambientes impactados; valores altos podem também indicar características corrosivas da água. Em ambientes salobros, estuarinos e no mar, a expressão do resultado de condutividade é  $\text{mS}/\text{cm}$  (mili Siemens/cm).

A salinidade absoluta é a concentração de todos os íons dissolvidos na água e, na prática, não pode ser medida diretamente, sendo necessária a determinação da salinidade prática ( $S$ ). É uma grandeza adimensional, sendo o termo  $\%_0$  substituído por  $S \times 10^{-3}$ . A salinidade prática pode ser determinada por métodos indiretos relacionados com medições de propriedades físicas como condutividade, densidade, índice de refração (refratômetro), entre outros.

Esses dois tipos de ensaios (condutividade e salinidade) são realizados preferencialmente em campo, diretamente no corpo d'água, ou por meio de amostra coletada com equipamentos apropriados, como balde de aço inox (na superfície) ou garrafa de van Dorn. No caso do emprego de equipamento, a amostra é acondicionada em um frasco descartável e a determinação pode ser realizada imediatamente após a coleta ou encaminhada ao laboratório, caso não tenha o equipamento disponível no momento da coleta.

A determinação da condutividade e salinidade é realizada com um condutivímetro/salinômetro acoplado a uma sonda ou sensor (ou refratômetro para a salinidade), sendo que os procedimentos de ajustes dos equipamentos eletrométricos devem ser realizados de acordo com as recomendações e especificações técnicas do fabricante.

## 9.5 pH - Potencial Hidrogeniônico - Método Eletrométrico

O potencial hidrogeniônico (pH) é o cologaritimo da concentração de íons hidrogênio em uma amostra, expresso em mol/L. Seu valor varia de 0 a 14, onde água com pH menor que 7 é considerada ácida; com valor acima de 7 é considerada básica ou alcalina; e, com valor igual a 7 é considerada como uma água neutra.

Quanto menor for o valor do pH de uma substância, maior é a concentração de íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) e menor a concentração de íons  $\text{OH}^-$ ; o inverso é verdadeiro para água básica ou alcalina.

A membrana do eletrodo separa dois meios de concentrações de pH diferentes (faixa ácida e alcalina). Desenvolve-se entre os dois lados da membrana uma diferença de potencial, que é proporcional à diferença de pH entre os meios, sendo esta diferença medida pelo eletrodo de medição contra uma referência.

A determinação de pH é realizada preferencialmente direto no corpo d'água, quando possível, ou em uma amostra coletada com equipamento apropriado, como balde de aço inox (superfície) ou com auxílio de uma garrafa de van Dorn em profundidade.

É importante ressaltar que a determinação de pH deve ser realizada com eletrodos específicos. Os procedimentos de ajustes dos equipamentos eletrométricos devem ser realizados de acordo com as recomendações e especificações técnicas do fabricante.

#### **Procedimentos para ensaio de pH - método eletrométrico**

- Coletar a amostra com auxílio de batiscafo na superfície ou com garrafa de van Dorn, enchendo um frasco descartável;
- Ligar o phmetro (potenciômetro) e aguardar até que os valores se estabilizem, ou seja, não fiquem variando;
- Lavar os eletrodos com água deionizada e enxugá-los delicadamente com papel absorvente;
- Calibrar o equipamento com as soluções padrão de pH, conforme orientação do fabricante;
- Retirar os eletrodos da solução padrão, lavá-los com água deionizada e enxugá-los;
- Inserir os eletrodos na amostra coletada;
- Esperar os valores se estabilizarem e fazer a leitura do resultado;
- Retirar os eletrodos da amostra, lavá-los e deixá-los imersos em solução de acordo com o manual do fabricante;
- Desligar o equipamento.
- Prazo máximo para este ensaio é de 15 minutos a partir do momento da coleta de amostra.

#### **9.6 Determinação de potencial Redox - Eh ou ORP - Método Eletrométrico**

O potencial de oxidação e redução (ORP, do inglês “Oxidation Reduction Potential”), é também conhecido como potencial Redox (Eh) e serve para avaliar as reações químicas de um meio, através do equilíbrio entre as reações de oxidação e redução.

A determinação do ORP é realizada com eletrodo específico, utilizando-se um medidor de pH (pHmetro), ajustado em mV (mili Volts). Os procedimentos de ajustes devem ser realizados de acordo com as recomendações e especificações técnicas do fabricante.

#### **9.7 Temperatura da Água e Ar**

A medição da temperatura da água na superfície pode ser realizada com termômetro de imersão parcial, submergindo-o diretamente no corpo d'água ou através dos sensores de temperatura dos equipamentos eletrométricos utilizados para os ensaios de pH, condutividade e oxigênio dissolvido ou termistores específicos disponíveis no mercado. Na impossibilidade de medir a temperatura diretamente no corpo d'água, realizar a medida em um balde de aço inox com volume de 5 litros a 10 litros de amostra ou frasco descartável imediatamente após a coleta.

Para a determinação da temperatura em profundidade, utilizar um dos equipamentos eletrométricos citados acima, com sonda de profundidade e sensor de temperatura, utilizando como resultado da medição o valor expresso no display do equipamento.

A determinação de temperatura do ar pode ser realizada com os sensores acima, mantendo o termômetro ou sensor na posição vertical, evitando incidência direta da luz solar.

### 9.8 Transparência

A transparência da água é obtida com auxílio do disco de Secchi. Para tanto, é necessário observar as seguintes condições, sempre que possível: o operador deve se posicionar de tal maneira que sua visão fique vertical ao eixo central do disco; realizar a determinação em condições de céu claro, preferencialmente à sombra, e selecionar um local com pouca agitação ou ondas.

O disco é submerso no local onde será realizada a determinação até seu desaparecimento do campo visual. Repetir a operação para certificação de que o disco está no seu limite de visualização e efetuar a medição deste limite no cabo graduado de apoio do equipamento. Anotar os resultados na ficha de coleta.

### 9.9 Turbidez - Método Nefelométrico

Turbidez é a redução da transparência de uma amostra aquosa devido à presença de material em suspensão. O método utilizado para leitura da turbidez é o nefelométrico que é um método secundário, indireto. Baseia-se na determinação da intensidade de luz dispersa pela amostra num ângulo de 90° em relação à direção da luz incidente, comparada com a intensidade de luz dispersa por uma suspensão-padrão.

A determinação da turbidez pode ser realizada em campo com o auxílio de um turbidímetro e seus procedimentos de ajustes devem ser realizados de acordo com as recomendações e especificações técnicas do fabricante, ou encaminhada ao laboratório, caso não tenha o equipamento disponível no momento da coleta. Anotar os resultados na ficha de coleta.

### 9.10 Sólidos Sedimentáveis - Cone Imhoff

É todo material sólido que sedimenta por ação da gravidade em uma amostra aquosa. A amostra para o ensaio de sólidos sedimentáveis não requer preservação química e pode ser analisada em campo (ensaio imediato) ou no laboratório em até, no máximo, 24 horas após a coleta.

#### Princípio do método

O método consiste na sedimentação, por ação da gravidade, dos sólidos de densidade superior ao da água presentes na amostra.

#### Procedimentos para ensaio de sólidos sedimentáveis em campo ou laboratório - método do cone Imhoff

##### Materiais:

- Cone Imhoff, de 1L, de vidro ou de plástico, com graduação;

- Bastão de vidro;
- Suporte com argola com Ø 80mm;
- Cronômetro.
- Interferentes:
  - Amostras apresentando coloração muito intensa podem impedir a visualização do sólido sedimentável;
  - Amostras com alto teor de sólidos podem não apresentar sedimentação visível no cone Imhoff.

Nota: Caso a fase sedimentada apresente heterogeneidade no momento da leitura, cancelar a determinação e efetuar novo ensaio.

#### Determinação:

- Acondicionar o cone Imhoff no suporte;
- Homogeneizar e transferir aos poucos 1L da amostra para o cone Imhoff, homogeneizando durante todo o processo de transferência;
- Deixar em repouso por 45 minutos;
- Com um bastão de vidro, deslocar delicadamente as partículas aderidas à parede do cone com movimentos circulares, para que as mesmas possam sedimentar;
- Deixar sedimentar por mais 15 minutos;
- Verificar o volume sedimentado, em mL/L.
- Expressão dos resultados:
  - 0,1mL/L a 2,0mL/L – uma unidade decimal
  - 2,0mL/L a 10mL/L – múltiplos de 0,5
  - 11mL/L a 40mL/L – números inteiros
  - 42mL/L a 100mL/L – números inteiros pares
  - 150mL/L a 1000mL/L – múltiplos de 50.

## 9.11 Medidores e Amostradores Automáticos

Nos primeiros projetos de monitoramento automático dos cursos d'água, as medições eram realizadas por instrumentos mecânicos e os registros efetuados em papel. Esses instrumentos, destinados à medição de grandezas hidrometeorológicas, determinavam as chuvas e as variações de nível dos rios e reservatórios por meio de bóias e balanças que moviam pequenas engrenagens e deslocavam uma caneta registradora sobre um rolo de papel contínuo. Os registros, em forma de gráfico, representavam as variações do parâmetro medido, em função do tempo. Essa onerosa forma de registro implicava necessidade de manutenção constante dos equipamentos de medição, acionamento freqüente dos mecanismos por corda do relógio e reposição também freqüente dos rolos de papel e da tinta da caneta. Por fim, a transformação dos anagramas em dados numéricos era realizada por leitura manual dos gráficos, com emprego de réguas específicas, o que demandava uma carga de trabalho considerável para se dispor dos resultados necessários às análises dos dados.

O grande desenvolvimento tecnológico do monitoramento automático foi determinado pela evolução dos processos eletroeletrônicos, que possibilitaram a substituição dos movimentos mecânicos dos sensores por impulsos elétricos. Os mecanismos de relojoaria deram lugar a

motores elétricos sincronizados, alimentados por baterias. Mais recentemente, os progressos na área da informática propiciaram a transformação dos impulsos elétricos em códigos digitais que podiam ser gravados em dispositivos magnéticos com capacidade de armazenamento gigantesca. Registradores virtuais de tempo sincronizados às leituras dos dados dispensaram os sensores mecânicos, permitindo informar, para cada dado coletado, a hora correspondente.

Atualmente, a telemetria dos dados gerados em campo às centrais de gerenciamento por meio da transmissão por celular, satélite e rede ethernet tem permitido acompanhamento operacional ininterrupto das estações e postos de medição e a disponibilização quase que imediata dos dados gerados ao público usuário.

#### **9.11.1 Monitoramento Automático da Qualidade das Águas**

Denomina-se automático o monitoramento que é realizado por dispositivos capazes de determinar os parâmetros de interesse, registrar, processar e, em sistemas mais sofisticados, interpretar os dados de forma automática e sistemática, sem a necessidade constante de supervisão por parte de um operador.

Como o monitoramento é constante e ininterrupto, permite detalhar com mais precisão a evolução da qualidade da água ao longo de períodos de interesse, com a identificação de eventos cíclicos ou pontuais como, por exemplo, descargas de efluentes clandestinas, mau funcionamento de estações de tratamento de efluentes, contribuições difusas durante episódios de chuvas, etc. Esses eventos manifestam-se em curtos intervalos de tempo e dificilmente seriam detectados em monitoramentos convencionais nos quais a coleta de amostras dá-se de forma manual.

Quando dotada de computador lógico programável (CLP) e *modem*, uma estação de monitoramento automático pode transmitir os dados gerados em tempo real, agregando uma série de recursos ao monitoramento e, no caso da estação possuir amostrador automático, coletar amostras de água a qualquer momento.

Estações de monitoramento automático podem também integrar sistemas de alerta, emitindo sinais de alarme para fax, celular (SMS) ou computador na sala de controle à distância quando da ocorrência de eventos críticos de qualidade da água. Esse sinal de alarme pode, ainda, ser combinado ao acionamento automático de um amostrador que passa a coletar amostras durante o evento.

Um software instalado no CLP comanda as operações da estação e monitora o próprio sistema, informando mau funcionamento ou defeito nos dispositivos, permitindo realizar ajustes a distância.

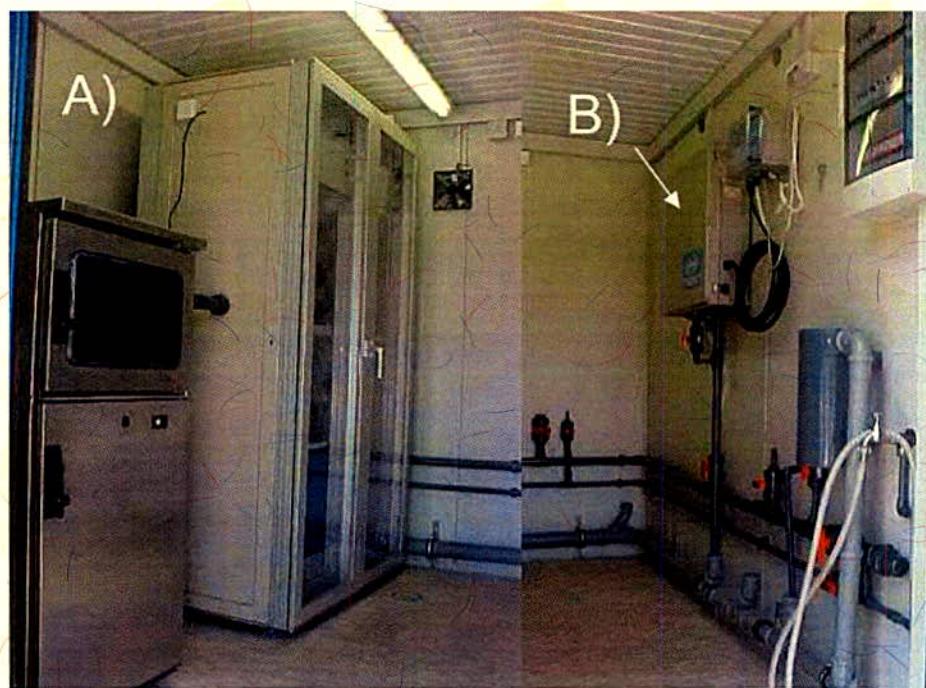
Todo esse aparato tecnológico tem viabilizado a disseminação de estações de monitoramento automático de qualidade das águas. As determinações físicas, químicas e até biológicas são realizadas em campo por equipamentos eletrométricos e sensores que geram sinais elétricos, os

quais são enviados a dispositivos dotados de memória eletrônica. Esses dispositivos, conhecidos como *data-loggers*, são hoje fundamentais para as estações de monitoramento, sendo capazes de armazenar dados coletados durante semanas ou mesmo meses, dependendo de sua capacidade e do intervalo de tempo entre medições.

Sensores específicos para cada ensaio são conectados aos diversos canais de registro dos *data-loggers*. Cada um dos sensores fornece uma determinada resposta eletrônica ao estímulo recebido durante o contato com a água. As respostas são registradas periodicamente para que, após a coleta dos dados armazenados com auxílio de um extrator de dados ou computador portátil, haja a conversão em valores numéricos.

Os ensaios medidos durante o monitoramento automático geralmente incluem: pH, oxigênio dissolvido, potencial redox, temperatura, salinidade, condutividade elétrica, turbidez, e nutrientes como amônia, nitrato e cloreto. Sensores de ficocianina, ficoeritrina e clorofila foram disponibilizados recentemente no mercado. As determinações de fósforo, nitrogênio, toxicidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e carbono orgânico total (COT) compõem a lista de ensaios que necessitam de equipamentos e estações mais sofisticadas tecnicamente. A determinação de outros parâmetros em laboratório para complementar o monitoramento é possível mediante a coleta de amostras por amostradores automáticos. Esses amostradores são constituídos de: a) interface digital para programação da amostragem; b) dispositivo de coleta de amostras e bico dosador e c) compartimento refrigerado onde as amostras ficam acondicionadas em frascos cuja quantidade é bastante variável, dependendo do modelo do equipamento e da estratégia operacional adotada. A amostragem pode ser programada para ocorrer de forma simples ou composta em cada frasco, além de se estabelecer o intervalo de tempo entre amostragens. Dessa forma, a amostra colhida em cada frasco estará associada a uma data e hora inicial e final. Após o preenchimento, os frascos são encaminhados ao laboratório para as análises de interesse.

Um exemplo de monitoramento automático é o realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em algumas regiões dentro do seu Monitoramento de Qualidade das Águas. Os dados são registrados a cada minuto e enviados por telemetria baseada em celular a uma Central de Gerenciamento localizada em sua sede na capital paulista, permitindo o acompanhamento *online* da qualidade das águas nos corpos monitorados. Essas estações funcionam como minilaboratórios, onde a aparelhagem analítica para a determinação de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez fica abrigada em um *container* (Fig. 89). A água é amostrada continuamente por uma bomba de recalque instalada submersa em uma estrutura metálica flutuante que acompanha as variações de nível d'água e permite que a amostragem ocorra sempre a uma mesma profundidade (Fig. 90).



**Figura 89.** Vista interna do container de uma Estação Automática de Monitoramento: (A) Em primeiro plano o amostrador automático refrigerado e, ao fundo, o gabinete onde estão instalados o CLP e os medidores de pH, OD, temperatura e condutividade elétrica; (B) Turbidímetro (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).



**Figura 90.** Vista da Estação Automática de Monitoramento Rasgão, localizada no rio Tietê em Pirapora do Bom Jesus – SP: (A) Vista da estrutura metálica flutuante que suporta a bomba de recalque; (B) Container (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

As estações contam, ainda, com linígrafos que registram a variação do nível d'água e amostradores automáticos refrigerados para acionamento por alarme ou pelo operador mediante programação *in loco*.

Os dados transmitidos à Central de Gerenciamento são inseridos em banco de dados e validados antes de serem disponibilizados aos públicos interno e externo.

As estações automáticas exigem visitas de manutenção com freqüência pré-determinada, variando de semanal a mensal, durante as quais é realizada a verificação de todos os equipamentos (válvulas, medidores, módulos de lavagem automática, amostrador), limpeza das células e sensores, calibração e aferição dos medidores, extração de dados do CLP, além da lavagem do conjunto flutuante-bomba e tubulação de recalque para garantir a fidelidade da água amostrada.

Mais recentemente, as sondas multiparâméticas têm sido utilizadas para o monitoramento automático contínuo ou temporário de corpos d'água. Essas sondas têm formato cilíndrico da ordem de 10 cm de diâmetro e 50 cm de altura e exigem para sua instalação somente um suporte do tipo mão-francesa dotado de roldana com corda ou cabo de aço para ajuste da profundidade de imersão da mesma, devidamente apoiado na margem do corpo d'água ou instalado na extremidade de um pier. No caso de reservatórios ou represas, as sondas podem ser instaladas em estruturas flutuantes apoitadas. A alimentação elétrica da sonda é garantida por baterias internas suficientes para períodos extensos de medição, dependendo da frequência de determinação e registro programada. A telemetria dos dados pode ser realizada de forma análoga à de uma estação convencional. Esse tipo de equipamento tem experimentado rápida evolução tecnológica nos últimos anos, podendo-se encontrar no mercado sensores para determinação de quase todos os parâmetros citados anteriormente.

O uso de sondas multiparâmetro constitui, dessa forma, alternativa interessante a ser considerada no projeto de redes de monitoramento automático da qualidade de corpos d'água. Esses equipamentos são tecnicamente confiáveis e exigem infra-estrutura mais simples para a sua instalação em comparação às estações automáticas convencionais, compostas de container e sistema de bombeamento, o que implica custos menores tanto na implantação quanto na manutenção ao longo de sua vida útil.

## **10 MEDIÇÃO DE VAZÃO**

Cada vez mais se tem reconhecido a importância da interpretação conjunta dos dados de quantidade (vazão) e qualidade. A informação de vazão de um corpo d'água ou despejo de efluentes, aliada aos dados de qualidade, possibilita o cálculo das cargas poluidoras, expressas em quantidade no tempo, geralmente kg/dia ou t/ano. Em se tratando de um processo industrial, a vazão permite determinar o balanço de massa no sistema para determinado elemento.

Para a medição de vazão é necessária equipe técnica treinada e apta a fazer uso de vários métodos e dispositivos, dependendo de uma série de fatores, tais como: objetivo da medição; porte do curso de água; tipo, variabilidade e regime do escoamento; acessibilidade ao local; recursos técnicos, humanos e econômicos e tempo, disponíveis.

A vistoria prévia do local é imprescindível e indicará o método de medição mais adequado. Nessa etapa, pode ser necessário que o técnico de campo estime a vazão por métodos simples, como o volumétrico ou com uso de flutuadores.

Saliente-se que embora a determinação da vazão não seja atividade do coletor de amostras, o mesmo pode contribuir de forma simples e rápida para a sua determinação. Nos locais de amostragem próximos de um posto fluviométrico dotado de réguas limnimétricas, basta ao coletor realizar a leitura da régua e registrá-la em sua ficha de coleta. Mediante parceria com a entidade responsável pelo posto, essa leitura pode ser facilmente transformada no valor da vazão do momento da coleta.

### **10.1 Medição de Vazão em Canais Abertos**

Rios, córregos e ribeirões constituem canais abertos cujas vazões podem ser determinadas por vários métodos, podendo-se citar como os principais:

- volumétrico;
- com flutuadores;
- convencional com molinete hidrométrico;
- acústico;
- traçador;
- com dispositivos de geometria regular.

A medição de vazão em canais abertos considera parâmetros característicos da seção de interesse, relacionados:

- à geometria da seção: área molhada, largura superficial, profundidade, dentre outros;
- ao escoamento: distribuição de velocidades da massa líquida na seção.

Esses parâmetros variam com o nível d'água, cuja leitura é realizada com a instalação de réguas limnimétricas na seção (Fig. 91), e podem ser definidos como:

- Área molhada: área da seção transversal ocupada por água e expressa em metros quadrados;
- Largura superficial: comprimento da linha horizontal da área molhada, expressa em metros;
- Profundidade: distância da superfície livre de água ao leito, podendo ser dada em termos da média, máxima e em determinada vertical.



**Figura 91.** Réguas Limnimétricas (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

#### 10.1.1 Método Volumétrico

O método volumétrico consiste em se medir o tempo necessário para o enchimento de um reservatório de volume conhecido. Um balde ou tambor pode ser usado no caso de pequenas vazões, mas o conceito pode ser ampliado para o reservatório de uma usina hidrelétrica.

Quando aplicável, o método será tão mais preciso quanto forem o volume do reservatório e o tempo medido para completá-lo. Em função do tempo de reação inerente ao ser humano na cronometragem, não devem ser escolhidos recipientes que impliquem tempos de enchimento muito curtos, recomendando-se, no mínimo, 100 segundos.

A vazão será obtida pela divisão do volume coletado pelo tempo medido.

#### 10.1.2 Medição com Flutuadores

A estimativa da velocidade com o uso de flutuadores é uma alternativa simples e rápida, mas com precisão limitada. Recomenda-se escolher um trecho de curso d'água retilíneo que apresente margens paralelas, declividade do leito constante e profundidade uniforme no sentido longitudinal.

Esse método é aceitável somente nos seguintes casos:

- Ocorrência de cheias com velocidades e profundidades impeditivas ao uso de embarcação para medição com molinete;
- Escoamentos com velocidades extremamente baixas em que o uso de molinete seja inviável.

O flutuador é posicionado no meio do rio ou canal, permitindo-se que ele percorra um pequeno trecho antes de se iniciar a cronometragem. Dessa forma, o objeto adquirirá, praticamente, a mesma velocidade da água que o circunda. A velocidade superficial é obtida dividindo-se a distância percorrida pelo tempo medido. A velocidade média na seção é estimada multiplicando-se a velocidade superficial pelo fator 0,85.

Estimando-se a área da seção transversal de escoamento, a vazão será calculada como o produto dessa área pela velocidade média de escoamento.

#### 10.1.3 Método Convencional com Molinete Hidrométrico

O método convencional de medição de vazões com molinete hidrométrico é bastante utilizado e serve de referência aos demais métodos, consistindo em se determinar a área molhada e a velocidade média na seção transversal de interesse, obtendo-se a vazão como o produto dessas duas grandezas.

Para que sejam consideradas as variações da geometria do leito e a distribuição de velocidades da massa líquida, a seção é dividida em um número significativo de subseções delimitadas por verticais - linhas imaginárias contidas no plano da seção transversal e perpendiculares à superfície livre de água. A distância entre verticais depende da largura do rio. O extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, hoje Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, recomendava as distâncias entre verticais relacionadas na tabela 09.

**Tabela 09.** Distância recomendada entre verticais.

Largura do rio (m)	Distância entre verticais (m)
≤ 3	0,30
3 - 6	0,50
6 - 15	1,00
15 - 30	2,00
30 - 50	3,00
50 - 80	4,00
80 - 150	6,00
150 - 250	8,00
≥ 250	12,00

Fonte: DNAEE, 1967 apud Santos et al, 2001.

É importante tomar nota do nível d'água ao início e final dos trabalhos, sendo desejável que o mesmo não se altere excessivamente durante a medição, aceitando-se uma variação de até 6cm.

Em cada vertical, é realizada a medição da profundidade ( $p$ ). Calculando-se a profundidade média de cada subseção e multiplicando pela sua largura, tem-se a área. A soma dessas áreas constituirá a área molhada da seção.

Concomitantemente, são medidas as velocidades com molinete hidrométrico (Fig. 92) em diferentes profundidades de cada vertical, de forma se obter a velocidade média. No Brasil, normalmente é empregado o método simplificado ou dos dois pontos para a determinação da velocidade média:

- se  $p < 0,60m$ , a velocidade é medida em um ponto da vertical a 0,6 $p$ ;
- se  $p \geq 0,60m$ , a velocidade é medida em dois pontos a 0,2 e 0,8 $p$ .



Figura 92. Molinete Hidrométrico (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

O molinete hidrométrico é constituído de um eixo ao qual é acoplada uma hélice calibrada e um contato elétrico que aciona um contador de rotações. O número de rotações por segundo dessa hélice correlaciona-se à velocidade da massa líquida por meio de uma equação fornecida pelo fabricante do equipamento.

É importante observar que cada hélice apresenta medidas válidas para determinada faixa de velocidades. No caso de velocidades muito baixas, deve-se fazer uso de mini e micromolinetes (Fig. 93 e 94).

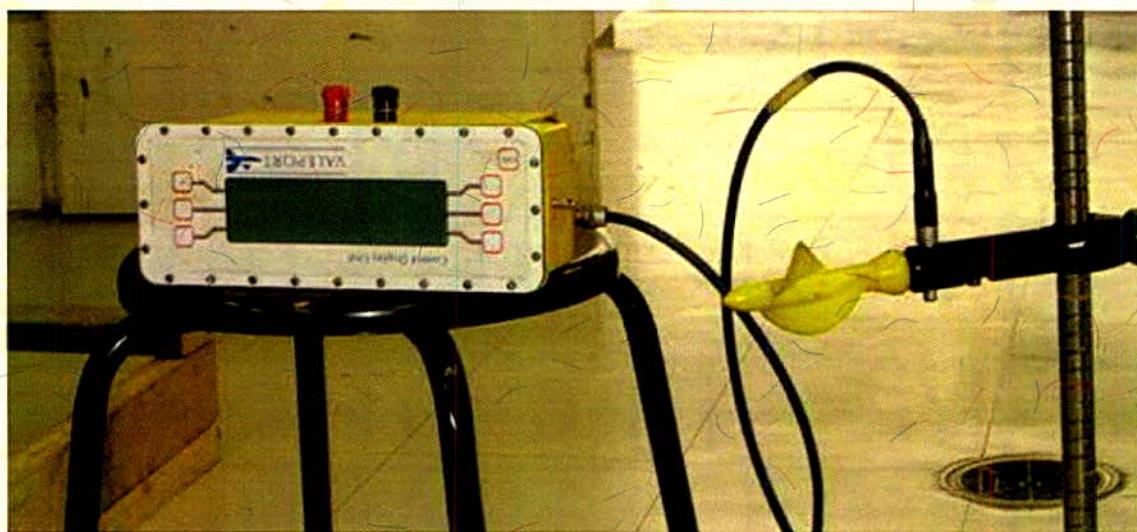


Figura 93. Minimolinete Hidrométrico (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

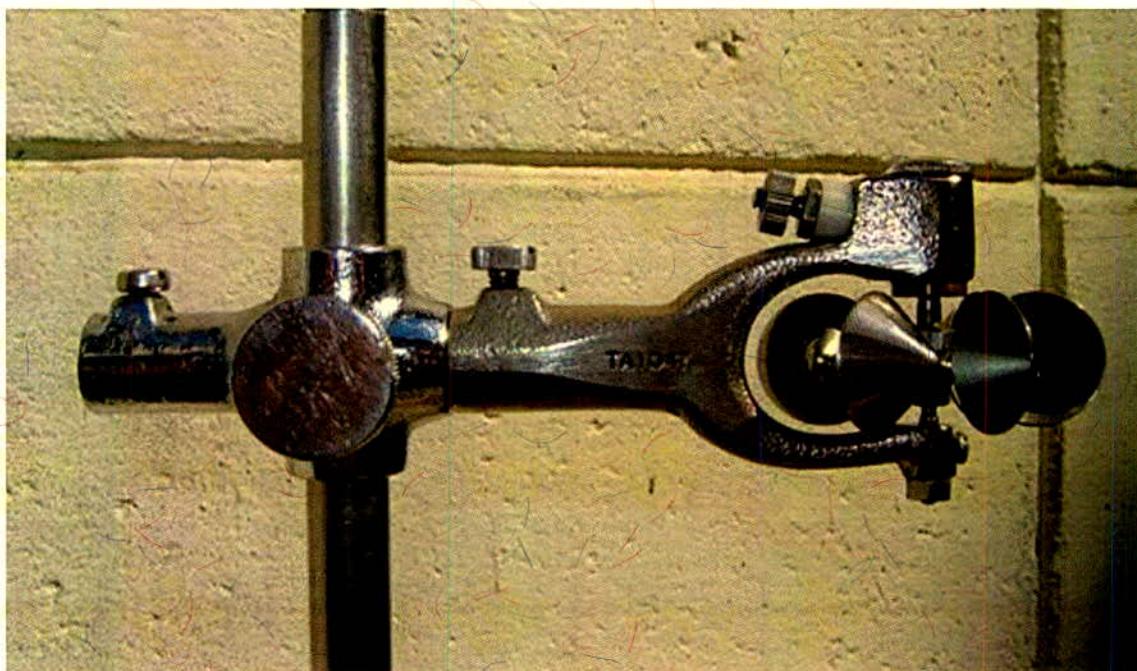


Figura 94. Micromolinete Hidrométrico (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

O procedimento mais utilizado no Brasil para o cálculo da vazão é o da Meia Seção, segundo o qual vazões parciais são calculadas para cada subseção com uma vertical ao centro e delimitada pelas semi-distâncias às verticais adjacentes. Dessa forma, a área de cada subseção será dada pelo produto da soma das semi-distâncias pela profundidade da vertical. Multiplicando-se essa área pela velocidade média na vertical, tem-se a vazão parcial nessa subseção. A soma dessas vazões parciais resultará na vazão total da seção.

A seção de medição deve ser escolhida com critério, de forma a que os seguintes requisitos sejam atendidos:

- Deve situar-se em trecho retilíneo do rio;
- Deve ser a mais regular possível, sem obstáculos - blocos de pedra, bancos de areia, dentre outros - no fundo e nas margens;
- Não devem ser observadas zonas de estagnação ou de remanso, bem como de deflexão da corrente.

Uma seção com as características citadas apresenta uma desejável distribuição paralela de velocidades. Não há necessidade de coincidência com a seção de réguas limnimétricas, desde que inexista contribuição importante entre elas, sejam afluentes naturais ou despejos.

A medição de vazão em pequenos cursos d'água onde a profundidade é inferior a 1 metro requer poucos equipamentos: molinete, haste graduada de fixação, contador de rotações e trena ou cabo de aço graduado. Nesse caso, a medição pode ser feita a vau - o operador posiciona-se dentro do leito d'água - ou a partir de pequenas pontes. A seção é demarcada com cabo de aço graduado ou trena esticada de margem a margem para servir de referência ao posicionamento do molinete nas verticais.

Em se tratando de rios maiores, com profundidades acima de 1m e/ou largura superior a 10m, a medição é normalmente realizada com embarcação a partir da qual o molinete é lançado. Um cabo de aço graduado é esticado de uma margem a outra e servirá de suporte para o deslocamento do barco e para o posicionamento das verticais. Para garantir a verticalidade do molinete, é utilizado abaixo do mesmo um lastro com forma hidrodinâmica e com peso proporcional à velocidade da água, podendo variar de 10 a 150kg. O conjunto molinete-lastro é suportado por cabo de aço especial - possui no centro um fio que envia os impulsos correspondentes às rotações da hélice do molinete - preso a um guincho hidrométrico (Fig. 95). Esse guincho é firmemente fixado à embarcação e é constituído de tambor dotado de manivela com engrenagem e trava de segurança.



**Figura 95.** Guincho Hidrométrico (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

A escolha da embarcação adequada é um item importante a ser considerado devido à sua relação direta com a segurança do pessoal e de todo o equipamento. A análise deve contemplar a estabilidade, borda livre e potência do motor. Entretanto, quanto maior a embarcação, maiores serão o espaço necessário para manobra e as dificuldades para transporte por via terrestre e colocação na água.

#### 10.1.4 Método Acústico

O método acústico utiliza os equipamentos denominados perfiladores acústicos de corrente por efeito doppler ou, em inglês, *acoustic doppler current profiler*, mais conhecidos pela sigla ADCP (Fig. 96). A aplicação desse método teve início nos EUA na década de 1980 e, já na década de 1990, chegou ao Brasil, onde vem se difundindo nas instituições que desenvolvem trabalhos de hidrometria.



**Figura 96.** Perfilador Acústico de Corrente por Efeito Doppler ou ADCP (Foto: Luis Altivo Carvalho Alvim).

Esse tipo de equipamento emite pulsos de ultrasom que são refletidos pelas partículas sólidas em suspensão na massa líquida e pelo fundo. Na prática, o aparelho é afixado na lateral da embarcação e conectado a um notebook onde é instalado o software fornecido pelo fabricante. Então, são realizadas, no mínimo, duas travessias da seção do rio, quando são registrados, simultaneamente: perfil de fundo ou batimetria; perfis e direções de velocidade e a trajetória descrita pelo barco. O próprio software encarrega-se de registrar e processar as informações colhidas e calcular a vazão total na seção.

O ADCP é um equipamento que apresenta inúmeras vantagens em relação ao molinete, dentre as quais:

- Medição de vazão em grandes profundidades, podendo chegar a mais de 200m;
- Uso em oceanografia, onde a velocidade e direção das correntes variam consideravelmente;

- Maior precisão na determinação das velocidades e profundidades;
- Medição mais rápidas, com menos equipamentos embarcados, dispensando-se o uso de cabo de aço na seção e lastro;
- Obtenção da vazão imediatamente ao final das travessias.

Por outro lado, podem ser apontadas como desvantagens ou limitações do ADCP:

- Necessidade de capacitação técnica dos operadores em informática para a operação do equipamento em campo e interpretação dos dados fornecidos pelo software em tempo real;
- Custo relativamente elevado de aquisição;
- Inadequação para medição de vazão em águas cristalinas ou com turbidez muito baixa;
- Como a medição é realizada com o aparelho parcialmente submerso e tem início e fim a certa distância das margens, na camada superficial e nas duas extremidades da seção a vazão não é medida, sendo apenas estimadas as velocidades;
- Como a medição é realizada com o aparelho parcialmente submerso, corpos d'água muito rasos não admitem o método.

Estudos comparativos entre dados de vazão obtidos pelos métodos convencional e acústico têm demonstrado uma correlação bastante elevada, sem tendência de um método apresentar resultados sistematicamente superiores ou inferiores a outro.

#### **10.1.5 Método do Traçador**

Denomina-se método do traçador à injeção, em determinado ponto do rio, de uma solução de produto químico de concentração conhecida e relativamente elevada. A medição da concentração na água será realizada com um salinômetro ou condutivímetro.

De forma análoga, pode-se utilizar como traçador material fluorescente (normalmente fluoresceína ou rodamina) ou radioisótopo em solução. Para a determinação da fluorescência, utiliza-se um equipamento denominado fluorímetro e no caso de se optar pelo uso de radioisótopos em solução, a atividade radioativa será medida diretamente em campo com um detector cintilador.

##### **(a) Injeção contínua**

O procedimento de injeção contínua de uma vazão constante baseia-se no princípio de que a diluição sofrida pela solução injetada será diretamente proporcional à vazão do corpo d'água.

Dessa forma, a uma distância a jusante suficiente para que a mistura solução-água do rio esteja completa, será medida a concentração do traçador adicionado na água.

A vazão do corpo d'água será dada por:

$$Q = q \cdot \frac{Cs}{Cr}$$

onde:

$Q$  = vazão do rio ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$q$  = vazão injetada de solução ( $\text{L/s}$ )

$Cs$  = concentração da solução ( $\text{g/L}$ )

$Cr$  = concentração na água do rio ( $\text{mg/L}$ )

A escolha do traçador deve levar em consideração diversos aspectos, dentre os quais:

- custo;
- alta solubilidade em água;
- baixa corrosividade e toxicidade;
- ausência na água do rio;
- decaimento da atividade ao longo do tempo do estudo, no caso de material radioativo.

### (b) Integração

O procedimento de integração ou injeção instantânea ocorre quando um volume conhecido de solução é despejado em determinado ponto do rio e, numa seção a jusante onde a mistura completa já tenha ocorrido, amostras são tomadas durante todo o tempo de passagem da solução.

A vazão será dada pela equação seguinte, onde a concentração do traçador das amostras é integrada no tempo:

$$Q = \frac{V \cdot Cs}{\int Cr \cdot dT}$$

onde:

$Q$  = vazão do rio ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$  = volume de solução despejado ( $\text{L}$ )

$Cs$  = concentração da solução ( $\text{g/L}$ )

$Cr$  = concentração variável do traçador na água do rio ( $\text{mg/L}$ )

$T$  = tempo de passagem da solução pela seção de amostragem ( $\text{s}$ ).

Nessa variante do método do traçador, é importante que nenhuma parcela da solução despejada seja retida em pontos de remanso ou de água parada.

#### 10.1.6 Medição com Dispositivos de Geometria Regular

Os dispositivos de geometria regular, como as calhas Parshall e os vertedores, são utilizados para medição de vazão devido ao fato de as relações cota-vazão serem conhecidas. Uma vez que as dimensões desses dispositivos são padronizadas, elas podem ser facilmente reproduzidas em campo, mantendo-se as equações determinadas em laboratório.

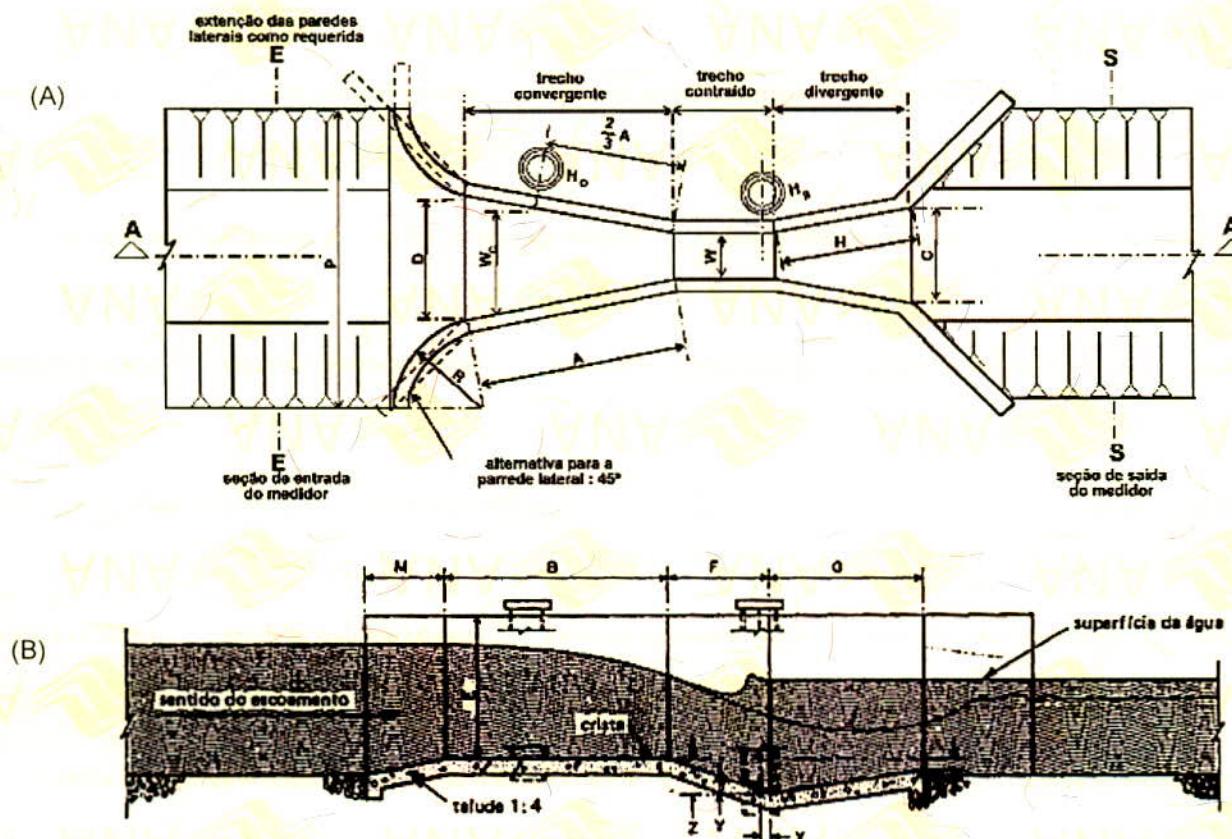
Esses dispositivos aplicam-se à medição de pequenas vazões, no máximo  $5\text{m}^3/\text{s}$ .

##### (a) Calha Parshall

A calha Parshall (Fig. 97) é um exemplo de canal de controle utilizado para medições contínuas de descarga e não requer caixa de tranqüilização a montante.

Suas principais desvantagens são a maior complexidade construtiva e o custo elevado. Por outro lado, apresenta as seguintes vantagens em relação aos vertedores:

- não altera significativamente as condições naturais do corpo d'água, como a circulação de sedimentos, nutrientes e vida aquática;
- uma única estrutura permite medir uma ampla faixa de vazões.



**Figura 97.** Calha Parshall: (A) Vista superior em corte de uma calha Parshall; (B) Vista lateral em corte longitudinal de uma calha Parshall (Fonte: CETESB, 1988).

A vazão é dada por:

$$Q = 2,2 \cdot W \cdot H_a^{3/2}$$

onde:

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ )

$W$  = largura da garganta (m)

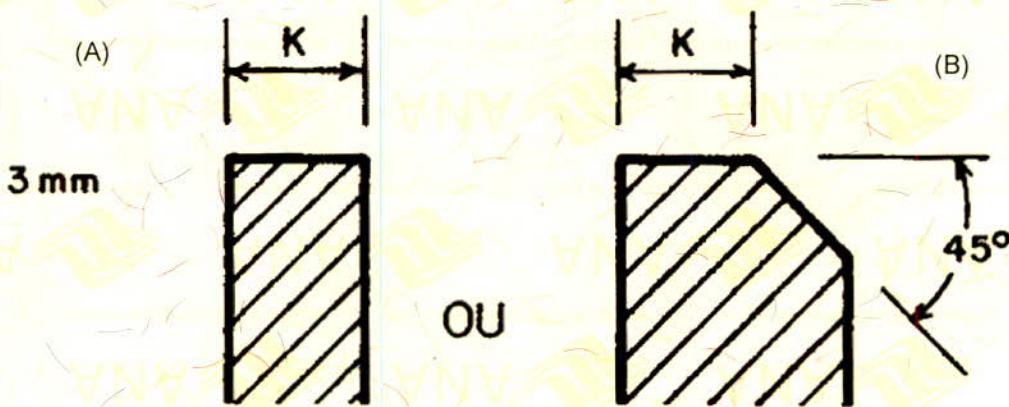
$H_a$  = carga na seção convergente (m)

O coeficiente de descarga adimensional 2,2 é válido para  $0,30 < W < 2,45$ .

Os símbolos utilizados pelas disposições construtivas são interrelacionados e estão contidos nos manuais de Hidráulica. A largura da garganta é o tamanho nominal do Parshall e as demais dimensões dependem desse valor. A equação mostrada somente pode ser aplicada se a calha apresentar a veia de jusante - medida por  $H_b$  - com escoamento livre.

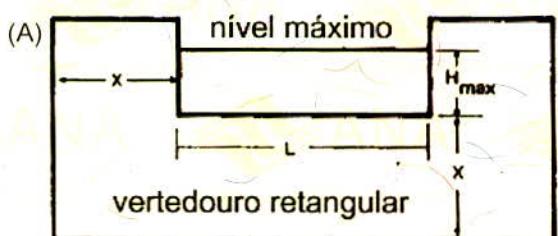
#### (b) Vertedores de soleira delgada

Um vertedor de soleira delgada consiste em uma placa fina que intercepta transversalmente o fluxo d'água, provocando uma elevação a montante e vertendo para jusante. Os vertedores de parede delgada (Fig. 98) distinguem-se dos de soleira espessa pela largura da soleira. Se for possível observar paralelismo dos filetes na soleira, o vertedor é dito de soleira espessa.



**Figura 98.** Vertedores de parede delgada: (A) Soleira delgada; (B) Soleira espessa (Fonte: CETESB, 1988).

O formato do recorte na placa por onde a água escoa - triangular, retangular, trapezoidal e outros - determina o tipo de vertedor e a formulação estabelecida para o cálculo da vazão, conforme mostrado na Figura 99.

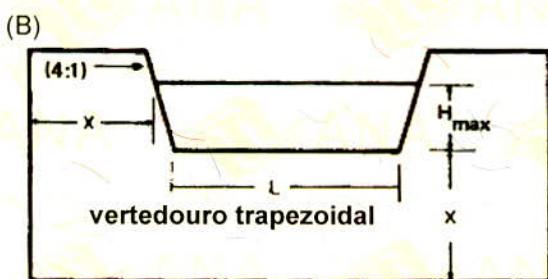


$$Q = 1,84 \cdot L \cdot H^{3/2} \text{ onde:}$$

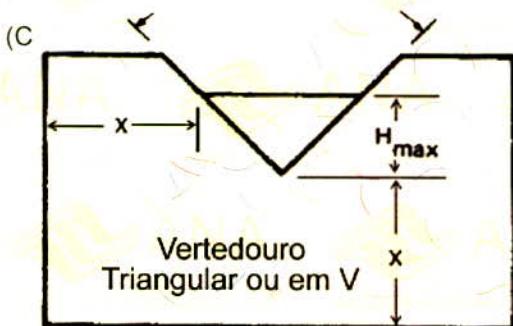
$Q$  = vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$L$  = largura da crista (m)

$H$  = carga (m)



$$Q = 1,84 \cdot L \cdot H^{3/2} \text{ onde os símbolos têm significado idêntico ao acima}$$

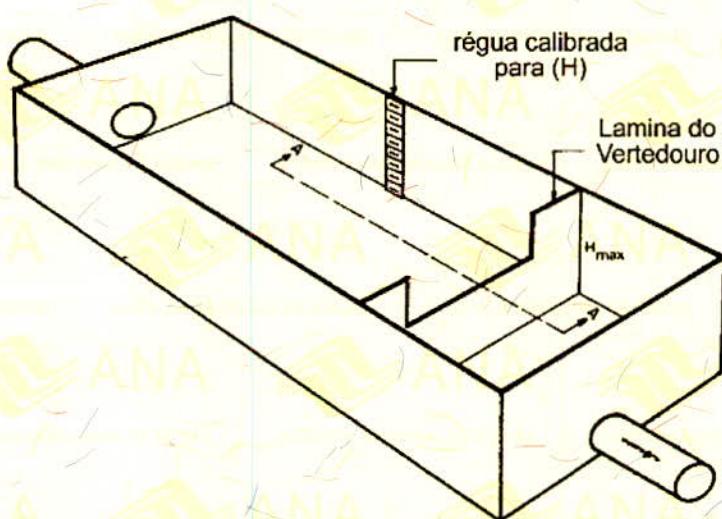


$$Q = 1,4 \cdot H^{5/2} \text{ se o angulo for de } 90^\circ; \text{ os demais símbolos idênticos aos acima}$$

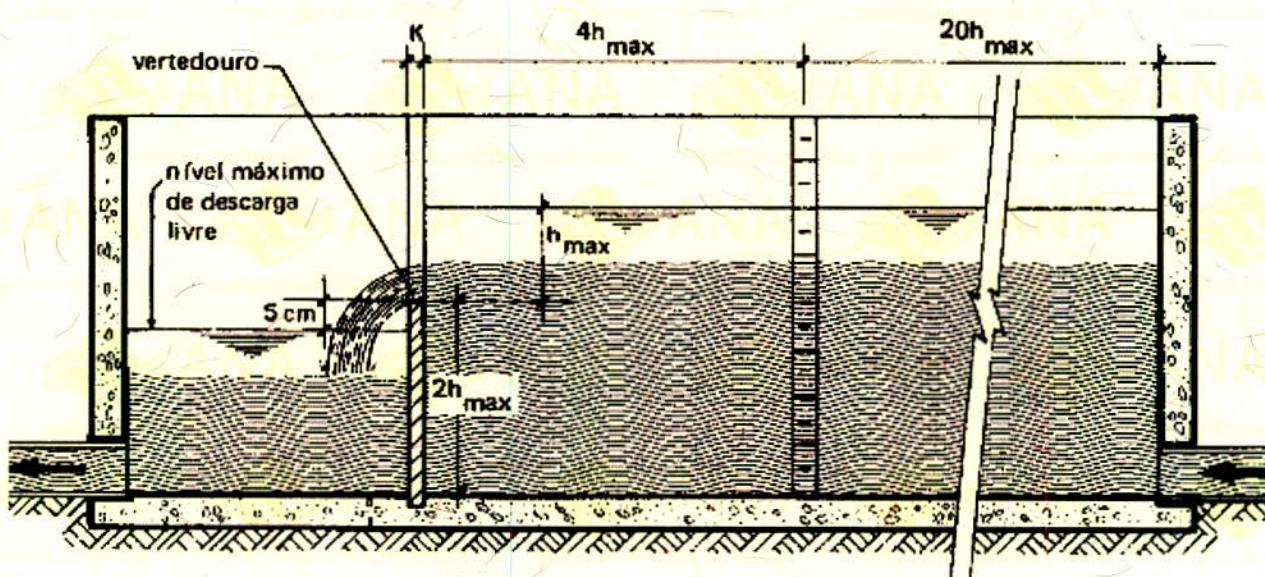
**Figura 99.** Vertedores de parede delgada: (A) Vertedor retangular e cálculo da vazão; (B) Vertedor trapezoidal e cálculo da vazão; (C) Vertedor triangular ou em "V" e cálculo da vazão (Fonte: CETESB, 1988).

Os coeficientes de vazão (1,84; 1,86; 1,4) variam em função do vertedor. Os valores de  $L$  e  $X$  são dados em função de  $H_{MAX}$ , que é a altura máxima da lâmina d'água em metros, descontado o bordo livre, isto é:  $L$  é pelo menos  $3 H_{MAX}$ ,  $X$  é pelo menos  $2 H_{MAX}$ .

Como forma de tornar o escoamento a montante do vertedor o mais regular possível, pode-se instalar uma caixa de tranquilização (Fig. 100 e 101). As dimensões da caixa podem variar para se adaptar às condições reinantes em cada local, desde que resultem em escoamento tranquilo. Adicionalmente, podem ser instaladas chicanas antes da lâmina do vertedor.



**Figura 100.** Caixa de tranqüilização com vertedor interno (Fonte: CETESB, 1988).

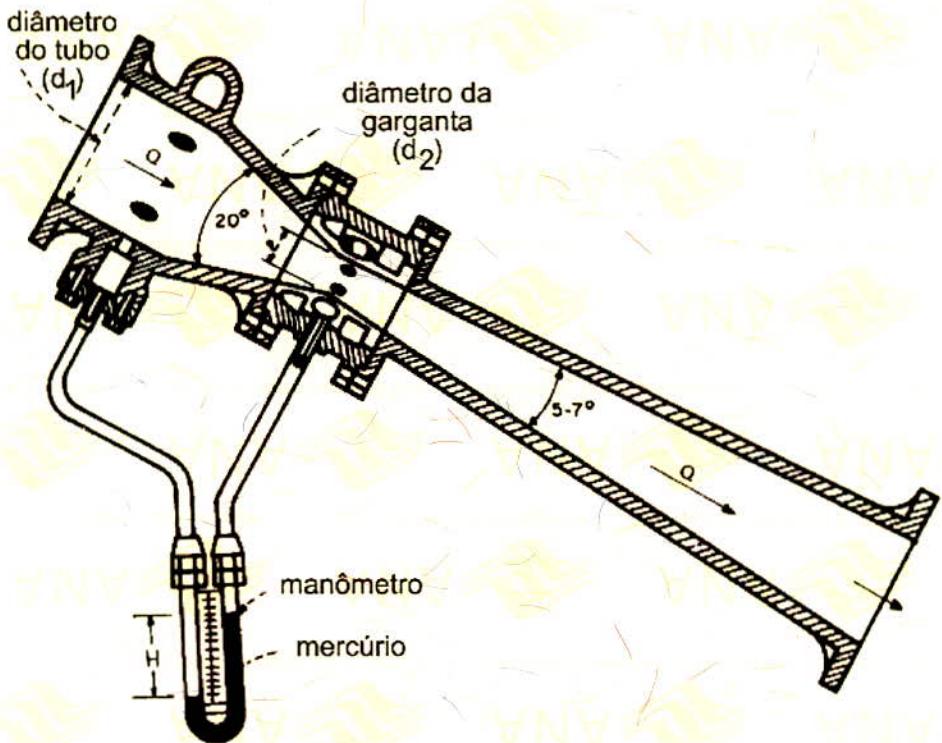


**Figura 101.** Caixa de tranqüilização – corte longitudinal (Fonte: CETESB, 1988).

## 10.2 Medição de Vazão com Dispositivos Instalados em Tubos

A seguir são apresentados os dispositivos medidores de vazão instalados em tubos, com seus desenhos esquemáticos e formulação básica. São eles: Medidor Venturi (Fig. 102), bocais e orifícios (Fig. 103), tubo de Pitot (Fig. 104), medidor magnético (Fig. 105) e rotâmetro (Fig. 106).

### 10.2.1 Medidor Venturi



**Figura 102.** Medidor Venturi (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = 0,98 \cdot A \cdot K \cdot \sqrt{H},$$

onde:

$Q$  = vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  = área da garganta ( $\text{m}^2$ )

$H$  = carga diferencial de pressão (m)

$$K = \frac{2 \cdot g}{\sqrt{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4}}$$

$d_1$  = diâmetro do tubo (m)

$d_2$  = diâmetro da garganta (m)

$g$  = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Obs.: O coeficiente 0,98 já considera o fato de haver mercúrio no manômetro.

#### 10.2.2 Medição com Bocais e Orifícios

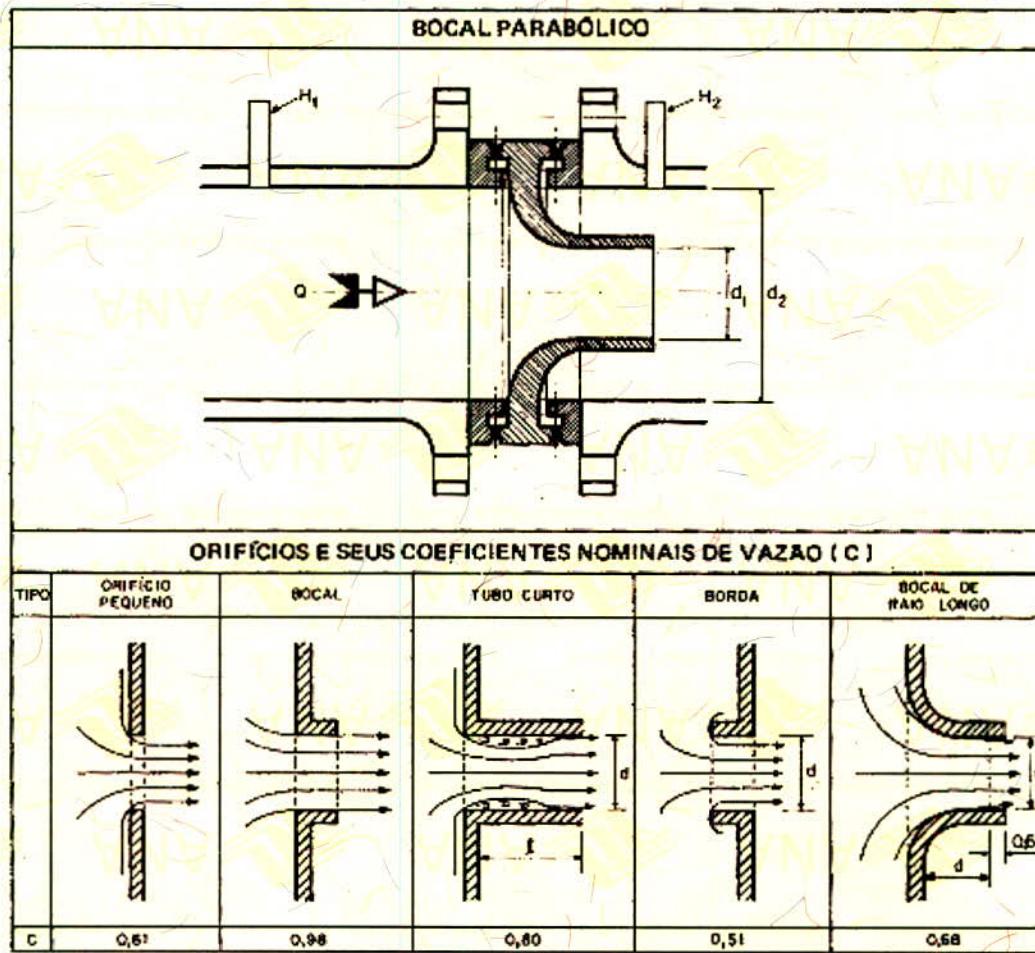


Figura 103. Boca e orifícios para medição de vazão (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = C \cdot A \cdot K \sqrt{H}$$

onde:

A = área da seção ( $m^2$ )

Q = vazão ( $m^3/s$ )

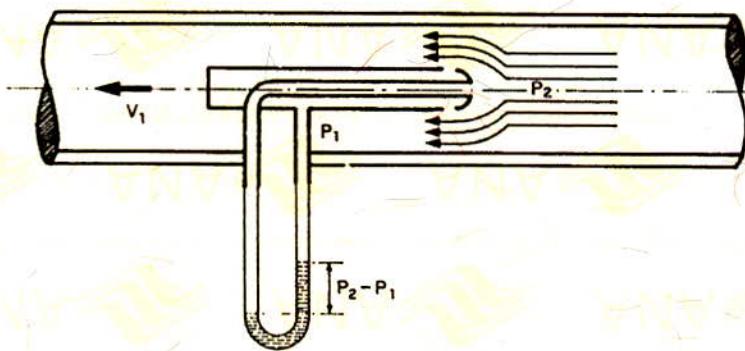
C = coeficiente de vazão adimensional para cada tipo de orifício ou bocal

K = 4,42

H =  $H_1 - H_2$ , carga hidráulica (mca)

Os bocais distinguem-se dos orifícios e dos tubos a partir da relação entre comprimento e diâmetro (d). Esta relação também influí nos coeficientes de vazão e na velocidade do escoamento, se o orifício estiver instalado em uma canalização.

#### 10.2.3 Tubo de Pitot



**Figura 104.** Tubo de Pitot (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = S \cdot V,$$

onde:

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s})$$

$$S = \text{área da seção (m}^2)$$

$$V = \text{velocidade média na seção (m/s)}$$

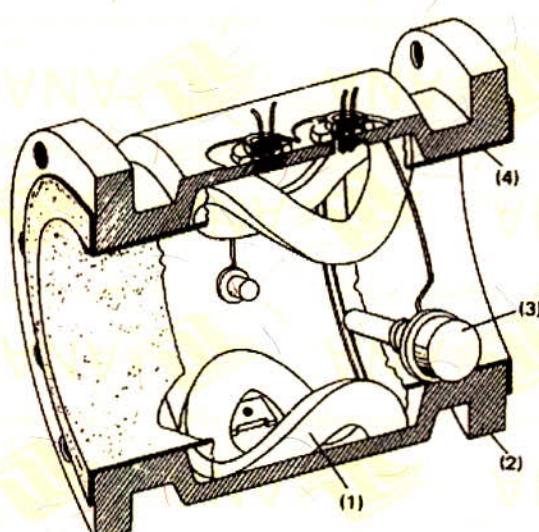
$$V \cong H \sqrt{2.g} \text{ onde:}$$

$$g = \text{aceleração da gravidade (9,81m/s}^2)$$

$$H = P_2 - P_1 \text{ (mca)}$$

A velocidade média na seção é obtida variando-se a posição do bocal. Genericamente, a velocidade média oscila entre 0,5 e 0,8 da velocidade no eixo.

#### 10.2.4 Medidor Magnético



**Figura 105.** Medidor Magnético (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = Vv \cdot V_T \cdot B,$$

onde:

$$Q = \text{vazão}$$

$Vv$  = voltagem induzida e proporcional a  $Vm$

$Vm$  = velocidade média

$V_T$  = a voltagem  $Vv$  amplificada é levada a um compensador, a corrente alternada é transformada em contínua e levada ao multiplicador e conduzida ao acumulador cuja leitura indica  $V_T$

B = característica da seção transversal do conduto (diâmetro)

A formulação é equivalente a  $Q = Vm \cdot F$ , que pode ser obtida por leitura direta do equipamento calibrado.

O medidor magnético pode ser instalado externamente a uma canalização, embora os eletrodos entrem em contato com o líquido.

#### 10.2.5 Rotâmetro

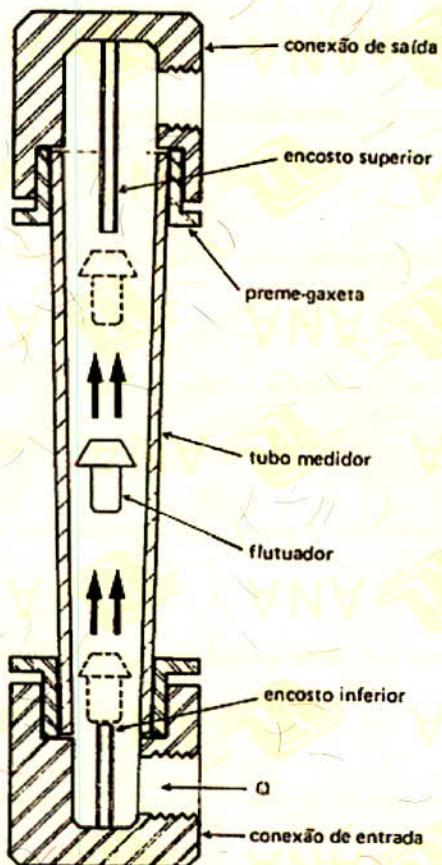


Figura 106. Rotâmetro (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = K \cdot (\alpha^2 - 1) \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot D_f \cdot \sqrt{\frac{F}{\varphi}}$$

onde:

$Q$  = vazão

$K$  = coeficiente de descarga (fluidos teóricos e reais)

$\alpha$  = relação entre diâmetro do tubo medidor e do flutuador

$D_f$  = diâmetro do flutuador

$F$  = força que atua no flutuador, dependendo da diferença de densidade entre flutuador e líquido

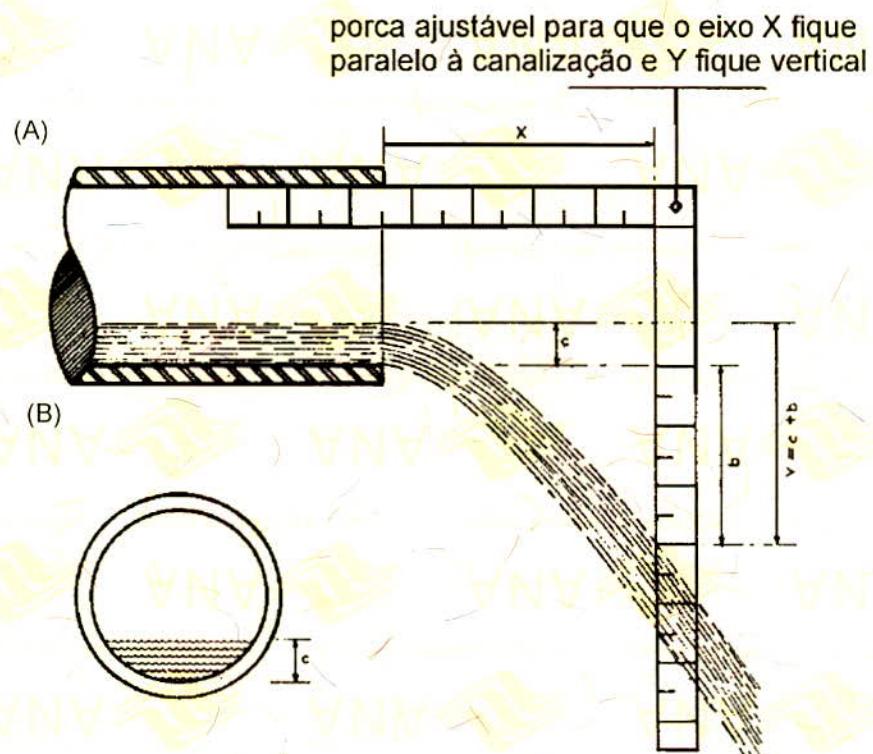
$\varphi$  = densidade do líquido

O rotâmetro é utilizado em líquidos claros e limpos. É um equipamento preciso e de baixo custo, sendo a vazão obtida por leitura direta no tubo-medidor, já graduado de forma conveniente.

### 10.3 Medição de Vazão em Tubos com Descarga Livre

A vazão em tubos com descarga livre pode ser obtida a partir do método das coordenadas geométricas do jato (Fig. 107 e 108) e método Califórnia (Fig. 109, 110 e 111).

#### 10.3.1 Método das Coordenadas Geométricas do Jato



**Figura 107.** Método das Coordenadas Geométricas do Jato: (A) Vista em corte longitudinal do tubo; (B) Detalhe do corte frontal do tubo (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = 2,21 \cdot \frac{A \cdot X}{Y}$$

onde:

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ )

$A$  = área da seção molhada ( $m^2$ )

$X$  = distância na horizontal (m)

$Y$  = distância na vertical (m)

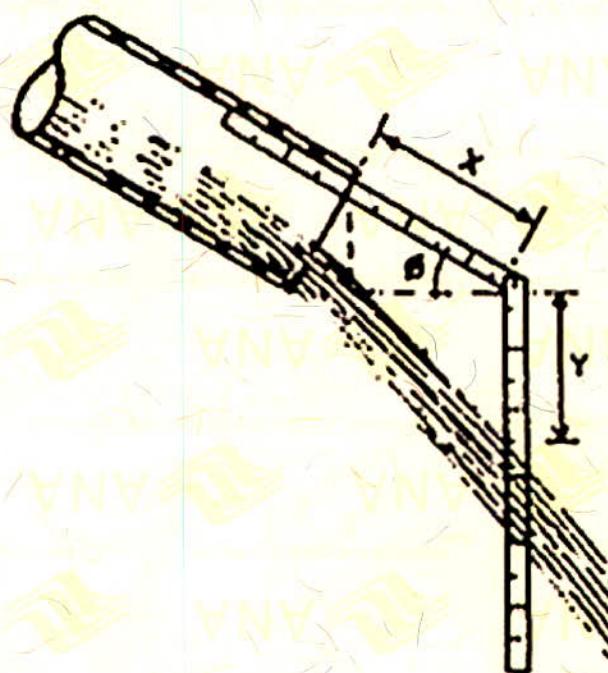
$Y = c + b$  (m)

$c$  = profundidade na canalização (m)

$b$  = distância do fundo do conduto até a superfície do líquido que escoa (m)

O coeficiente 2,21 é obtido a partir do equacionamento hidráulico, considerando a veia fluída em escoamento sob ação da gravidade.

Para conduto ou canalização inclinada (Fig. 108), o dispositivo deve ser ajustado à inclinação do conduto e calibrado, podendo então ser acoplado à extremidade do conduto. Recomenda-se sua utilização para ângulos de inclinação pequenos.



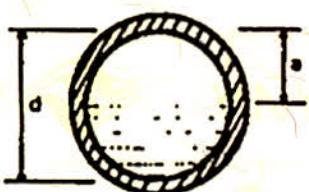
**Figura 108.** Aplicação do Método das Coordenadas Geométricas do Jato a canalizações inclinadas (Fonte: CETESB, 1988).

### 10.3.2 Método Califórnia

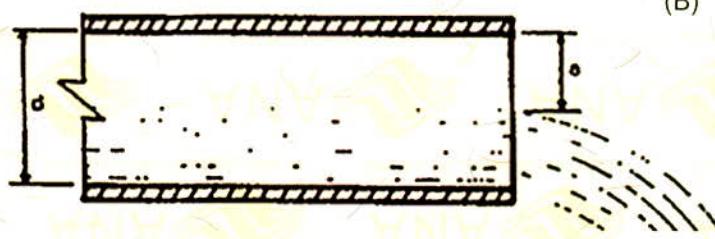
O Método Califórnia é indicado para condutos horizontais (Fig. 109). No caso de condutos inclinados, estes devem ser ligados a um comprimento de tubo horizontal por meio de uma mangueira, como ilustrado na Figura 110.

## MÉTODO CALIFÓRNIA

(A)



(B)



**Figura 109.** Método Califórnia: (A) Detalhe do corte frontal do tubo; (B) Vista em corte longitudinal do tubo (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = K \cdot h^{1.88}$$

onde:

$Q$  = vazão (L/s)

$K$  = coeficiente de descarga que depende das características do conduto (m)

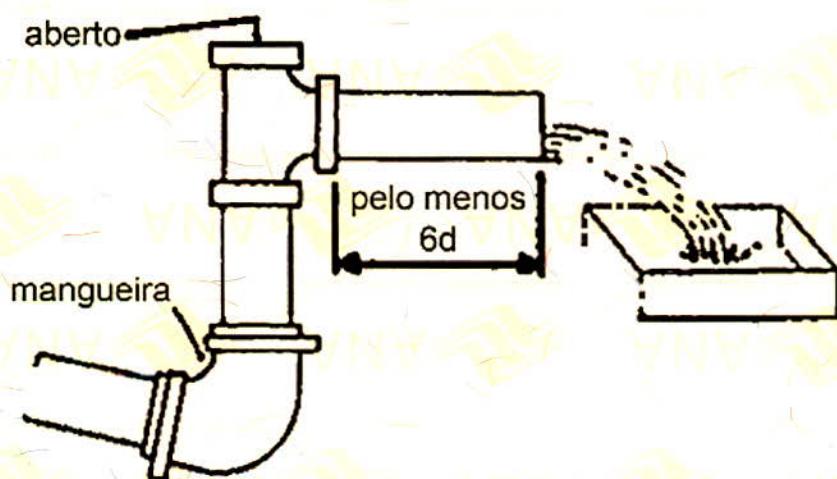
$K = 0,057 + 0,01522 d$  (cm)

$d$  = diâmetro do conduto (cm)

$h$  = altura da lâmina d'água (cm)

$h = d - a$  (m)

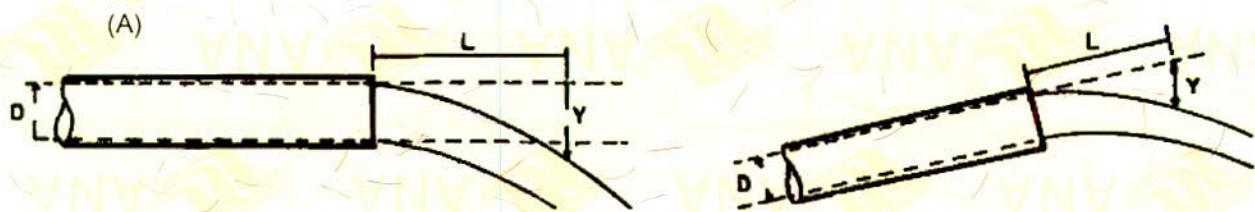
$a$  = altura do conduto não tomada pelo líquido (cm)



**Figura 110.** Método Califórnia para condutos inclinados (Fonte: CETESB, 1988).

Existe também o Método Califórnia Modificado, que é uma adaptação aos tubos cheios horizontais ou inclinados (Fig. 111). O ângulo pode variar, mas o valor de  $Y$  é fixo e igual a 0,25m. O valor 12,5 é obtido algebricamente a partir do equacionamento, considerando escoamento sob ação da gravidade.

(B)



**Figura 111.** Método Califórnia Modificado: (A) Tubo horizontal; (B) Tubo inclinado (Fonte: CETESB, 1988).

$$Q = 12,5 \cdot X \cdot D^2,$$

onde:

$Q$  = vazão ( $L/h$ )

$X$  =  $L$  = comprimento na horizontal (cm)

$D$  = diâmetro interno do tubo (cm)

$Y$  = distância na vertical (m)

## Capítulo 11

### 11 BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; FERREIRA, C. P.; LEITE, F. P. P. Distribuição da macrofauna bêntica da zona entremarés, em praias do litoral do Estado de São Paulo. In: MINI-SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA, 7, São Sebastião, Resumos. São Sebastião, CEBIMar-USP, 1988. p.8.
- AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; LOPES, P.P. Aspectos da zonação da macrofauna entremarés de praias do litoral norte do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 18, Salvador, Resumos. Salvador, UFBA, 1991. p. 502.
- AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; LOPES, P. P.; BELÚCIO, L. F.; LEITE, F. P. P.; FERREIRA, C. P. Composition and distribution of the intertidal macrofauna of sand beaches on São Paulo Coast. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRO: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, 2, Águas de Lindóia. Anais ACIESP, Suppl. 71, São Paulo, 3: 258-279. 1990.
- AMARAL, A. C. Z.; PARDO, E. V.; MORGADO, E. H.; REIS, M. O; SALVADOR, L. B.; LIMA, L. H.. Sobre a macroinfauna bêntica entremarés de praias da Ilha de São Sebastião. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA: SUBSÍDIOS A UM GERENCIAMENTO AMBIENTAL, 3, Serra Negra. Anais ACIESP, Suppl. 87, São Paulo, 3: p.330-337. 1994a.
- AMARAL, A. C. Z; MORGADO, E. H.; HENRIQUES, S. A.; STEINER, T. M.; OMENA, E. P.; RIZZO, A. E.; ABRAHÃO, J. R.; NUCCI, P. R.; PARDO, E. V.; SALVADOR, L. B.; REIS, M. O. Monitoramento de praias arenosas do Canal de São Sebastião. In: MINI-SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA, 10, São Sebastião, Resumos. São Sebastião, CEBIMar-USP, p. 3. 1995a.
- AMARAL, A. C. Z; MORGADO, E. H.; LIMA, L. H.; OMENA, E. P.; PARDO, E. V.; REIS, M. O.; SALVADOR, L. B.; STEINER, T. M.; Denadai, M. R. Monitoramento de praias do Canal de São Sebastião (SP-Brasil) - Programa Amostral. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR, 6, Mar del Plata, Argentina, Resumos. Mar del Plata, p. 21. 1995b.
- AMARAL, A. C. Z; MORGADO, E. H. Efeitos da poluição de origem doméstica sobre a macrofauna bêntica de praias do litoral paulista. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2, Londrina, Resumos. Londrina, UEL, p. 623. 1994b.
- APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF - Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Eaton, A. D.; L. S. Clesceri; A. E. Greenberg (Eds.), 20th ed., Washington, D.C., 2005.
- ARTIOLA, J. F.; PEPPER, I. L.; BRUSSEAU, M. (Eds). **Environmental Monitoring and Characterization**. California (USA): Elsevier Academic Press, 2004. 410pp.
- BELÚCIO, L. F.; MORGADO, E. H. Padrões de distribuição e abundância de moluscos na região entremarés do Araçá (São Sebastião, SP). In: MINI-SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA, 10, São Sebastião, Resumos. São Sebastião, CEBIMar-USP, 1995. p. 4.
- BELÚCIO, L. F.; MORGADO, E. H.; AMARAL, A. C. Z. Macrofauna bêntica de moluscos da região entremarés da Enseada de Caraguatuba, SP. In: SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRÁFIA, 1, São Paulo, Resumos. São Paulo, IOUSP, 1989. p. 94-95.
- BENTO, A. P. **Tratamento de Esgoto Doméstico em Lagoas de Estabilização com Suporte para o Perifiton – Biofilme**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. 197 pp.

- BENTO, A. P.; PANITZ, C. M. N. O emprego da comunidade perifítica como indicador biológico da qualidade das águas da microbacia do baixo Cubatão e da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Florianópolis, SC. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Gramado (RS). 1998.
- BICUDO, C. E. M. Metodologia para o estudo qualitativo das algas do perifiton. *Acta Limnol. Brasil.*, v. 3, p. 477-491, 1990.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de Águas Continentais do Brasil**. São Carlos: RiMa Ed. 2005. 508pp.
- BIGGS, B. J. F.; KILROY, C. **Stream periphyton monitoring manual**. Nova Zelândia: NIWA, Christchurch. 2000. 246pp.
- BOLTOVSKOY, D. (ed.). **Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marinho**. Mar del Plata: Publicación del INIDEP. 1981.
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Normas e recomendações hidrológicas estabelecidas pelo Decreto n. 60.852 de 14 de junho de 1967*. [Rio de Janeiro], 1967/70. 6 anexos. Anexo II: Fluvometria.
- BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. 1<sup>a</sup>. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.
- BURTON Jr., G. A . (ed.). **Sediment Toxicity Assessment**. London: Lewis Publishers, Inc., 1992. 457pp.
- CETESB. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo: CETESB, 1988.
- CETESB. **Estudos preliminares para o uso de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais – riachos e corredeiras na bacia do Rio Atibaia**. São Paulo: CETESB, Agosto/2002. (Relatório Técnico)
- CETESB. **Atualização e aperfeiçoamento de metodologias analíticas. Diagnóstico Ecológico de um Trecho do Ribeirão dos Cristais**. São Paulo: CETESB, Abril/2005. (Relatório Técnico).
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to Their Public Health. Consequences, Monitoring and Management**. 1º ed. London: E&FN Spon.1999, 416 pp.
- COOK, C. D. K. **Aquatic Plant Book**. The Hague: SBP Academic Publishing, 1996. 228pp.
- COOKE, B. W. M. Colonization of Artificial Bare Areas by Microorganisms. *Bot. Rev.*, V. 22, N. 9, p. 613-638, 1956.
- CUSHING, C. E. Periphyton productivity and radionuclide accumulation in the Columbia River, Washington, USA. *Hydrobiologia*, v. 29, p. 125-139, 1967.
- DE BERNARDI, R. Methods for the estimation of zooplankton abundance. In: DOWNING, J. A.; F. H. RIGLER (Eds.). **A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh water**. Blackwell Scientific Publication, IBP Hand Book 17, 1984. p. 59-86.
- ECONOMOU-AMILI, A. Periphyton analysis for the evaluation of water quality in running water of greece. *Hydrobiologia*, v. 74, p. 39-48, 1980.
- EDEN, S.; HEATH, D. **Field Manual for Quality Sampling**. Arizona, USA: Arizona Water Resources Research Center, Arizona Department of Environmental Quality (Ed), 1995. 106pp.
- EDWARDS, C. A. **Persistent pesticides in the environment**. CRC Press Inc. 2nd Edition, 1975. 170pp.
- ELLIOTT, J. M. **Statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. Freshwater Biological Association, 1977. 157pp.

- EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY, AUSTRALIA. **EPA Guideline: Regulatory monitoring and testing water and wastewater sampling.** South Australia, 2007. Disponível em: [http://www.epa.sa.gov.au/xstd\\_files/Water/Guideline/guide\\_wws.pdf](http://www.epa.sa.gov.au/xstd_files/Water/Guideline/guide_wws.pdf)
- GRAHAM, J.L.; LOFTIN, K.A.; ZIEGLER, A.C.; MEYER, M.T. **Guidelines for design and sampling for cyanobacterial toxin and taste-and-odor studies in lakes and reservoirs:** U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008-5038, 2008. 39 pp.
- HANEY, J. F.; D. J. HALL. Sugar-coated *Daphnia*: A preservation technique for Cladocera. *Limnol. Oceanogr.*, v. 18, p. 331-333, 1973.
- HILL, B. H.; WEBSTER, J. R. Periphyton production in an Appalachian river. *Hydrobiologia*, v. 97, p. 275-280, 1982.
- HOEHNE, F. C. **Plantas aquáticas.** São Paulo: Instituto de Botânica, 1979. 168 pp.
- HÖTZEL, G.J.; CROOME, R. **A phytoplankton methods manual for australian freshwaters.** Camberra, Australia: Land and Water Resources Research and Development, 1999.
- HUBOLD, G. Considerações metodológicas sobre a coleta de plâncton realizada durante as Operações CONVERSUT I e II (1978 e 1979). *Anais Hidrográficos*, Rio de Janeiro, v. 36, p. 1-11, 1979.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **NIT-DICLA-057. Critérios para acreditação da amostragem de águas e matrizes ambientais.** Revisão N° 00. 2009. 12pp.
- IRGANG, B. E.; GASTAL JÚNIOR, C. V. S. Problemas taxonômicos e distribuição geográfica de macrófitas aquáticas do sul do Brasil. (Cap. 7) In: THOMAZ S. M. & BINI L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** Maringá: EDUEM, p. 163-169, 2003
- KLEMM, D. J.; LEWIS, P. A.; FULK, F.; LAZORCHAK, J. M. **Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters.** EPA-600-4-90-030. Environmental Monitoring Systems Laboratory, US/EPA, Cincinnati, 1990. 256pp.
- KUHLMANN, M. L.; IMBIMBO, H. R. V.; WATANABE, H. M. **Macrofauna bentônica de água doce: Avanços metodológicos – III.** São Paulo: CETESB, 2003. 74pp. (Relatório Técnico)
- LEITE, F. P. P.; FERREIRA, C. P. Composição, distribuição e densidade dos crustáceos do Araçá, São Sebastião (SP). In: MINI-SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA, 7, São Sebastião, Resumos. São Sebastião, CEBIMar-USP, 1988. p.27.
- LEITE, F. P. P.; RAMOS, M. P.; SOTO-ESPINOZA, D. Aspectos da dinâmica populacional de *Kalliapseudes schubarti* Mané-Garzon, 1949 (Crustacea, Tanaidacea) do Araçá, São Sebastião, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 19, Congresso Latino-Americanano de Zoologia, 12, Belém, Resumos. Belém, UFPA, 1992. p. 40.
- LIMA, M. R. de; REISSMANN, C. B.; TAFFAREL, A. D. Fitorremediação com macrófitas aquáticas flutuantes. In: ANDRELI, C. V.; CARNEIRO, C. (Eds.). **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados.** p. 391-408. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2005. 500pp. il.
- LOBO, E. A., CALLEGARO, V. L. M.; BENDER, P. Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 2002. 127pp.
- LOBO, E. A., CALLEGARO, V. L. M.; HERMANY, G.; BES, D.; WETZEL, C. A.; OLIVEIRA, M. A. Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnol. Bras.*, v. 16, n.1, p. 25-40, 2004.
- LOPES, P. P. **Estrutura da comunidade de poliquetos da zona entremarés da Região do Araçá, São Sebastião (SP).** Dissertação (Mestrado), Instituto de Biologia, UNICAMP, 1993. 106 pp.

- LOPES, C. F. Monitoramento das populações de *Cthamalus* spp. (Crustacea - Cirripedia) de costões da área do Canal de São Sebastião - SP: Instrumento para a avaliação dos efeitos biológicos provocados por um derrame de petróleo. Dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1997. 87pp. + tabelas e figuras.
- LOPES, P. P.; AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H. Distribuição de anelídeos poliquetas da região entremarés da Enseada de Caraguatatuba, SP. In: SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRÁFIA, 1, São Paulo, Resumos. São Paulo: IOUSP, 1989. p.100-101.
- MAURI, R.; BOUDOU, A.; RIBEYERE, F.; ENGRAND, P. Experimental study between artificially contamination ( $\text{CH}_3\text{HgCl}$ ) and macrophytes *Elodea densa*. *Aquat. Toxicol.*, v. 12, p. 213-228, 1988.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. Design of aquatic insect studies: collecting, sampling and rearing procedures. In: MERRITT, R. W. & CUMMINS, K. W. (eds.). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hurt. Publ. Co., p. 12-28, 1996.
- MEYER, F. P.; BARCLAY, L. A. *Field manual for the investigation of fish kills*. Washington, DC: National Technical Information Service (NTIS). 1990. 120pp.
- MILANELLI, J. C. C. *Efeitos do petróleo e da limpeza por jateamento em um costão rochoso da Praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP*. Dissertação (Mestrado), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1994. 101pp. + figuras, 2V.
- MILANELLI, J. C. C. *Biomonitoramento de costões rochosos. Instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião – São Paulo*. Tese (Doutorado), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2003.
- MIRANDA, A. L. B. *Análise Estrutural da Comunidade Perifítica sobre Leersia hexandra Schw. em Ambientes Lóticos da Região Carbonífera do Baixo Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 111 pp.
- MONTEIRO, A. M. G. *A macrofauna do infralitoral superior das praias de Santos e São Vicente*. Dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências, USP, 1980. 127 pp.
- MORGADO, E. H.; AMARAL, A. C. Z.; NONATO, E. F.; SALVADOR, L. B. Intertidal sandy beaches polychaetes of São Sebastião Island, Southern Brazil. *Mém. Mus. Hist. Nat. Paris* v. 162, p. 485-492, 1994.
- MUDROCH, A.; MACKNIGHT, S. D. *Techniques for aquatic sediments sampling*. 2nd ed. London: Lewis Publishers, 1994. 236pp.
- MURAKAMI, E. A.; BICUDO, D. C.; RODRIGUES, L. Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Braz. J. Biol.*, v. 69, nº. 2, p. 459-468, 2009.
- NEEDHAM, P. R.; USINGER, R. L. Variability in the macrofauna of a single riffle in Prosser Creek. California, as indicated by the surber sampler. *Hilgardia*, v. 24, n. 14, p. 383-409, 1956.
- NORWAY. Nordic Innovation Centre. *Uncertainty from sampling – A Nordtest handbook for sampling planners and sampling quality assurance and uncertainty estimation*, 2007. p.18-19. Disponível em <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/tr604.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2010.
- OLIVEIRA, A. T. R.; RIBEIRO DE SOUZA, R. C.; BEYRUTH, Z. Adaptações metodológicas para utilização de diatomáceas perifíticas no monitoramento de rios do Estado de São Paulo. In: WORKSHOP NACIONAL ALGAS BIOINDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA. Santa Cruz do Sul, RS, 5 a 7 de outubro de 2003. Resumos, p.16.
- OMORI, M.; T. IKEDA. *Methods in marine zooplankton ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1984.

- O'SULLIVAN, P. E.; C. S. REYNOLDS (eds.). *The Lakes Handbook: Limnology and limnetic ecology*. Oxford: Blackwell Publ., 2004. 698pp.
- PANITZ, C. M. N. *Estudo comparativo do perifiton em diferentes substratos artificiais na represa do Lobo ("Broa"), São Carlos, SP*. 224p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. 1980.
- PARDO, E. V.; MORGADO, E. H. Grupos tróficos de poliquetos de praias arenosas da Ilha de São Sebastião (SP). In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, Atibaia: UNESP, 3, Resumos. 1993. p.146.
- PARDO, E. V.; REIS, M. O.; SALVADOR, L. B.; MORGADO, E. H.; AMARAL, A. C. Z.; LIMA, L. H. Heterogeneidade ambiental e distribuição da macrofauna benthica de praias da Ilha de São Sebastião (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 20, Rio de Janeiro, Resumos. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. p.175.
- PINTO-COELHO, R. M. Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação de biomassa em zooplâncton de águas epicontinentais. In: BICUDO, C. E. de M.; C. de C. BICUDO (orgs). *Amostragem em Limnologia*, p.149-167. São Carlos: RiMa, 2004.
- POMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. *Macrófitas Aquáticas e Perifiton. Aspectos Ecológicos e Metodológicos*. São Paulo: RIMA/FAPESP, 2003.
- POTT, V. J.; POTT, A. Dinâmica da Vegetação Aquática do Pantanal. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM. p. 163-169. 2003
- RAMSEY, M. H.; ELLISON, S. L. R. (Eds.). *Measurement uncertainty arising from sampling: a guide to methods and approaches* (Eurachem/ EUROLAB, CITAC/Nordtest/AMC Guide). Eurachem, 2007. Disponível em [http://www.eurachem.org/guides/UfS\\_2007.pdf](http://www.eurachem.org/guides/UfS_2007.pdf). Acesso em: 10 nov. 2009.
- REIS, M. O.; MORGADO, E. H.; AMARAL, A. C. Z.; LIMA, L. H. Distribuição e variação temporal da macrofauna benthica de poliquetos de praias da Ilha de São Sebastião (SP). In: MINI-SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA, 9, São Sebastião, Resumos. São Sebastião, CEBIMar-USP, 1994. p.28.
- RIBEIRO DE SOUZA, R. C.; AGUJARO, L. F.; OLIVEIRA, A. T. R. A. de. Perspectivas para o uso da comunidade perifítica em monitoramento de rios do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, Juiz de Fora, M.G., 2003.
- RODRIGUES, D. G.; ZANINI, M. E. B; HADEL, V. F.; TIAGO, C. G. Organismos da meiofauna de praia arenosa como indicadores de poluição. In: MINI-SIMPÓSIO DE BIOLOGIA MARINHA, 5, São Sebastião, Resumos. São Sebastião, CEBIMar-USP, 1986. p.14.
- SAKAMOTO, H; HAYATSU, H. A simple method for monitoring mutagenicity of river water: mutagens in Yodo river system, Kyoto - Osaka. *Bull Environ Contam Toxicol.*;v. 44, p. 521-528, 1990.
- SALOMONI, S. E. *Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade de água na Bacia do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil*. Tese (Doutorado), PPGERN, UFSCar, São Carlos, São Paulo. 2004. 230pp.
- SALOMONI, S. E., ROCHA, O.; CALLEGARO, V. L. M.; LOBO, E. A. Epilithic diatoms as indicators of water quality in Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 559, n. 1, p. 233-246, 2006.
- SALOMONI, S. E.; TORGAN, L. C.; ROCHA, O. Dispositivo de amostragem para o estudo de diatomáceas epilíticas. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 4, p. 631-637, 2007.
- SALVADOR, L. B.; AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H. Zonação da malacofauna em praias da Ilha de São Sebastião (SP-Brasil). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE CIENCIAS DEL MAR, 6, Mar del Plata, Argentina, Resumos. Mar del Plata, 1995. p. 176.
- SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., AGUJARO, L.F., CARVALHO, M.C., SOUZA, R.C.R.; CARVALHO, L.R. *Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias*

- planctônicas de águas continentais brasileiras.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006. 58pp.
- SANTOS, A. M. Métodos quantitativos no estudo de macrófitas aquáticas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, v. 35, n. 1, 2006. pp. 19-23. Disponível em [http://www.sblimno.org.br/Boletim-arquivos/bol\\_sbl\\_35\(1\).pdf](http://www.sblimno.org.br/Boletim-arquivos/bol_sbl_35(1).pdf).
- SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372 pp.
- SCHWARTZBOLD, A. Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifiton. *Acta Limnol. Brasil.*, v. 3, p. 545-592, 1990.
- SEIDEL, K. Purification of water by means of higher plants. *Naturwissenschaften*, v. 53, p. 289-297, 1966.
- SHIMIZU, R. M. **A comunidade de macroinvertebrados da região entre marés da Praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências, USP, 1990. 72 pp.
- SHIMIZU, R. M. Macrofauna na Praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP. In: REUNIÃO ANUAL DA S.B.P.C., 44. Resumos, Ciência e Cultura, Suppl., São Paulo, v. 44, p. 825, 1992.
- SHIMIZU, R. M. Influência de um derramamento de óleo sobre a população de *Scolelepis squamata* (Muller) da Praia de Barequeçaba, São Sebastião, SP (Polychaeta: Spionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 2, Londrina, Resumos. Londrina, UEL, 1994. p. 395.
- SLÁDECKOVÁ, A. LIMNOLOGICAL Investigation Methods for the Periphyton ("Aufwuchs") Community. *Bot. Rev.*, v. 28, n. 2, p. 286-350, 1962.
- SLÁDECKOVÁ, A. Periphyton as Indicator of Reservoir Water Quality. II. Pseudoperiphyton. *Arch. Hydrobiol. Beih.*, v. 9, p. 177-191, 1977.
- STEVENSON, R. J. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. California: Academic Press Inc., 1996. p. 3-30.
- TIAGO, G. G. **Ementário da legislação de aquicultura e pesca do Brasil.** (1<sup>a</sup> ed.) São Paulo: Gláucio Gonçalves Tiago (ed.), 2009. 81pp.
- TILLEY, L. J.; HAUSCHILD, C. Use of productivity of periphyton to estimate water quality. *J. Water Pollut. Control Fed.*, v. 47, n. 8, p. 2157-2171, 1975.
- UNESCO. **Zooplankton sampling**. In: TRANTER, D. J. (Coord.). Monographs of Oceanographic Methodology 2. Paris : UNESCO, 1968.
- U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). **Field Sampling Manual**. New Jersey: Department of Environmental Protection. 2005. 574 pp.
- VIS, C. **L'Influence de la qualité physico-chimique des eaux de Saint-Laurent sur le périphyton**. M.Sc. Thesis, Univ. de Montréal, Canada. 1997.
- VIS, C.; HUDON, C.; CATTANEO, A.; PINEL-ALLOU, B. Periphyton as an indicator of water quality in the St Lawrence River (Québec, Canada). *Environmental Pollution*, v. 101, n. 1, p. 13-24, 1998.
- WATANABE, T. Periphyton: comparação de metodologias empregadas para caracterizar o nível de poluição das águas. *Acta Limnol. Brasil.*, v. 3, p.593-615, 1990.
- WETZEL, R. G. (ED.) **Periphyton of Freshwater Ecosystems**. The Hague: Dr. W. Junk. *Developments of Hydrobiology*, v. 17. 1983.

WHITTON, B. A. Aims of monitoring. In: MIRANDA, A. L. B. **Análise estrutural da comunidade perifítica sobre *Leersia hexandra* Schw. em ambientes lóticos da região carbonífera do Baixo Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil.** 1991.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Heterotrophic Plate Counts and Drinking-Water Safety: The Significance of HPCs for Water Quality and Human Health. In: BARTRAM, J., J. COTRUVO, M. EXNER, C. FRICKER, A. GLASMACHER (Eds). **Emerging Water and Infectious Diseases Series.** London: IWA Publishing, 2003. 256pp.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Safe Piped Water: Managing microbial water quality in piped distribution systems.** Ainsworth, R. (Ed). London: IWA Publishing, 2004. 147pp.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Drinking Water Quality. First Addendum to Third Edition. Volume 1. Recommendations.** Electronic version: [www.who.int](http://www.who.int). 2011, 515pp.

## APENDICE 1 - PROCEDIMENTOS PARA O ARMAZENAMENTO E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS POR ENSAIO

A seguir, encontram-se listadas as recomendações e orientações de como realizar o acondicionamento, preservação e armazenamento das amostras por ensaio e demais cuidados que devem ser tomados por ocasião da coleta. Informações mais detalhadas sobre procedimentos específicos podem ser obtidas nos Capítulos 6 a 10.

Nas tabelas a seguir apresentamos:

- a classe da amostra (A - amostra de água tratada; B - amostra de água bruta; C - amostra de água residiária; D - amostras de solo, sedimento, lodo, material sólido de dragagem, resíduo sólido e semi-sólido em geral; E - amostra de material biológico);
- o tipo do recipiente que deve ser utilizado para conter a amostra coletada;
- a quantidade de amostra;
- o volume ou massa suficiente para a realização do ensaio;
- a preservação e os cuidados necessários para garantir a estabilidade dos constituintes da amostra;
- o armazenamento;
- o procedimento que deve ser seguido para garantir a validade até o momento do ensaio;
- o prazo de validade, e
- o tempo máximo de estocagem permitido para a realização do ensaio a partir do momento da coleta.

Os ensaios que utilizam o mesmo tipo de preservação podem ser encaminhados para o laboratório de análise em um único recipiente e estão agrupados na mesma linha nas tabelas a seguir. Por exemplo: cloreto, fluoreto, nitrato, nitrito e sulfato.

É importante destacar a necessidade de manter-se atualizado sobre os procedimentos para coleta dos diferentes ensaios, consultando periodicamente a bibliografia recente e os responsáveis técnicos dos laboratórios. Informações adicionais sobre armazenamento e preservação de amostras podem ser obtidas no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA), e em publicações da U. S. Environmental Protection Agency (USEPA), entre outros.

Os prazos de validade estabelecidos para as análises físico-químicas nas tabelas a seguir (exceto para sulfeto) são os prazos mais restritivos citados nas bibliografias acima para garantir a integridade da amostra.

**Tabela A1.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos inorgânicos - Água e Sedimento..

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Acidez	A, B	P, VB	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	24h
Alcalinidade	A, B	P, V	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	24h
Cianeto total e Cianeto livre	A, B, C	P, V	250mL	NaOH 10 M até pH>12 Resfriamento (em gelo) Manter ao abrigo da luz	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ Manter ao abrigo da luz	24h
Cianeto	D	PP (500mL)	250g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	7 dias
Cloreto, Fluoreto, Nitrato, Nitrito, Sulfato	A, B, C	P	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	Cloreto, Fluoreto e Sulfato - 28 dias Nitrato e Nitrito – 48h
Cloro residual total e livre (em campo)	A	-	-	-	-	Ensaio imediato
Condutividade	A, B, C	P, V	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	28 dias
Condutividade (em campo)	A, B, C	-	-	-	-	Ensaio imediato
Cor, Turbidez	A, B	P, V	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	48h
Cromo hexavalente	A, B, C	P LE, V LE	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	24h
Eh (em campo)	B, C, D	-	-	-	-	Ensaio imediato
Granulometria	D	PP (700mL)	700g (aproximadamente)	Não requerida	Temperatura ambiente Manter ao abrigo da luz	6 meses
Metais (exceto cromo hexavalente), Semimetáis e Dureza	A, B, C	P LE, V LE	250mL	Adicionar HNO <sub>3</sub> 1+1 até pH<2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	Metais, Arsênio, Selênio, Antimônio e Dureza - 6 meses Boro e Mercúrio - 28 dias
Metais e semimetáis	D	PP LE (500 mL)	250g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	6 meses
Metais dissolvidos (solúveis)	A, B, C	P LE, V LE	100mL	(3) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	6 meses
Ortofosfato	A, B, C	P, V	250mL	(4) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	48 h
Oxigênio dissolvido (Método de Winkler)	A, B, C	VDBO	300mL	1mL de sulfato manganoso + 1mL de azida sódica Sem resfriamento	Não requerido	8h
Oxigênio dissolvido (em campo)	A, B, C	-	-	-	-	Ensaio imediato

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio orgânico, Nitrogênio Kjeldahl, Fósforo total	A, B, C	P, V	250mL	$H_2SO_4$ 1+1 até pH < 2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	Nitrogênio - 7 dias; Fósforo total - 28 dias
Fósforo total, Nitrogênio total	D	PP (500mL)	250g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	6 meses
Odor	A, B	VDBO	300mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	24h
pH (em campo)	A, B, C, D	-	-	-	-	Ensaio imediato
Salinidade	A, B, C	VDBO	300mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	6 meses
Salinidade (em campo)	B	-	-	-	-	Ensaio imediato
Sólidos totais, Sólidos fixos, Sólidos voláteis	A, B, C	P, V	500mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	7 dias
Sólidos totais, Sólidos fixos, Sólidos voláteis, Umidade	D	PP (500mL)	250g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	7 dias
Sólidos sedimentáveis	A, B, C	P, V	1,5L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	24h
Sulfeto	A, B, C	VDBO	300mL	Resfriamento (em gelo) (5)	Refrigeração a $4^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$	7 dias
Turbidez (em campo)	A, B, C	-	-	-	-	Ensaio imediato

**Legenda:** (1) Recipientes: V = Frasco de vidro neutro; VDBO = Frasco do tipo DBO (300mL), com tampa esmerilhada; LE = Limpeza especial (ver Capítulo 3); P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte) do tipo pote; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Filtrar em campo em membrana 0,45µm e adicionar HNO<sub>3</sub> (1+1) até pH<2; (4) Filtrar em campo em membrana 0,45µm (5) Adicionar 4 gotas de solução 2N de acetato de zinco/100 mL da amostra, aguardar 15 minutos e adicionar NaOH até pH entre 9 e 10.

**Tabela A2.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de compostos químicos orgânicos – Água e Sedimento.

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Carbono orgânico total (COT) / Carbono orgânico dissolvido (COD)	A, B, C	VDBO	300mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1+1 até pH≤2 (água doce) Resfriamento (em gelo)  HCl 1+1 até pH≤2 (água salobra e marinha) (somente Classe B, C) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias 28 dias (6)
COT	D	PVA (3)	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias 28 dias (6)
Compostos orgânicos voláteis (COV) aromáticos (BTEXE)	A	V "Vial" LE (4)	40mL	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV aromáticos (BTEXE)	B, C	V "Vial" LE (4)	40mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV aromáticos (BTEXE)	D	PVA (3) (4)	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV halogenados (SH)	A	V "Vial" LE (4)	40mL	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV halogenados (SH)	B, C	V "Vial" LE (4)	40mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV halogenados (SH)	D	PVA (3) (100mL) (4)	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV varredura	A	V "Vial" LE (4)	40mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV varredura	B, C	V "Vial" LE (4)	40mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
COV varredura	D	PVA (3) (100mL) (4)	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
DBO (demanda bioquímica de oxigênio)	A, B, C	P, V	2 frascos de 1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	24h 48h (6)
DQO (demanda química de oxigênio)	A, B, C	P, V	250mL	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1+1 até pH≤2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias 28 dias (6)
Fenóis por cromatografia (Pentaclorofenol / 2,4,6 -Triclorofenol)	A	VA LE (5)	1L	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Fenóis por cromatografia (Pentaclorofenol / 2,4,6-Triclorofenol)	B, C	VA LE (5)	1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Fenóis por cromatografia (Pentaclorofenol / 2,4,6-Triclorofenol)	D	PVA (5) (100mL)	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
Fenóis totais (índice de fenóis)	A, B, C	VA BE	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1+1 até pH≤2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	(7) 28 dias (6)
Fenóis totais (índice de fenóis)	D	PVA	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	28 dias

Ensaios	Classe da Amostra	Recipientes (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Herbicidas fenóxiácidos clorados(2,4-D)	A	VA LE (5)	1L	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Herbicidas fenóxiácidos clorados(2,4-D;2,4,5-T; 2,4,5-TP)	B, C	VA LE (5)	1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Óleos e Graxas totais	A, B, C	VA BL (3)	1L	HCl 1+1 até pH≤2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	28 dias
Óleos e Graxas totais	D	PVA	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	28 dias
HAP (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) / Benzo(a)Pireno	A	VA LE (5)	1L	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
HAP / Benzo(a)Pireno	B, C	VA LE (5)	1 L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
HAP / Benzo(a)Pireno	D	PVA (5)	100 g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
Pesticidas organoclorados / PCB (Bifenilas policloradas)	A	VA LE (5)	1L	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Pesticidas organoclorados / PCB	B, C	VA LE (5)	1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Pesticidas organoclorados / PCB	D	PVA (5)	100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
Pesticidas organofosforados	A	VA LE (5)	1L	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Pesticidas organofosforados	B, C	VA LE (5)	1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	7 dias
Surfactantes aniónicos	A, B	P	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	48h
THMFP (potencial de formação de THM)	B	VA BE	3 frascos de 1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	(7)
Trihalometanos (THM)	A	V "Vial" LE (4)	40mL (8)	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias
Trihalometanos (THM)	B	V "Vial" LE (4)	40mL (8)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	14 dias

**Legenda:** (1) Recipientes: VDBO = Frasco do tipo DBO (300mL), com tampa esmerilhada; BE = Boca estreita; BL = Boca larga; LE = Limpeza especial (ver Capítulo 3); P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); PVA = Frasco de vidro âmbar do tipo pote; THM = Lavagem especial para uso em análise de THMFP (potencial de formação de THM); VA = Frasco de vidro de cor âmbar; V "Vial" = Frasco de vidro de cor âmbar, de borossilicato, com capacidade de 40mL (tipo "Vial"), com tampa rosqueável com septo de teflon; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Com tampa de rosca com septo de teflon; (4) Os frascos devem estar totalmente preenchidos com a amostra, de maneira a evitar a presença de ar; (5) Com tampa de rosca com septo de teflon ou folha de alumínio entre o frasco e a tampa; (6) Prazo máximo regulatório segundo o Standard Methods, 21<sup>a</sup> ed., 2005; (7) Analisar o mais breve possível; (8) Coletar 2 (dois) frascos; (9) 50mg de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para 1L de amostra e 3mg em 60mL para análises de THMFP.

**Tabela A3 - Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de cianobactérias e cianotoxinas**

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação (2)	Armazenamento	Prazo de Validade (3)
Cianobactérias (qualitativa)	B	VA	1L	Formol/lugol ou Transeau	Armazenar em temperatura ambiente	1 ano a 1 mês dependendo da preservação.
Cianobactérias (quantitativa)	B	VA	1L	Lugol (ideal) Formol ou Transeau	Armazenar em temperatura ambiente, protegido da luz	1 ano a 1 mês dependendo da preservação.
Microcistinas (ELISA) <sup>4</sup>	A, B	VA	1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar (4°C a 8 °C) e manter protegido da luz	24h <sup>5</sup>
Cianotoxinas (LC-MS/MS) <sup>6</sup>	A, B	VA (boca larga)	1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar (4°C a 8 °C) e manter protegido da luz	48h

**Legenda:** (1) Recipiente: VA = Frasco de vidro de cor âmbar; (2) A preservação química necessária é adicionada no recipiente no momento de sua preparação (ver capítulo 3); (3) A partir do momento da coleta das amostras. (4) Enzyme linked immuno assay; (5) A amostra pode ser mantida a -20°C por tempo não definido na literatura, nesse caso somente as microcistinas totais serão determinadas, devido a ruptura das células; (6) Cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas.

**Tabela A4.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios ecotoxicológicos com organismos aquáticos – Água e Sedimento.

Tipo de ensaio/ Organismo-teste	Classe da amostra	Recipiente (1)	Quantidade de amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de validade (2)
<b>Água Doce</b>						
Agudo (estático)/ <i>Daphnia similis</i>	B	P	1L (3)	Resfriamento (em gelo)	Resfriamento (em gelo) Refrigeração < 10°C, sem congelamento Congelamento a < -10°C até 48h após a coleta	12h 48h 60 dias
	C	P	2L (3)			
Agudo (estático)/ <i>Danio rerio</i> ou <i>Phimephales promelas</i>	B	P	10L (3)	Resfriamento (em gelo)	Resfriamento (em gelo) Refrigeração < 10°C, sem congelamento Congelamento a < -10°C até 48h após a coleta	12h 48h 60 dias
	C	P	5L			
Agudo (semi-estático)/ <i>Danio rerio</i> ou <i>Phimephales promelas</i>	B	P	30L (3)	Resfriamento (em gelo)	Resfriamento (em gelo) Refrigeração < 10°C, sem congelamento Congelamento a < -10°C até 48h após a coleta	12h 48h 60 dias
	C	P	15L (3)			
Crônico (semi-estático)/ <i>Ceriodaphnia dúbia</i>	B	P	1L (3)	Resfriamento (em gelo)	Resfriamento (em gelo) Refrigeração < 10°C, sem congelamento Congelamento a < -10°C até 48h após a coleta	12h 48h 60 dias
	C	P	2L (3)			
10 dias (semi-estático)/ <i>Hyalella azteca</i>	D	PP (700mL)	2Kg (3)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração < 10°C, sem congelamento	60 dias
<b>Água Marinha</b>						
Agudo (Estático)/ <i>Mysidopsis juniae</i>	B	P	1L (3)	Resfriamento (em gelo)	Resfriamento (em gelo) Refrigeração < 10°C, sem congelamento Congelamento a < -10°C até 48h após a coleta	12h 48h 60 dias
	C	P	2L (3)			
Crônico (Semi-Estático)/ <i>Lytechinus variegatus</i>	B	P	1L (3)	Resfriamento (em gelo)	Resfriamento (em gelo) Refrigeração < 10°C, sem congelamento Congelamento a < -10°C até 48h após a coleta	12h 48h 60 dias
	C	P	2L (3)			
Crônico (estático)/ <i>Lytechinus variegatus</i>	D	PP (700mL)	2Kg (3)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração < 10°C, sem congelamento	60 dias
10 dias (semi-estático)/ <i>Leptocheirus plumulosus</i>	D	PP (700mL)	2Kg (3)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração < 10°C, sem congelamento	60 dias

**Legenda:** (1) Recipientes: P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte), do tipo pote; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Os frascos devem estar totalmente preenchidos com a amostra, de maneira a evitar a presença de ar.

**Tabela A5.** Armazenamento e preservação de amostras para testes de toxicidade aguda com bactérias luminescentes *Vibrio fischeri* (Microtox) – Água e Sedimento.

Ensaio / Organismo	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Toxicidade aguda / <i>Vibrio fischeri</i>	A, B, C	P PIP (3)	30mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração de 2°C a 5°C	48h
					Congelamento a -15°C a -25°C	60 dias
Toxicidade aguda / <i>Vibrio fischeri</i>	D	PP (500mL) (3)	500g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração de 2°C a 5°C	60 dias

Legenda: (1) Recipientes: P PIP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte), com sistema de fechamento com trava e lacre; PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte) do tipo pote; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Os frascos devem estar totalmente preenchidos com a amostra, de maneira a evitar a presença de ar.

**Tabela A6.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de mutagenicidade (Salmonella/microssoma) – Água e sedimento.

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Mutagenicidade	A, B, C	VA LE (4L)	(3)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2°C e 8°C	14 dias
Mutagenicidade	A, B	Blue Rayon (4)			Refrigeração entre 2°C e 8°C	7 dias
Mutagenicidade	D	PP (500mL)	>100g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2°C e 8°C	28 dias

Legenda: (1) Recipientes: LE = Limpeza especial (ver Capítulo 3); PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte) do tipo pote; VA = Frasco de vidro de cor âmbar; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) 4L a 20L para água bruta, 50L a 100L para água tratada e 1L a 5 L para água resíduária (efluentes líquidos/ efluentes domésticos ou mistura de ambos); (4) - Amostragem *in situ*.

**Tabela A7.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios microbiológicos - Água e Sedimento.

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra (2)	Preservação (3)	Armazenamento	Prazo de Validade (4)
Indicadores bacterianos (5)	A, B (água de consumo humano)	P, V, SP LE	100mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2 °C e 8°C e proteger da luz. Não congelar	30h (R) 24h (AC)
	B	P, V, SP LE	100mL			8h (R) 24h (AC)
	C	P, V, SP LE	100mL			24h (R, AC)
	D	PP, SP LE	200g (aproximadamente)			24h
Indicadores virais (6)	A, B, C	P, V, SP LE	100mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2 °C e 8°C e proteger da luz. Não congelar	48h
	D	PP, SP LE	200g (aproximadamente)			
Fungos – bolores e leveduras	A, B, C	P, V, SP LE	100mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2 °C e 8°C e proteger da luz. Não congelar	24h
	D	PP, SP LE	200g (aproximadamente)			
Microrganismos patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos) (7)	A, B, C	P, V, SP LE	1 a 1000L (8) (9)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2 °C e 8°C e proteger da luz. Não congelar	24h (10)
	D	PP, SP, LE	200g (8)			
Bactérias dos ciclos biogeoquímicos	A, B, C	P, V, SP LE (11)	100mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 2 °C e 8°C e proteger da luz. Não congelar	24h
	D	PP, SP LE	200g (aproximadamente)			

Legenda: (1) Recipiente: LE = Limpeza e preparo especial (ver Capítulo 3); P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte) do tipo pote; V = Frasco de vidro neutro; SP = sacos plásticos estéreis; (2) Coletar volumes (ou massas) suficientes de amostra para as análises a serem realizadas; (3) A preservação química necessária para as amostras das classes A, B e C é adicionada no recipiente no momento de sua preparação (ver capítulo 3); (4) A partir do momento da coleta das amostras (R = prazo regulatório, AC = análise para controle); (5) Coliformes totais, Coliformes termotolerantes, *E.coli*, Enterococos, *Clostridium perfringens* e *Pseudomonas aeruginosa*; bactérias heterotróficas - somente para água de consumo humano. (6) Bacteriófagos somáticos e bacteriófagos F-específicos; (7) Em amostras de água de classe B e C, pode-se realizar o ensaio de bactérias patogênicas com mecha (técnica de Moore), em meio de transporte Cary e Blair (ver capítulo 3), sendo o prazo de validade de 96 horas; (8) Coletar volumes (ou massas) compatíveis com a contaminação da amostra, ou seja, quanto melhor a qualidade da matriz, maiores devem ser os volumes ou massas coletados; (9) Volumes elevados devem ser concentrados em campo; (10) Para *Giardia* sp. e *Cryptosporidium* sp.; O prazo de validade é de 72 horas; (11) Para os microrganismos anaeróbios estritos os frascos devem estar totalmente preenchidos com a amostra, de maneira a evitar a presença de ar (anaerobiose requerida)

**Tabela A8. Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de clorofila *a* e feofitina *a* – Água bruta.**

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i> (Filtrada no laboratório)	B	VA BL	1L (3)	Resfriamento (em gelo) e proteger da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C e manter ao abrigo da luz	48h
Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i> (Filtrada em campo)	B	VA BL	1L (3)	Resfriamento (em gelo) e proteger da luz até o momento da filtração	(4)	28 dias

Legenda: (1) Recipientes: BL = Boca larga; VA = Frasco de vidro de cor âmbar; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) O frasco não deve ser totalmente preenchido e quando solicitado as amostras devem ser coletadas em réplicas; (4) Após a filtração, a membrana filtrante deve ser colocada em um envelope de papel do tipo "kraft", devidamente identificado. O envelope deve ser acondicionado em frasco (ou dessecador) contendo sílica gel, sendo o frasco envolvido em papel alumínio, para proteger da luz. O frasco deve ser congelado em campo, enviado ao laboratório sob refrigeração e protegido da luz.

**Tabela A9. Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de fitoplâncton – Água.**

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Fitoplâncton vivo	B	VA BL	1L (4)	Resfriamento (em gelo) (5) e proteger da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C (5) e manter ao abrigo da luz	24h
Fitoplâncton fixado	B	V (3), VA	100mL	Formol (6) ou Lugol (7) (8)	Manter ao abrigo da luz	3 meses

Legenda: (1) Recipientes: BL = Boca larga; V = Frasco de vidro neutro; VA = Frasco de vidro de cor âmbar; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Para amostras fixadas em formol; (4) O frasco não deve ser totalmente preenchido; (5) Evitar o contato do frasco com o gelo, pois algumas cianobactérias são danificadas em temperaturas baixas como, por exemplo, as do gênero *Cylindrospermopsis*; (6) Formol neutralizado, até concentração final de 5% (= formaldeído 2%); (7) Adicionar lugol até obter uma coloração de conhaque (0,3mL a 0,5mL / 100mL e em casos de floração 0,5mL a 1,0mL/100mL); (8) As amostras preservadas com formol ou lugol devem ser acondicionadas e transportadas em caixa térmica separadas dos demais ensaios.

**Tabela A10.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de perifitón.

Ensaios	Classe da Amostra	Recipientes (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Perifitón vivo	B	V	150mL (3)	Resfriamento e proteger da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C e manter ao abrigo da luz	24h
Perifitón fixado				Formol (4) ou Lugol (5)	Manter ao abrigo da luz	Indeterminado

Legenda: (1) Recipientes: V = Frasco de vidro neutro; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) O frasco não deve ser totalmente preenchido; (4) Concentração final do formol neutralizado a 4% ou 3mL a 5mL de Lugol para 1 L de amostra; (5) As amostras preservadas com formol ou lugol devem ser acondicionadas e transportadas em caixa térmica separadas dos demais ensaios.

**Tabela A11.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de zooplâncton.

Ensaios	Classe da Amostra	Recipientes (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Zooplâncton vivo	B	P, V (250 mL)	100L	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração entre 4°C e 10°C	24h
Zooplâncton fixado				Etanol 70 a 95° GL Formol (3) (4)	Manter ao abrigo da luz (5)	Indeterminado

Legenda: (1) Recipientes: P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); V = Frasco de vidro neutro; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Em formol neutralizado e diluído a 10%; (4) Para o zooplâncton de água doce, adicionar cerca de 100 mL de água mineral gasosa, esperar 15 minutos e fixar com o formol neutralizado, com sacarose (concentração final 10%); (5) As amostras preservadas devem ser acondicionadas e transportadas em caixa térmica, separadas dos demais ensaios.

**Tabela A12.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios com macrófitas.

Ensaios	Classe da Amostra	Recipientes (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Macrófitas: Bioacumulação	E	SP	300g por fração a ser analisada	Resfriamento em gelo; Manter ao abrigo da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C (2) Manter ao abrigo da luz	Amostras frescas: 7 dias  Amostras secas e maceradas: 3 meses

Legenda: (1) Recipiente: SP – Sacos plásticos reforçados descartáveis (de polímero inerte); (2) A partir do momento da coleta das amostras.

**Tabela A13.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios com bentos.

Ensaios	Classe da Amostra	Recipientes (1) (2)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (3)
Bentos de água doce (pegador ou substrato artificial)	D, E	SP (4) PP	(5)	Resfriamento (em gelo) Manter ao abrigo da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C e manter ao abrigo da luz	Até a lavagem: 24 h. Após a lavagem e preservação (7) (9): Indeterminado
Bentos de água doce (delimitador ou rede manual)				Formol (7) (9)	Manter ao abrigo da luz	48 h
Bentos marinho: Costões rochosos		V, PP	Variável (6)	Formol (8) (9)	Manter ao abrigo da luz	Indeterminado
Bentos marinho: Praia	D, E	SP (4), V, PP (500 mL)	Volume de 1 delimitador para cada nível	Resfriamento (em gelo) Manter ao abrigo da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C Manter ao abrigo da luz	Até a lavagem: 24 h. Após a lavagem e preservação (8) (9): Indeterminado
Bentos marinho: Infralitoral	D, E	SP (4), V, PP	Volume de 1 pegada ou 1 draga	Resfriamento (em gelo) Manter ao abrigo da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C e manter ao abrigo da luz	Até lavagem: 24 h. Após lavagem e preservação (8) (9): Indeterminado
				Formol (8) (9)	Manter ao abrigo da luz	Indeterminado

**Legenda:** (1) Recipientes: PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte) do tipo pote; SP - Sacos plásticos reforçados descartáveis (de polímero inerte); V = Frasco de vidro neutro; (2) As amostras não lavadas em campo devem ser transferidas diretamente para dois sacos plásticos reforçados, um dentro do outro, e as bocas devem ser firmemente fechadas, de modo independente; para acondicionar as amostras lavadas em campo, os recipientes mais apropriados são os recipientes de polietileno, tipo "pote"; para acondicionar os organismos retidos nas peneiras e triados, utilizar recipientes de vidro com capacidades inferiores e variáveis (10mL a 70 mL); (3) A partir do momento da coleta das amostras; (4) Manter o saco plástico em balde ou caixa até o momento da lavagem da amostra; (5) Volume de 1 pegada ou 1 delimitador ou 1 substrato ou 1 período de passagem da rede; (6) Depende do número de níveis do transecto e da necessidade de confirmação de identificações; (7) Formol neutralizado, até a concentração final de 5 a 10%; (8) Formol neutralizado, até a concentração final de 10%; (9) As amostras preservadas com formol ou lugol devem ser acondicionadas e transportadas em caixa térmica separadas dos demais ensaios.

**Tabela A14.** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de nécton (peixes).

Ensaios	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Comunidades	E	SP, PA (3)	10 a 20 indivíduos de cada espécie, dependendo do tamanho.	Resfriamento (em gelo) Manter ao abrigo da luz	Refrigeração entre 4°C e 10°C (5)	24 horas
Metais		SP, PP LE			Congelamento	Indeterminado
Órgânicos		PA (3)			Refrigeração entre 2°C e 8°C	Indeterminado
Micronúcleos			1mL de sangue (aproximadamente)	Heparina ou EDTA Resfriamento (em gelo) Manter ao abrigo da luz	Refrigeração entre 2°C e 8°C	Indeterminado
Cometas		Microtubo cônico (4)	500µL de sangue		Refrigeração entre 2°C e 8°C (5)	24 horas

Legenda: (1) Recipientes: LE = Limpeza especial (ver Capítulo 3); Microtubo cônico = Microtubo plástico descartável (de polímero inerte), graduado, com tampa e volume aproximado de 1,5 mL; PA = Papel alumínio para envolver as amostras de peixes; PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte), do tipo pote; SP = Saco plástico reforçado descartável (de polímero inerte) para o acondicionamento das amostras de peixes para avaliação de comunidades nectônicas, ensaios de metais pesados, ensaios biométricos e necroscópicos; (2) A partir do momento da coleta das amostras; (3) Somente para ensaios orgânicos; (4) Para ensaios com sangue; (5) Em eventos de mortandade, nunca congelar os peixes, apenas resfriá-los em gelo.

## APÊNDICE 2 – GLOSSÁRIO

**ADSORÇÃO** - Aderência de moléculas sobre uma superfície mineral ou de partículas sólidas por meios físicos, sem comportar interação química.

**ÁGUA BRUTA** – Água que não passou por nenhum tipo de tratamento simplificado ou convencional (“in natura”), proveniente de rio, represa, lago, poço freático, nascente, estuário, mar etc.

**ÁGUA INDUSTRIAL** – Água utilizada exclusivamente em processamento industrial, como matéria-prima ou parte do sistema de produção.

**ÁGUA PLUVIAL** – Água proveniente da precipitação atmosférica. O mesmo que água meteórica e água de chuva.

**ÁGUA RESIDUÁRIA** – Despejo ou resíduo líquido proveniente de atividades domésticas (efluentes domésticos), industriais (efluentes industriais), comerciais, agrícolas e outras, bem como a de sistemas de tratamento de disposição de resíduos sólidos.

**ÁGUA SUBTERRÂNEA** – Água de subsolo que ocupa a zona saturada; num sentido geral, toda a água situada abaixo da superfície do solo.

**ÁGUA TRATADA** – Água destinada ao consumo humano, submetida a algum tipo de tratamento convencional (ETA - Estação de Tratamento de Água) ou simplificado (filtração, cloração, fluoretação etc.).

**ALÓCTONE** - O que não é originário da região.

**AMOSTRA** – Uma ou mais porções, com volume ou massa definida, coletadas em corpos receptores, efluentes industriais, rede de abastecimento público, estações de tratamento de água e esgotos, rios, represas e outros, com o fim de inferir as características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do ambiente de onde foi retirada.

**AMOSTRA SIMPLES/PONTUAL** - Amostra coletada uma única vez, em um determinado instante, constituída por uma única porção.

**AMOSTRA COMPOSTA** - Amostra que pode ser coletada por: (a) amostragens em função de tempo (temporal); (b) amostragens em função da vazão; (c) amostragens em função da profundidade do local a ser amostrado; (d) amostragens em função da margem ou distância entre um ponto de amostragem e outro (espacial). Quando o objetivo de um programa é avaliar concentrações médias de uma dada variável pode-se, em alguns casos, reduzir o número das amostras necessárias ao ensaio, pela obtenção de amostra composta, formada pela mistura de

alíquotas individuais apropriadas. Após a composição das alíquotas tem-se como produto final uma única amostra.

**AMOSTRAGEM** – Atividade que consiste em retirar uma fração representativa (amostra) de uma região (água, solo, efluentes, entre outros) para fins de ensaio ou medição.

**AMOSTRAGEM EM REPLICATA** - Procedimento no qual duas ou mais amostras são tomadas no mesmo ponto, de modo independente.

**AMOSTRAGEM PROPORCIONAL À VAZÃO** – Técnica destinada à obtenção de uma amostra, na qual a freqüência da coleta ou o volume da amostra é diretamente proporcional à vazão da água ou do efluente bruto.

**AQUÍFERO** – Toda formação geológica capaz de armazenar e transmitir água em quantidades apreciáveis.

**ATERRO SANITÁRIO** – Método de disposição final de resíduos sólidos (lixo) no solo, sem causar danos ao ambiente ou à saúde pública.

**AUTÓCTONE** - O que é originado no próprio local onde ocorre.

**BALANÇO HÍDRICO DE UNIDADE INDUSTRIAL** – Relação entre as entradas e saídas de água e efluentes de cada unidade de processo industrial, indicando as fontes de abastecimento, usos internos, perdas por evaporação ou incorporação ao processo produtivo, lavagens de pisos e equipamentos, e efluentes gerados por qualquer fonte industrial ou doméstica.

**BIOMASSA** – Somatório da massa orgânica viva existente num determinado espaço, num dado instante. Pode ser expressa em peso úmido ou seco, por unidade de área ou volume.

**BIOTA** – Conjunto de vegetais, animais e microorganismos de uma determinada região, província ou área geográfica.

**CARGA POLUIDORA** – Quantidade de poluente transportado ou lançado em um corpo receptor.

**COLETA DE ÁGUA SUPERFICIAL** – É a amostra coletada entre 0 e 30 cm da lâmina d'água. Pode ser coletada com o auxílio de um balde de aço inox, batiscafo e garrafas, ou diretamente do corpo d'água.

**COLETA DE ÁGUA EM PROFUNDIDADE** - É a amostra coletada em profundidade superior a 30cm da lâmina d'água, até 1m acima do fundo. Esta amostra deve ser coletada obrigatoriamente com o auxílio de equipamento, tipo Garrafa de van Dorn.

**DEPOSIONAL** – Zona de baixa dinâmica em ambientes de água corrente, onde se deposita e acumula material não consolidado.

**DRAGAGEM** - Remoção de material sólido do fundo de um ambiente aquático.

**EFLUENTE INDUSTRIAL** – Resíduo líquido proveniente de processos industriais. Em geral, contém poluentes de diversas formas, como por exemplo, de natureza química, que podem apresentar perigo à saúde humana, prejuízos à fauna e a flora, comprometimento do lazer, e outros. O mesmo que resíduo líquido industrial, despejo industrial e esgoto industrial.

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL** – Parte da precipitação que escoa em direção a um curso d'água pela superfície do solo.

**ESGOTO DOMÉSTICO** – Resíduo líquido doméstico, decorrente do uso da água em cozinha, sanitário, chuveiro, lavatório e lavanderia doméstica. O mesmo que resíduo líquido doméstico e despejo doméstico.

**ESGOTO MISTO** – Mistura de resíduos líquidos domésticos com resíduo líquido proveniente de processos industriais, ou de lavagem de pisos e equipamentos pertencentes à área industrial.

**ESPÉCIE-CHAVE** – Aquela que controla a estrutura da comunidade.

**ETA** – Estação de Tratamento de Água.

**EUTROFIZAÇÃO** – processo de enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que tem como consequência o aumento da biomassa vegetal (fitoplâncton e plantas aquáticas). A eutrofização das águas continentais pode ser um processo natural, porém, o descarte de efluentes domésticos e/ou industriais e lavagem de solos agrícolas contendo muitos nutrientes (matéria orgânica) acelera o processo, causando a chamada eutrofização artificial ou antrópica. Ambientes enriquecidos são denominados ambientes eutróficos.

**EXATIDÃO** – Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro (referência) de um mensurando.

**FLORAÇÃO** – Multiplicação excessiva, geralmente de curta duração, de uma ou algumas espécies fitoplanctônicas, frequentemente produzindo coloração visível nos corpos d'água.

**FLUXOGRAMA** – Diagrama demonstrativo dos estágios de um processo e suas interrelações.

**FRASCO DOSADOR** - Pissete de polietileno com ponteira dosadora utilizada para armazenar e dosar soluções preservantes adicionadas às amostras durante as coletas em campo.

**GASPILHÃO** – Escova com cerdas e ponta pincel, própria para limpeza de vidraria ou escova “rabo de gato”.

**GRANULOMETRIA** - Proporções relativas entre partículas de diferentes dimensões que entram na composição de solos, sedimentos e agregados.

**HÁBITAT** – Ambiente onde um organismo normalmente vive e que oferece um conjunto de condições (bióticas e abióticas) adequadas à sua sobrevivência.

**JUSANTE** – A partir de um ponto de referência, direção para onde vão as águas, em um curso d'água. Por exemplo, local do rio, posterior ao lançamento do efluente, levando-se em consideração a direção para onde correm as águas (rio abaixo).

**LÊNTICO** – Ambiente aquático em que o fluxo da massa de água é lento, como em tanques, lagos ou reservatórios.

**LITORAL** (zona) – Pelo sistema limnológico, região de um lago que se estende da linha litorânea até o limite superior de ação de ondas.

**LÓTICO** – Ambiente aquático em que a massa d'água tem movimento, como em rios e corredeiras.

**MATERIAL BIOLÓGICO** - Materiais ou líquidos de origem biológica, como peixes (inteiros ou suas partes), moluscos, sangue, urina, plantas, invertebrados, ossos e alimentos.

**MATERIAL ORGÂNICO GROSSEIRO** - Fração orgânica visível, incluindo pedaços de madeira, folhas, fibras vegetais, restos de animais etc.

**MENISCO** – superfície curva de um líquido contido em um tubo estreito.

**MITIGAÇÃO** - Atenuação de um impacto.

**MONTANTE** – Posição relativa de um lugar acima de outro. Num curso de água, com relação à corrente fluvial, a “montante” significa rio acima; por exemplo, um local do rio anterior ao lançamento do efluente, levando-se em consideração a direção para onde correm as águas.

**PECIOTÉRMICOS** – organismos que não têm mecanismos internos que regulem a temperatura do seu corpo.

**PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS** - Adoção de medidas desde o momento da coleta e transporte até seu armazenamento, com o intuito de diminuir a reatividade ou inibir a atividade dos organismos, mantendo o máximo possível das características da amostra no momento da coleta. As formas de preservação de amostras são a refrigeração, congelamento e adição de produtos químicos quando aplicável.

**PRESERVAÇÃO QUÍMICA** - A adição de solução ou produto químico com o objetivo de minimizar a reatividade dos compostos químicos e complexos, reduzir a volatilidade ou precipitação dos constituintes e os efeitos da adsorção ou preservar organismos, evitando ou minimizando alterações morfológicas ou fisiológicas.

**PROFUNDA** (zona) – Área do fundo de um corpo hídrico (lago, reservatório). Pelo sistema limnológico, região de um lago que se estende do limite inferior da termoclina até sua maior profundidade.

**SEDIMENTO** - Material originado da decomposição de qualquer tipo de rocha, material de origem biológica em decomposição ou resíduos provenientes da ação humana que são transportados e depositados no fundo dos corpos d'água.

**SIZÍGIA** (maré) – Maré de grande amplitude que ocorre quando o sol e a lua estão em sizígia, isto é, quando a atração gravitacional do sol e da lua se somam. Ocorre por ocasião da lua cheia e da lua nova.

**STAR** (Sistema de Tratamento de Águas Residuárias) - Conjunto de estruturas, dispositivos, instalações, equipamentos e aparelhos diversos, de maior ou menor complexidade, utilizados para o tratamento e disposição de águas residuárias e do lodo resultante deste tratamento. Semelhante à ETE (Estações de Tratamento de Esgotos).

**SUBLITORAL** (zona) – Região que tem como limite superior o nível alcançado pela baixa-mar normal e como limite inferior aquele compatível com a vida das fanerógamas marinhas e das algas fotófilas; pelo sistema limnológico, região de um lago que se estende do limite inferior da ação de ondas ao limite superior da termoclina; região de fundo de um lago permanentemente coberta por vegetação.

**SUBSTRATO** – Aquilo que serve para fixação para organismos (planta ou animal). . Ex. o substrato de uma alga epífita pode ser outra alga.;

**TERMOCLINA** – camada intermediária de um lago estratificado, em que se verifica uma brusca diferença de temperatura.

**TRPLICATA DA AMOSTRAS** – Três amostras coletadas de modo seqüencial e independente, em um determinado período de tempo ou espaço, visando uma melhor representatividade do local amostrado.

**VAZÃO** – Volume de fluido que passa em uma seção transversal de um escoamento, por unidade de tempo.

**ZONA FÓTICA (EUFÓTICA)** – Porção superior iluminada da massa d'água, com luz suficiente para promover a fotossíntese pelos vegetais e microorganismos aquáticos.

**ZONACÃO** – Distribuição dos organismos em áreas, camadas ou zonas distintas.