

ERHA 7039

Princípios da Modelagem e Controle da Qualidade da Água Superficial

REGINA TIEMY KISHI

<http://www.ufpr.br/~rtkishi.dhs/ERHA7039>

5 - Monitoramento da Qualidade das Águas

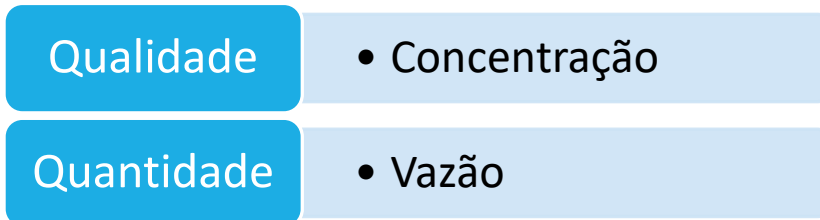
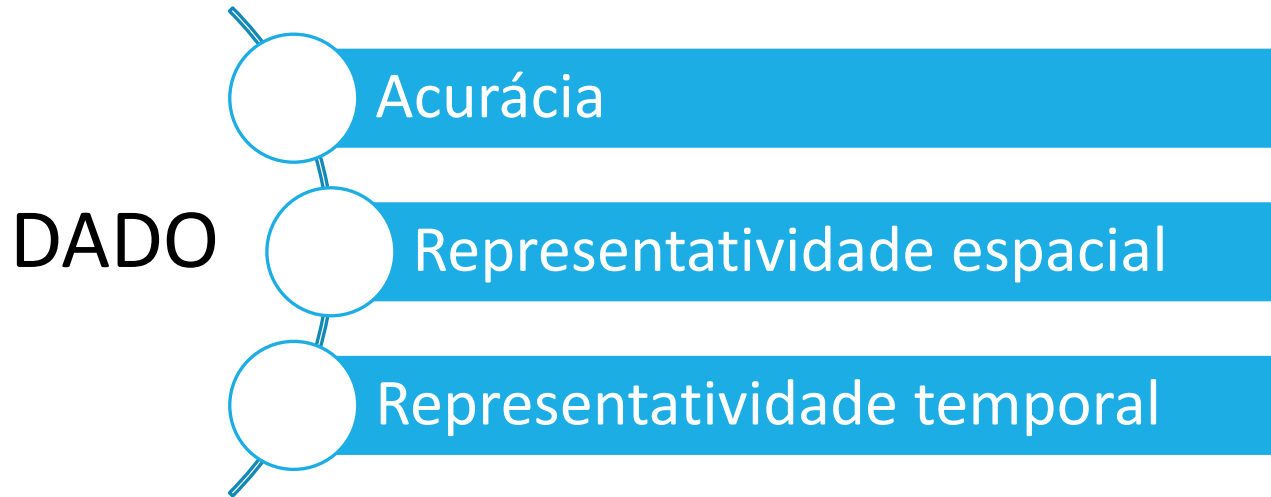
Dados observados

A avaliação da condição da qualidade da água e em todas as etapas da modelagem são necessários dados observados.

A qualidade da avaliação e da modelagem é dependente da qualidade e quantidade de dados disponíveis.

**Importante o monitoramento e
aquisição de dados**

Representatividade do dado



$$\text{Carga de poluente} = \text{Massa/Tempo} = Q \times C$$

		Acurácia	
		Baixa	Alta
Precisão	Baixa		
	Alta		

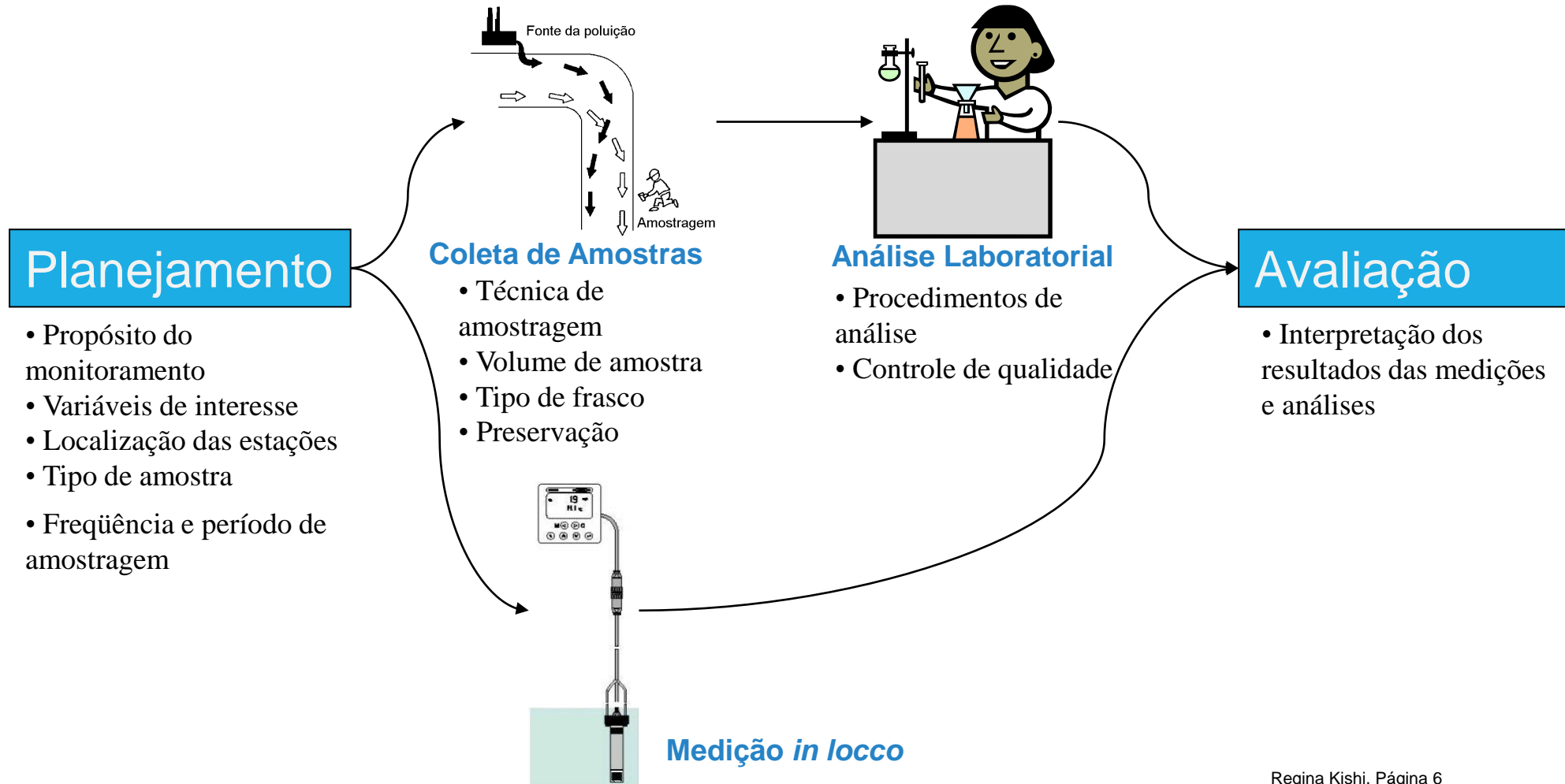
Acesso em 18/05/13:

http://www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=84

Qualidade da água

MONITORAMENTO

Etapas do monitoramento



Regina Kishi, Página 6

Planejamento Propósito do monitoramento

Exemplos:

Verificação para determinado uso

- Água com presença de patógenos não é potável e não serve para uso recreacional ou irrigação de hortaliças ou frutas, porém pode ser usada para piscicultura, ecologia aquática em geral
- Presença de certas substâncias pode agredir canalizações ou equipamentos, embora potável.

Exigência legal:

- Padrões de qualidade para corpos de água → Resolução CONAMA 357/05
- Limite de lançamento de efluentes → Resolução CONAMA 430/11
- Padrões de potabilidade → Ministério da Saúde: portaria nº 518/2004
- Padrões de balneabilidade → Resolução CONAMA 274/2000
- Órgão ambiental → Licença ambiental

Exigências

- Fabricante do equipamento
- Produto

Avaliação ambiental

Regina Kishi, Página 7

Planejamento

Variáveis de interesse

❑ Depende dos objetivos

❑ Uso do solo - fontes

Poluição	Fonte	Variáveis
Matéria orgânica	Áreas agrícolas, pecuária, efluentes doméstico e industrial	DBO, DQO, OD
Patogênico	Esgoto bruto ou parcialmente tratado, excremento de animais	Coliformes fecais, <i>E. coli</i> , Enterococos
Nutrientes	Agricultura, pecuária, esgoto doméstico e industrial	Nitrogênio, fósforo
Metais pesados	Descargas industriais, lodo de estações de tratamento de esgoto, efluente de minas de carvão, deposição atmosférica, aterro sanitário	Mercúrio, cádmio, chumbo, cromo, etc.
Outras substâncias tóxicas	Escoamento superficial urbano e rural, descargas doméstica e industrial, infiltração.	Pesticidas, amônia

Planejamento

Usos previstos da água

Efeitos sinérgicos ou antagônicos

- Uma substância pode ter sua ação nociva aumentada ou reduzida, pela associação com outras substâncias ou fatores físicos. Exemplo: amônia em água com alto pH

Sempre medir:

- Temperatura
 - Importância: velocidades de reação, solubilidade de gases, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização, condutividade térmica, pressão de vapor, vida aquática (crescimento, migração, desova e incubação)
- pH
 - Define o caráter ácido/básico/neutro. Importante para a vida aquática, análise de solubilidade dos metais, vários usos da água (corrosão)
- Disco de Secchi
 - medida para análise da transparência da água, profundidade da zona eufótica $\approx 2 \times DS$
- Vazão

Planejamento

Quando e onde coletar

Depende dos objetivos!

Exemplo: No caso de balneabilidade

Resolução CONAMA 274/2000 - Balneabilidade

Quando?

- Preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários

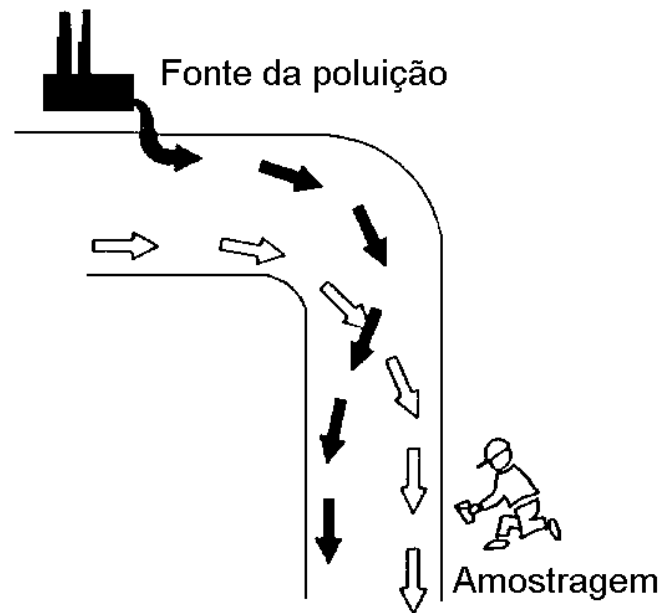
Onde?

- Na isóbata de um metro
- onde houver maior concentração de banhistas

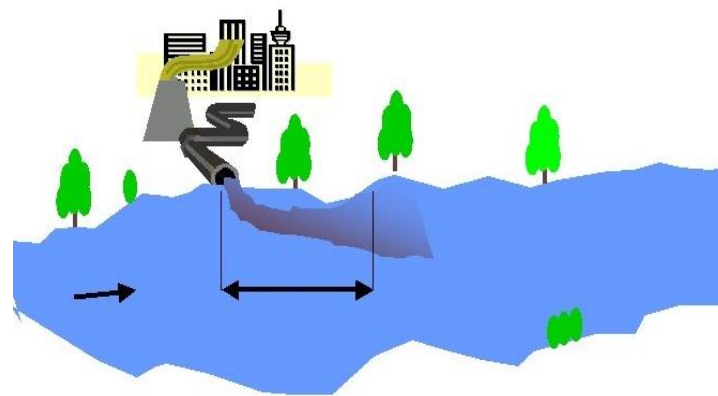
Frequência?

- Mínimo de 5 amostras em no máximo 5 semanas, com intervalo mínimo de 24h entre as amostragens

Planejamento Local de amostragem

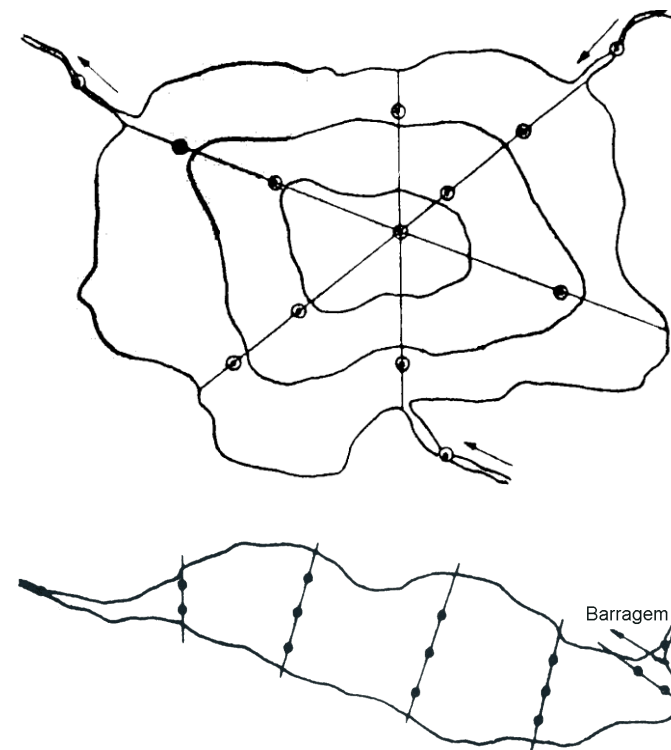


Fonte: Lippmann & Schlesinger,
1979



Fonte: IfH – Universität Karlsruhe

Em lagos e reservatórios –
fase preliminar



Fonte: ABNT/NBR 9897/1987

Planejamento

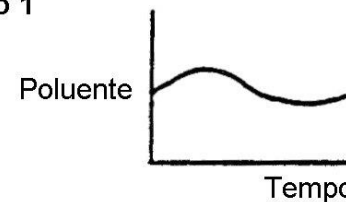
Tipo de amostras e frequência

Amostra simples
Amostra composta
Amostra integrada

ATENÇÃO
Concentração:
Massa/Volume

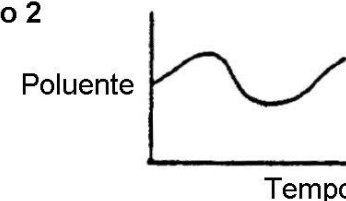
Fonte: U.S. EPA, apud Klodowski, 1996

Caso 1



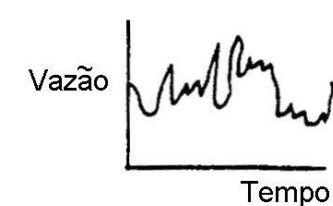
- Pequena flutuação diária da concentração do poluente e da vazão
- Recomendação: Amostras simples

Caso 2



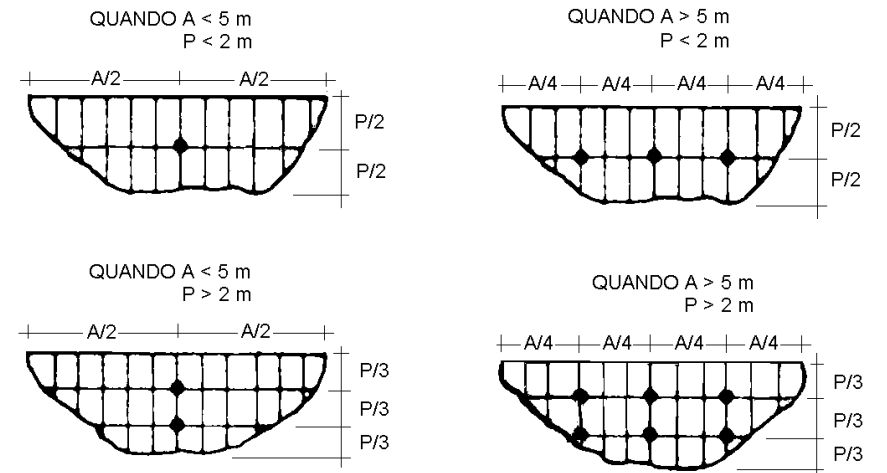
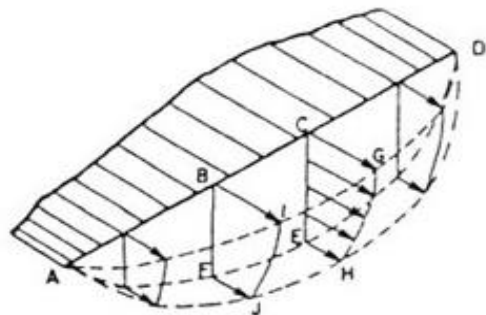
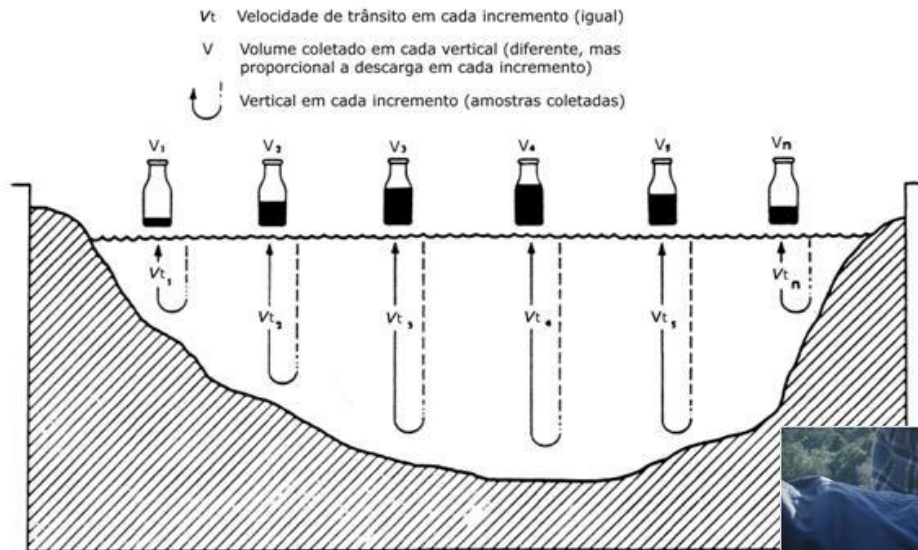
- Flutuação regular da carga de poluente ao longo do dia
- Pequena flutuação da vazão
- Recomendação: Amostras compostas por 24h proporcionais ao tempo

Caso 3



- Flutuação irregular da carga de poluente ao longo do dia
- Grande flutuação da vazão
- Recomendação: Amostras por 24h proporcionais à vazão

Seção transversal



Fonte: ABT/NBR 9897/1987

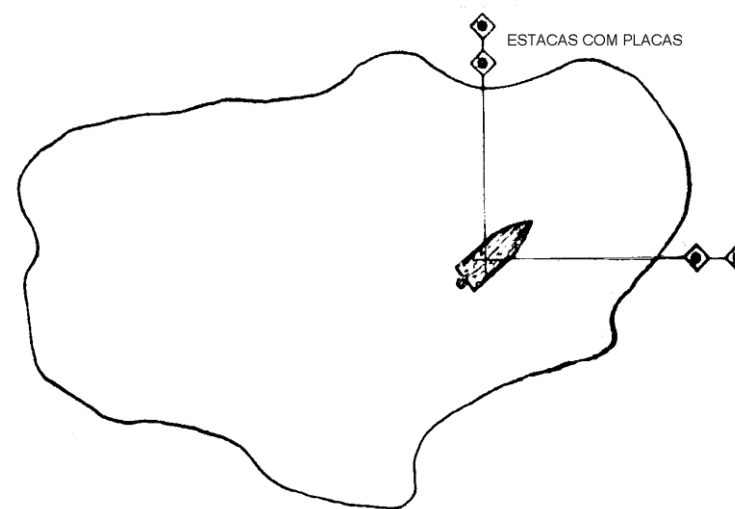
Codificação do local

Demarcação dos pontos de amostragem

- Estacas com placas
- GPS (precisão do aparelho)
- Bóias

Descrição do Local

- Croqui
- Fotos



Localização de ponto de amostragem com auxílio de placas (Fonte: ABNT/NBR 9897, 1987)

Coleta de amostras

- Preparação dos frascos:

- Tipo de frasco
- Volume de amostra
- Preservação

- Logística da campanha:

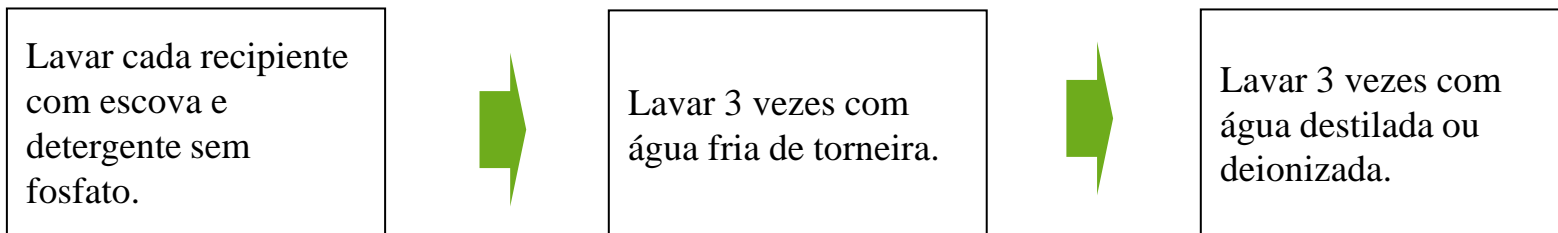
- Tempo de coleta
- Prazo para análise

Variável	Tipo de frasco	Volume mínimo (mL)	Tipo de amostra	Preservação	Prazo para análise
Acidez	P, V	100	s	Refrigerar a 4°C	24 h
DQO	P, V	100	s, c	H ₂ SO ₄ conc até pH<2; Refrigerar a 4°C	7 dias
Metais (água)	P, V	1000	s	HNO ₃ conc até pH<2	180 dias
Óleos e graxas	V, boca larga	1000	s	HCl ou H ₂ SO ₄ conc até pH<2	28 dias

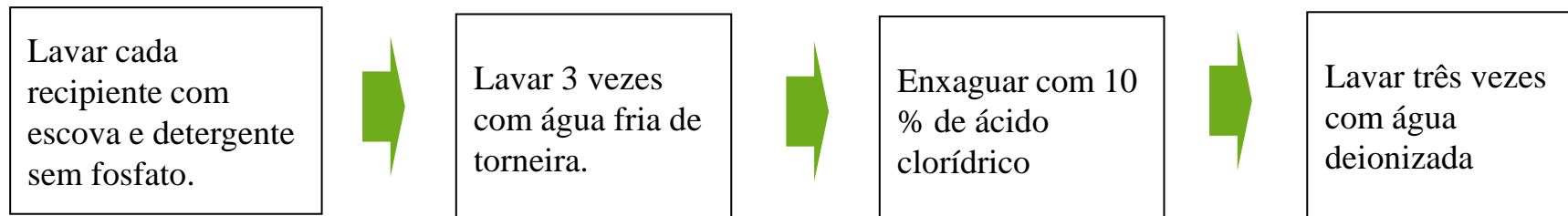
Frascos

Lavagem dos frascos

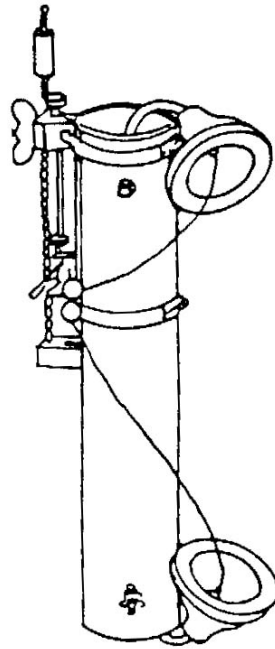
Monitoramento de condutibilidade, sólidos totais, turbidez, pH, e os alcalinos totais:



Monitoramento de nitratos e fósforo:



Coleta de amostras



Van Dorn

Fonte: ABNT/NBR
9898/1987

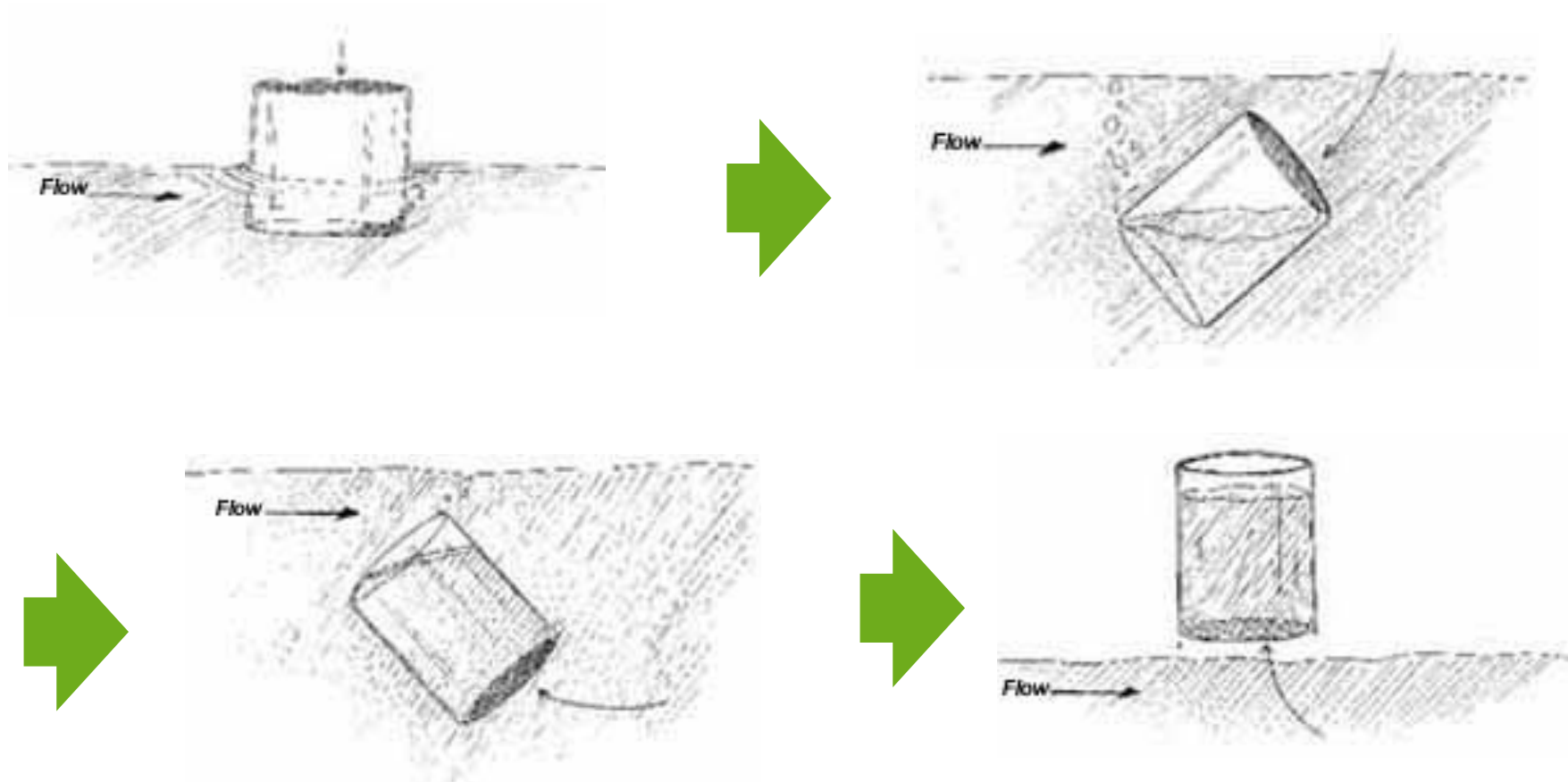


Comunidade
fitoplanctônica

Coleta manual

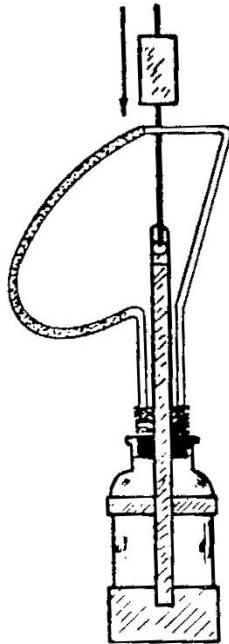
Usar luvas de latex!

Procedimento de coleta com frascos



Coleta de Amostras

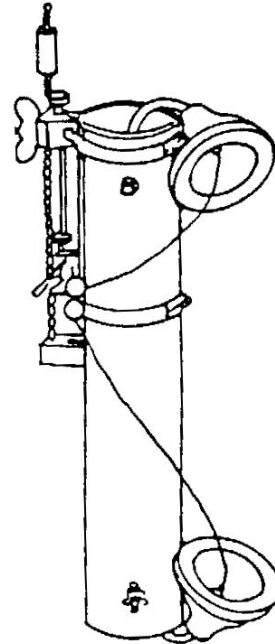
Amostradores de água



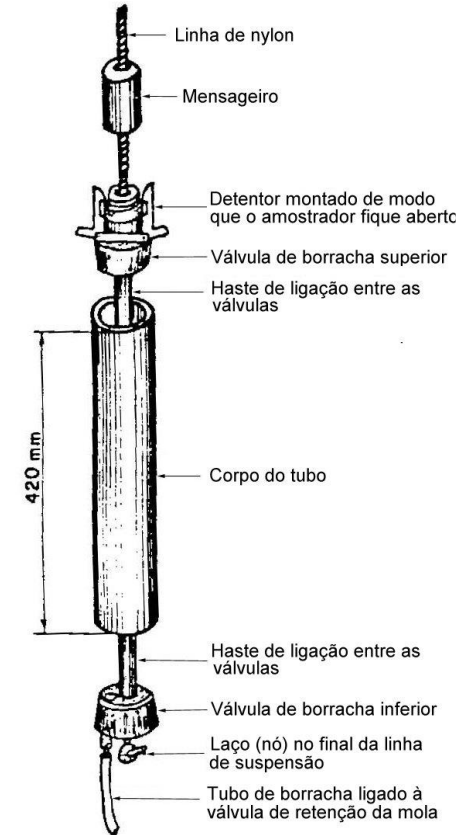
ZoBell J-Z



Meyer



Van Dorn



Kemmerer

Fonte: ABNT/NBR
9898/1987

Alguns cuidados na amostragem

Abrir recipiente apenas antes da amostragem, evitando tocar no interior do mesmo. No caso de tampas, cuidados para não tocar nas partes internas da tampa e gargalo do frasco e não permitir que a parte interna da tampa repouse no solo ou em local que possa contaminar a amostra

Cuidados no **enchimento de frascos**:

- Não encher completamente o frasco, deixar um espaço de ar de 2,5 cm (exceções, ex. amostras de OD e de DBO).
- em casos de OD, DBO, alcalinidade, ferro ferroso, encher de forma a não introduzir oxigênio na amostra.

Tomar cuidado para não revolver **sedimento de fundo**.

Direção do **fluxo do rio**.

Coletar primeiro amostras para determinação microbiológica.

Frascos com preservante:

- cuidado para não transbordar
- homogeneizar a amostra



Identificação da amostra no frasco

- nome do projeto,
- código da amostra,
- local,
- data e horário da coleta,
- tipo de preservação
- Variável a ser determinada

Planilha de campo

IMPORTANTE
Para não confundir as amostras.
Validade.

Estação: _____ Código: _____

Procedência da amostra: ___ rio: _____
 ___ lago: _____
 ___ outra: _____

Data da coleta: _____ Hora da coleta: _____

Técnico responsável: _____

Tipo da amostra: ___ simples ___ composta ___ integrada

Condições climáticas: durante a coleta: _____
 no período anterior à coleta: _____

Medidas em campo:

Coordenadas: _____	Altitude: _____
Profundidade do ponto: _____	Profundidade de coleta: _____
Langura: _____	Disco de Secchi: _____
Temperatura ambiente: _____	Temperatura da água: _____
pH: _____	OD: _____
Régua limnimétrica: _____	Vazão: _____

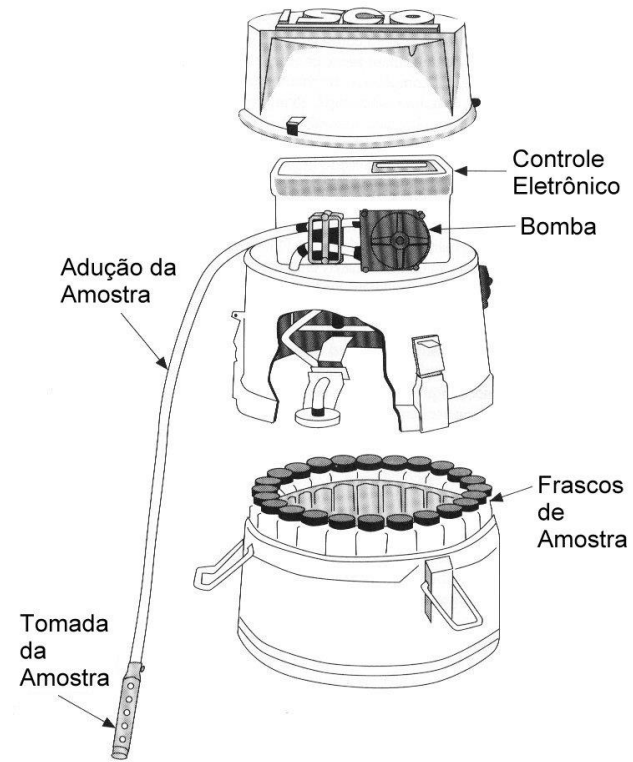
Observações:

Coleta de Amostras

Amostradores automáticos



Fixos



Portáteis



Medição in loco

Disco de Secchi



Medição *in Loco* Equipamentos

Pontos importantes:

- Faixa de medição
- Acurácia
- Resolução
- Calibração
- Manutenção
- Segurança

		Acurácia	
Precisão		Baixa	Alta
Baixa			
Alta			



Um equipamento para
cada parâmetro



Multi-parâmetro

Oxigênio Dissolvido
Temperatura
Condutividade
Salinidade
pH
Turbidez

Clorofila
Rodamina
Amônia
Nitrato
Cloreto
Barômetro



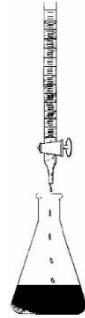
Laboratório de análise de água

equipe especializada para a realização das análises;
cumprimento rigoroso dos **métodos** na realização das determinações analíticas;
grau de pureza dos reagentes utilizados;
limpeza adequada dos frascos e vidrarias;
utilização de **vidrarias aferidas**;
armazenamento adequado das amostras;
cumprimento das análises no **prazo de validade** das amostras;
faixa de detecção do método analítico adequado à amostra; e
determinação no mínimo em **duplicata** principalmente de amostras com concentrações baixas, onde ela está mais propícia a influências.

Análise laboratorial

DBO

- Método de Winkler



- Método manométrico



OxiTop



DBO Track Hack



Incubadora

Método de determinação Coliformes fecais

Contagem padrão em placas petri

Filtração de diferentes porções de amostras usando filtros com um diâmetro e tamanho de poros padrões

Coloca-se cada filtro em meio nutritivo seletivo em uma placa petri

Incubação das placas em temperatura e tempo específicos

Contagem de colônias que cresceram no filtro.

Tubos múltiplos

Adição de quantidades específicas de amostras em tubos contendo um meio nutritivo

Incubação dos tubos em temperatura e tempo específicos

Avaliação da presença/ausência de desenvolvimento de gás e/ou turbidez que as bactérias produzem

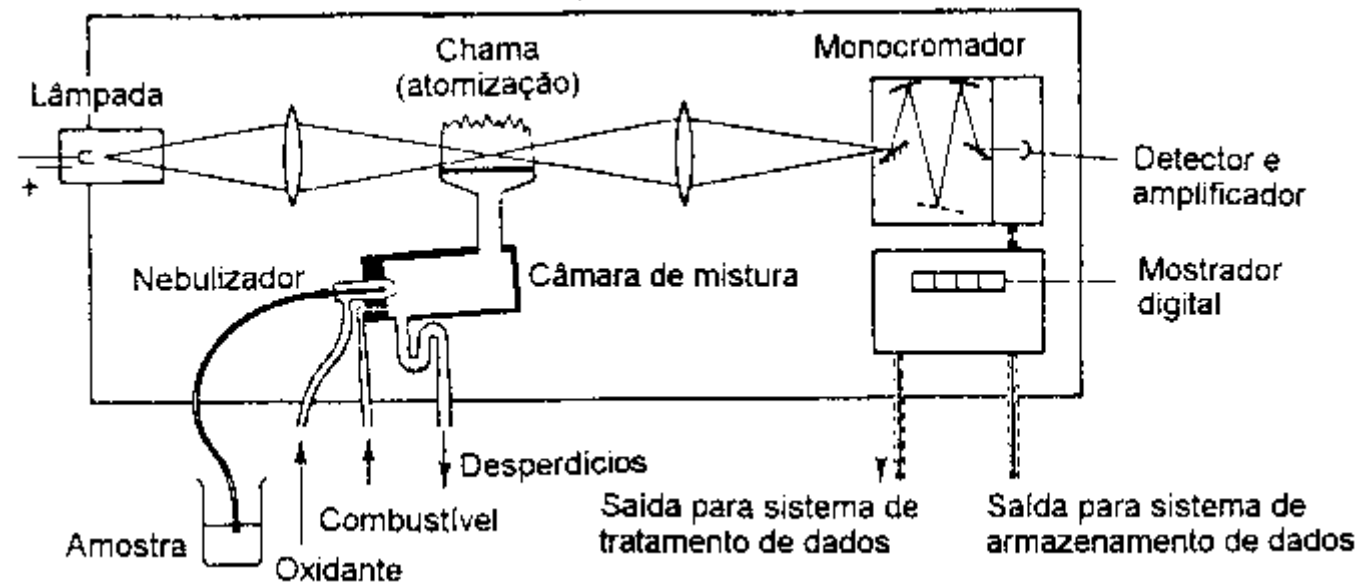
Cálculo do índice conhecido como NMP (Número mais provável)

Determinação de Metais

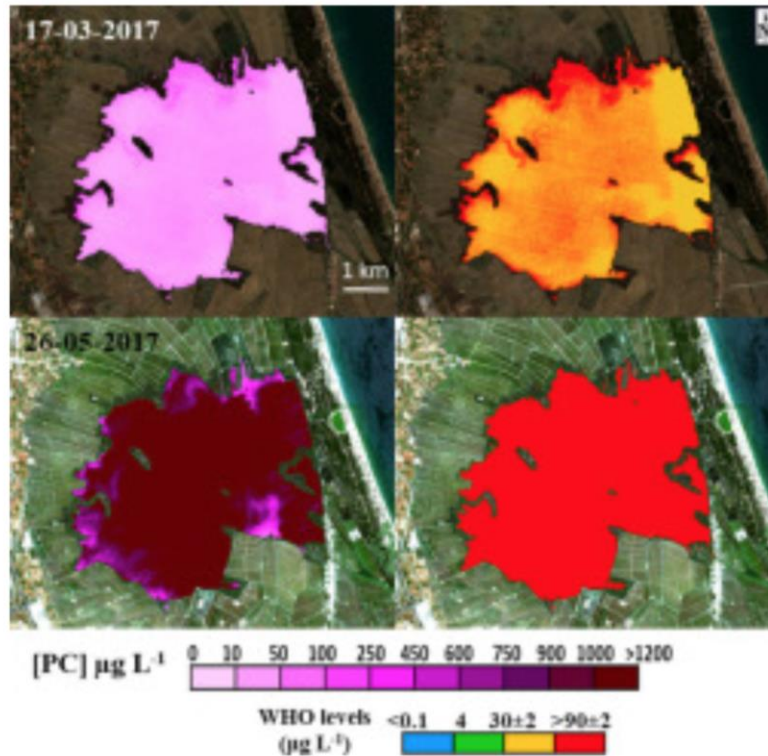
Espectrometria de Absorção Atômica

Análise quantitativa de baixos teores de metais

Baseia no fato dos átomos dos diferentes elementos absorverem energia a comprimentos de onda característicos e da absorvância, A , ser proporcional à concentração atômica



Sensoriamento remoto



Sentinel-2

Resolução: 10m

Período de revisita: 5 dias

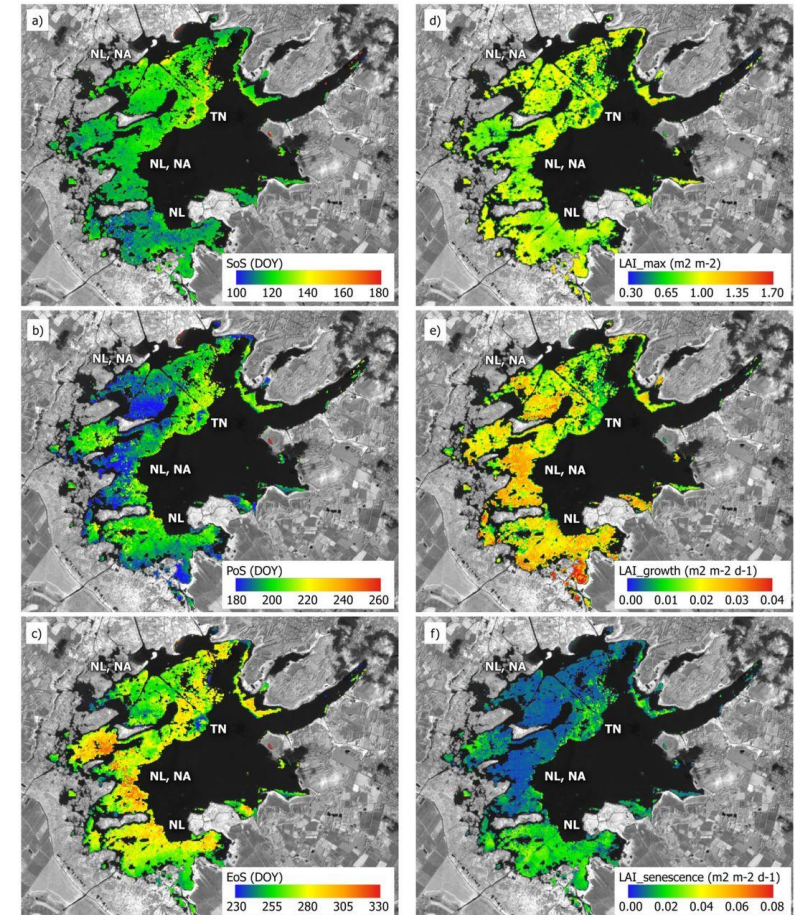
Proliferação de **cianobactérias**

Calibração ($R^2 = 0.841$; $n = 21$; $p < 0.001$)

Validação ($R^2 = 0.775$; $n = 55$; $p < 0.001$;

RMSE% = 40)

<https://www.x-mol.com/paper/5841891>



Macrófitas

Landsat 8 e Sentinel-2

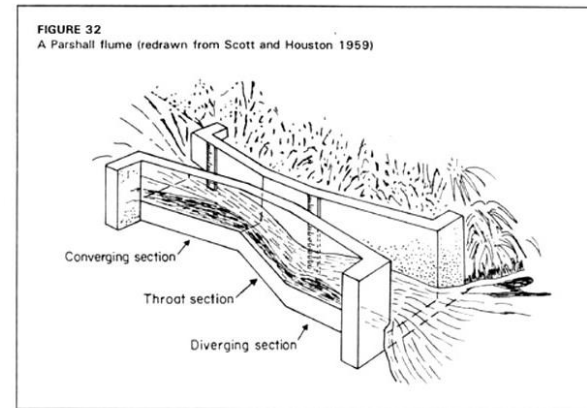
Quantidade

Medição de Vazão

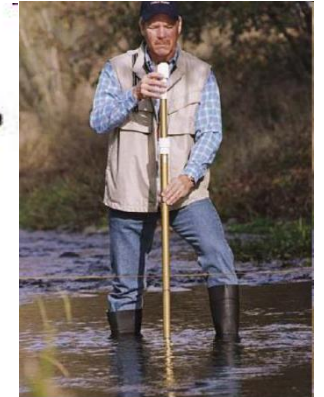
- Método volumétrico
- Com flutuadores
- Calha Parshall
- Vertedor
- Método da área e velocidade
- Método químico
- ADCP



Vertedor triangular



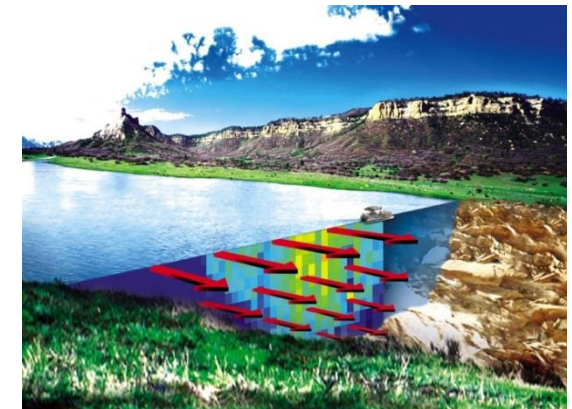
Calha Parshall



Molinete



ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler

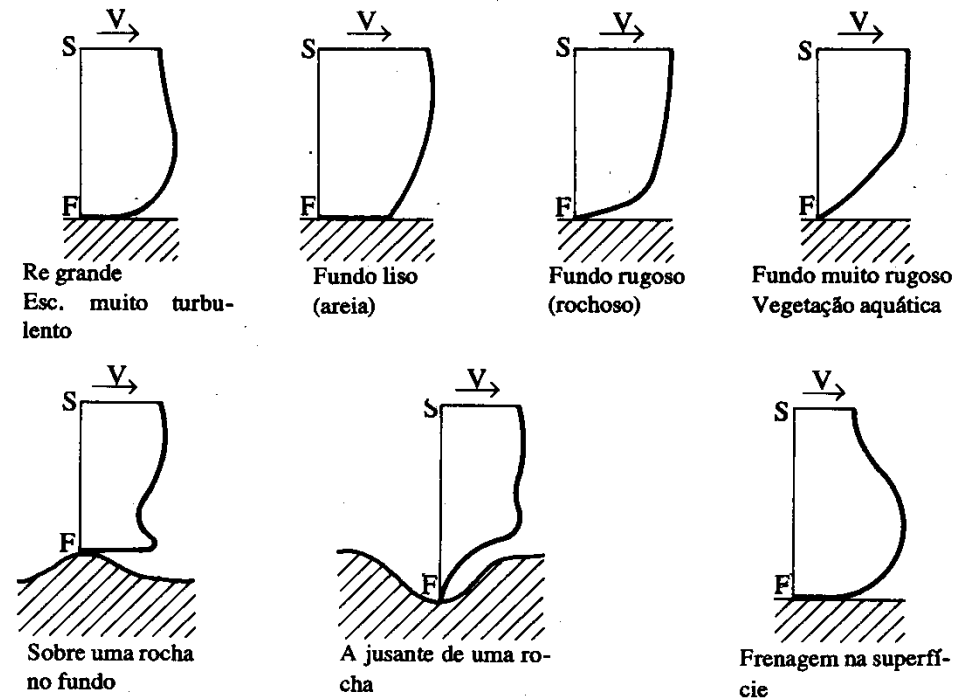
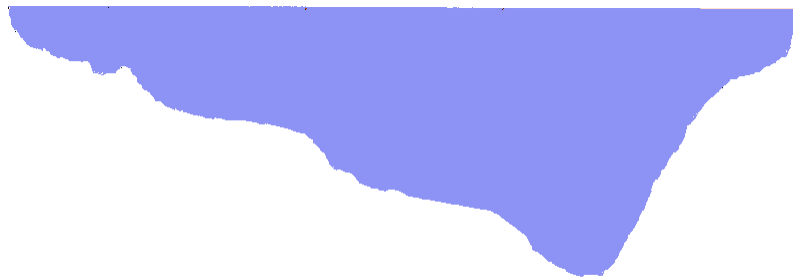


Vazão – Método da área e velocidade

$$Q = v A$$

Velocidade

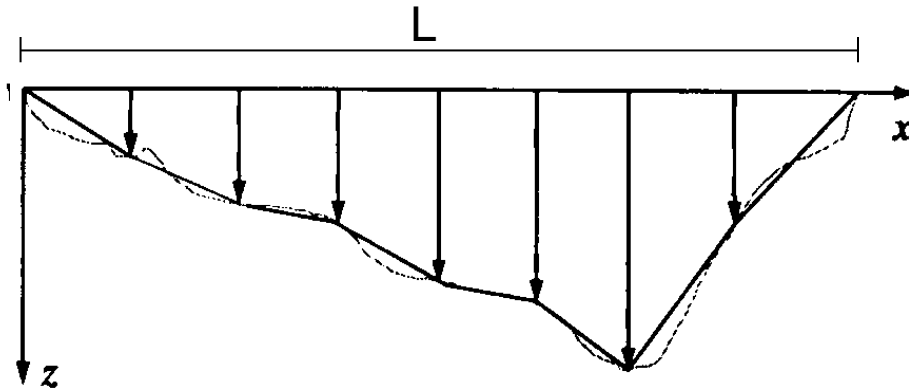
Seção transversal



Fonte: Santos et al. Hidrometria Aplicada.

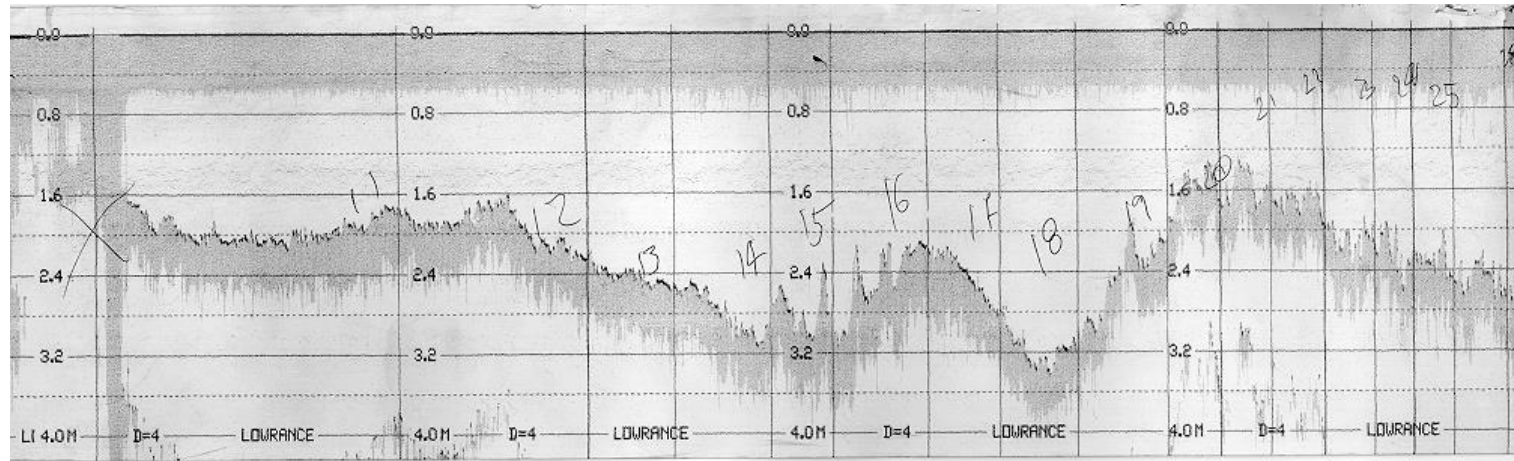
Geometria

Estimativa pontual:



Área:
$$A = \int_0^L z(x) dx$$

Profundidade média:
$$H = \frac{A}{L}$$



Velocidade - molinete



Velocidade

Estimativa pontual:

Medição com molinete hidrométrico:

Medição em um número significativo de verticais (ver tabela).

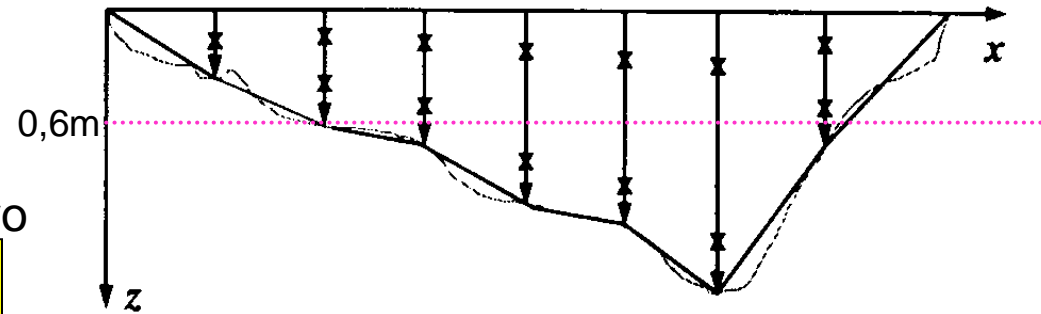


A velocidade média em cada vertical pode ser medida de várias formas (ver tabela). A mais comum:



- $h(x) > 0,6m$: média das velocidades medidas a 20% e 80% da profundidade.

- $h(x) < 0,6m$: velocidade medida a 60% da profundidade.



\bar{u} Velocidade média na vertical

Seção transversal:

Vazão:
$$Q = \int_0^L \bar{u}(x) z(x) dx$$

Velocidade média:
$$U = \frac{Q}{A}$$



Velocidade (2)

Quadro 4.2.1 - Cálculo da velocidade média na vertical (método detalhado).

Nº de pontos	Posição na vertical (*) em relação à prof. "h"	Cálculo da velocidade média, na vertical	Profundidade (m)
1	0,6 h	$\bar{V} = V_{0,6}$	0,15 – 0,6
2	0,2 e 0,8 h	$\bar{V} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2$	0,6 – 1,2
3	0,2; 0,6 e 0,8 h	$\bar{V} = (V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}) / 4$	1,2 – 2,0
4	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 h	$\bar{V} = (V_{0,2} + 2V_{0,4} + 2V_{0,6} + V_{0,8}) / 6$	2,0 – 4,0
5	S; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 h e F		> 4,0

(*) S – superfície; F - fundo

Fonte: Dnaee,1977



Fonte: Curso de Hidrometria Aplicada. Programa de Educação Continuada do CEHPAR

Velocidade (3)

Quadro 4.2.2 - Distância recomendada entre verticais.

Largura do rio (m)	Distância entre verticais (m)
$\leq 3,00$	0,30
3,00 – 6,00	0,50
6,00 – 15,00	1,00
15,00 – 50,00	2,00
50,00 – 80,00	4,00
80,00 – 150,00	6,00
150,00 – 250,00	8,00
\geq 250,00	12,00

Fonte: Parigot, 1948



Fonte: Curso de Hidrometria Aplicada. Programa de Educação Continuada do CEHPAR

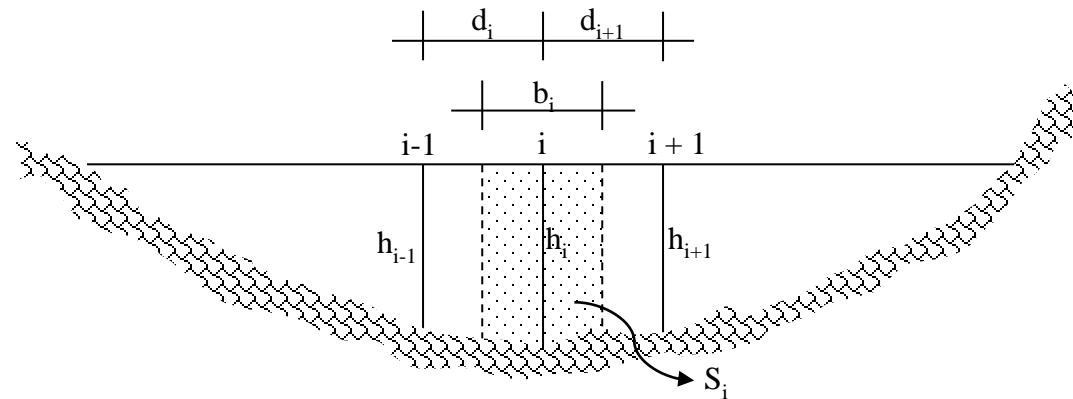
Vazão na seção do rio

$$Q = \sum q_i = \sum v_i S_i$$

q_i – elemento de vazão

v_i - velocidade média da água através do elemento de área S_i (na prática, adota-se a velocidade média na vertical)

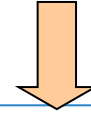
S_i – elemento de área da seção transversal



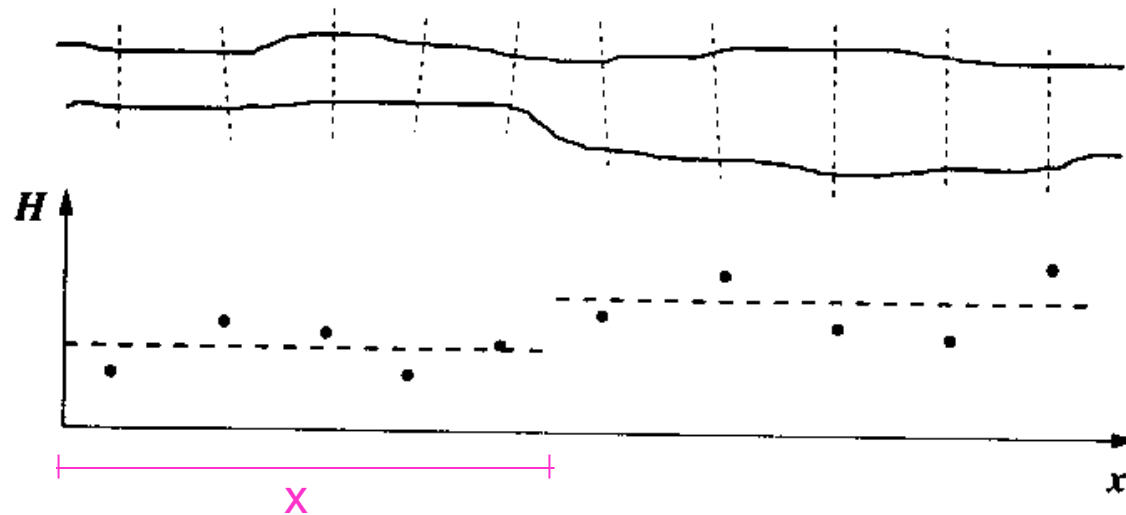
Velocidade (4)

Estimativa do trecho: (efetivo para sistemas rasos)

Largura do trecho varia menos que a profundidade



Largura do trecho \approx constante L



Tempo de percurso: traçador
(tempo para atravessar o trecho)

Velocidade média: $U = \frac{x}{t_p}$

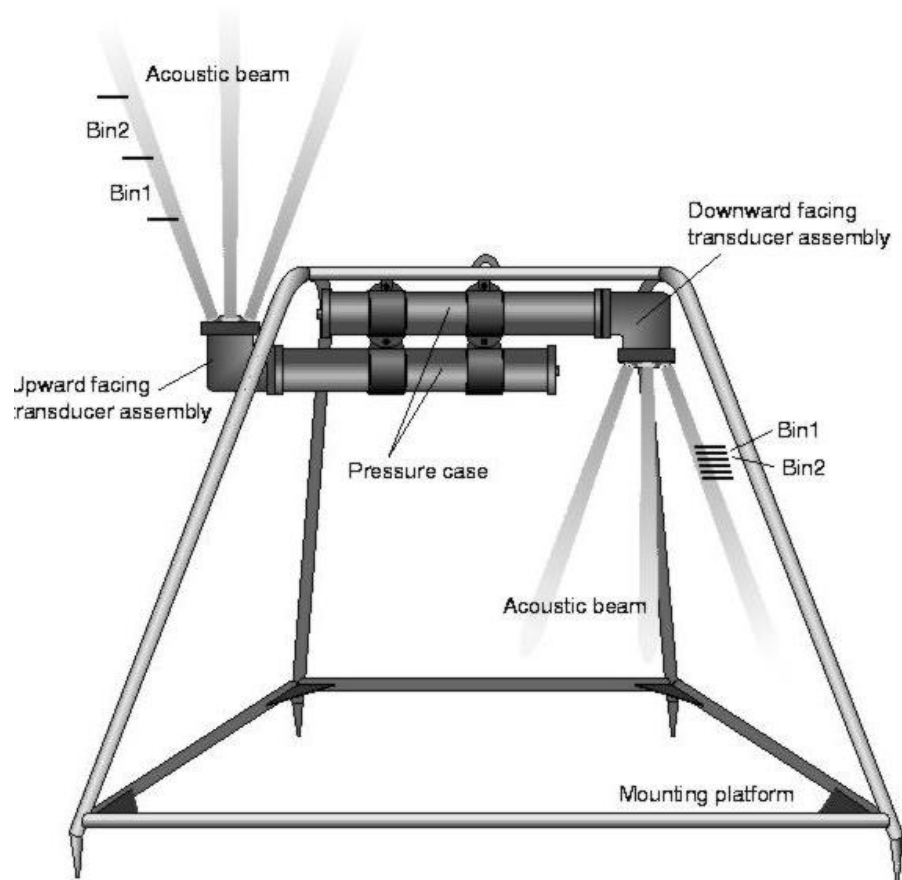
Vazão - ADCP

Para águas rasas
Teledyne - RD Instruments



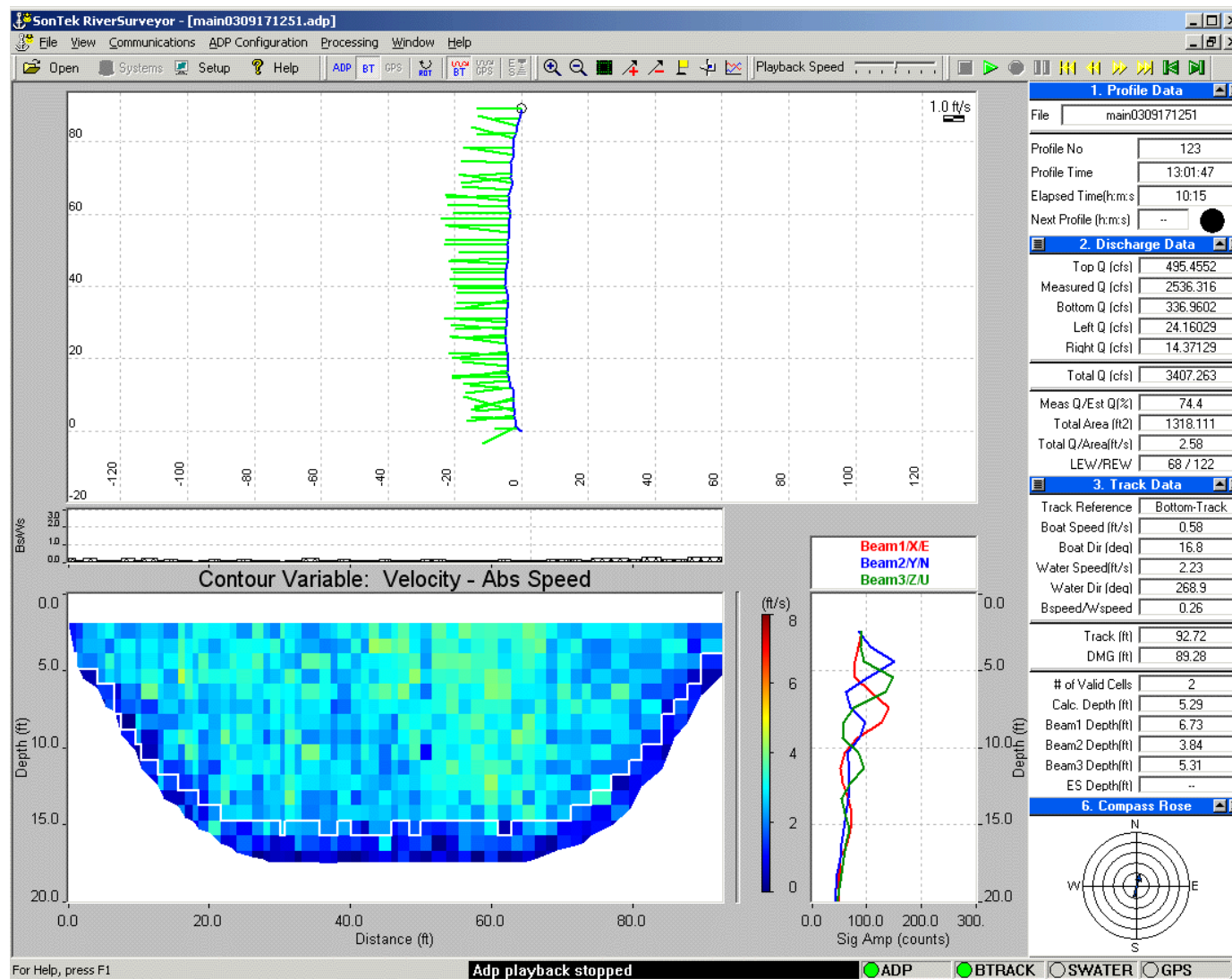
Para águas profundas

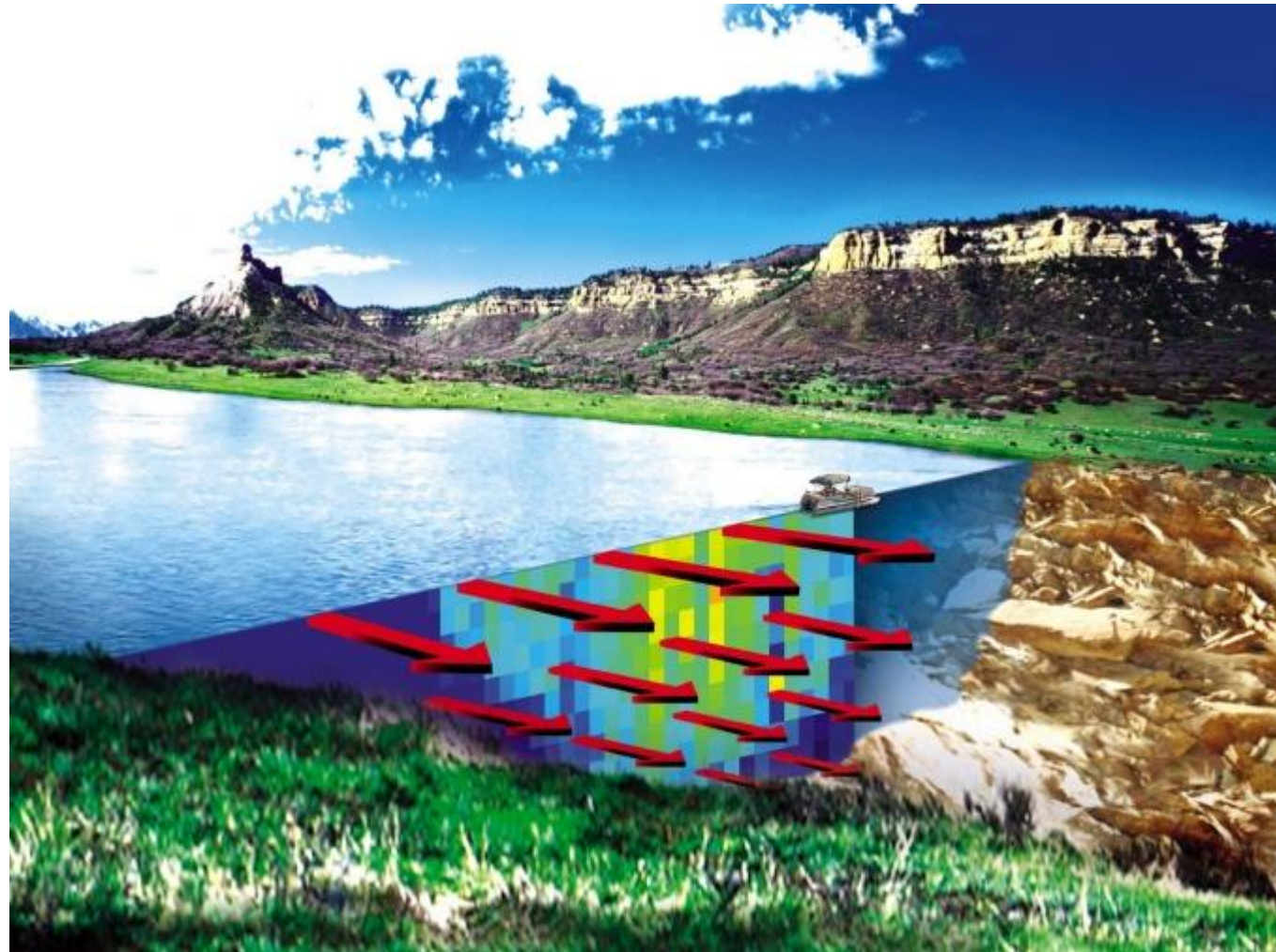




<http://sfports.wr.usgs.gov/~gartner/howitworks.html>

“ADCPs measure water motion by transmitting sound at fixed frequency. The instrument measures the Doppler-shifted echoes backscattered from scatterers (plankton and sediment) in the water and converts the echoes to along (acoustic) beam velocity components. The ADCP then converts the along beam velocities to north/south, east/west, and vertical velocity components. Velocity profiles are determined by range gating echoes so that velocities are determined at preset intervals along the acoustic path (called bins). Velocity measurements with as little as 5 cm bin size are possible with the Broad Band version of the ADCP operating in certain high resolution modes.”





Vazão – Método químico

Método de injeção contínua: injeta-se, com **vazão constante**, uma solução concentrada de um produto químico (sal) e mede-se a concentração desse produto na água do rio, depois que esta se torna constante no tempo. A vazão será dada por:

$$Q = q \frac{C_s}{C_r} (m^3 / s)$$

onde:

q = vazão da solução salina (l/s);
 C_s = concentração da solução (g/l); e
 C_r = concentração do sal na Água (mg/l)

Método de integração: consiste em verter, de qualquer maneira, um **volume conhecido de solução** no rio. Realizam-se em seguida, numa seção a jusante, as coletas de amostras durante todo o tempo de passagem da solução diluída. A vazão será dada por:

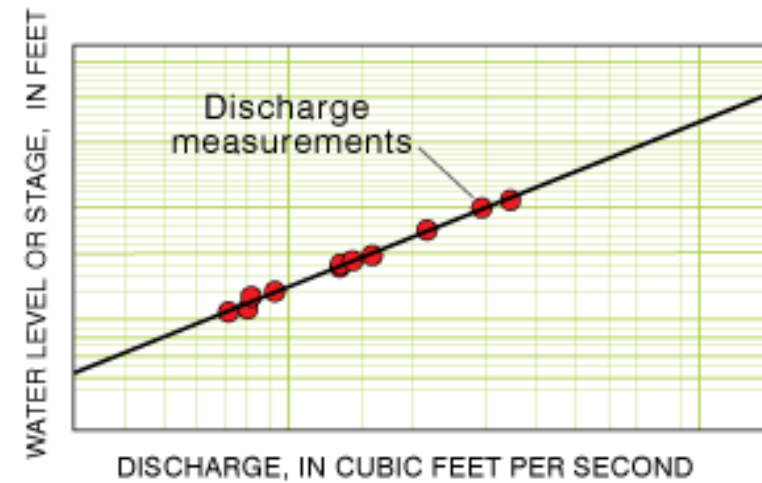
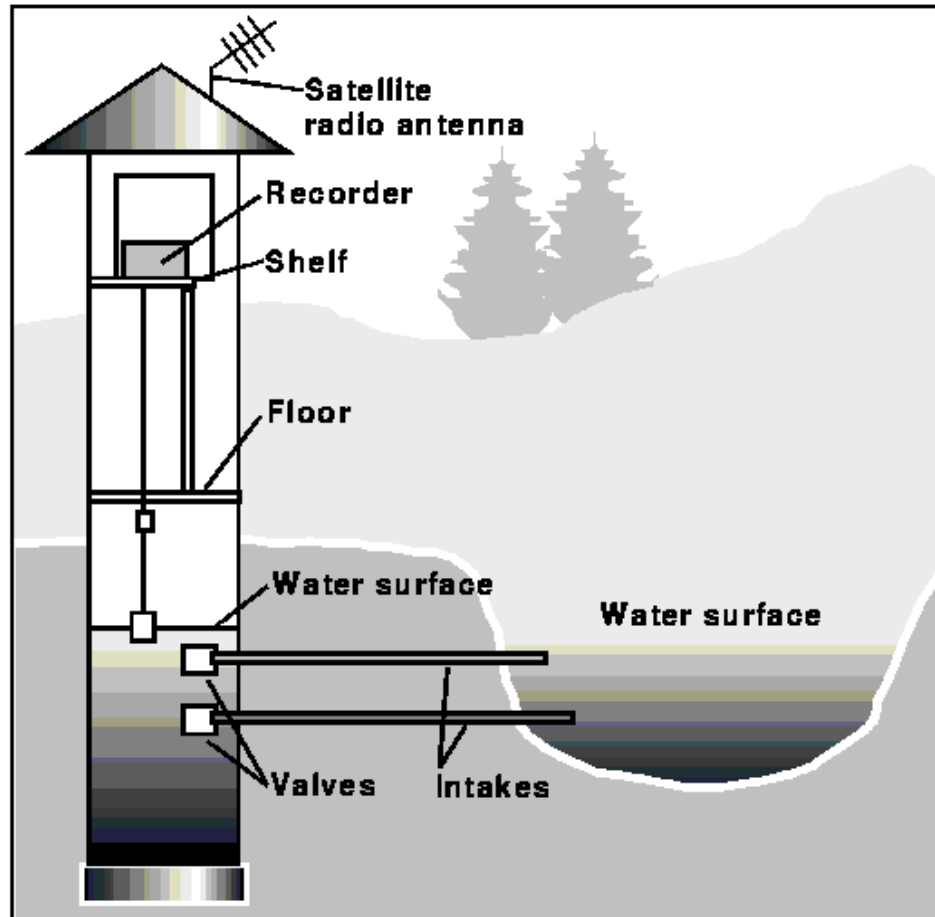
$$Q = \frac{V \cdot C_s}{\int_0^T C_r dt} (m^3 / s)$$

onde:

V = volume de solução despejado l;
 C_s = concentração da solução g/l; e
 C_r = $f(t)$ - concentração variável do sal no rio mg/l

Fonte: Curso de Hidrometria Aplicada. Programa de Educação Continuada do CEHPAR

Curvas de descarga ou curva-chave



Bancos de dados

Alguns bancos de dados

- [Hidroweb - ANA](#)
 - Vazão e Qualidade da água
- [Sistema de Informações Hidrológicas - IAT](#)
 - Vazão e Qualidade da água
- [CABra - Catchments Attributes for Brazil](#)
 - Vazão e outros
- Simepar
 - Vazão, precipitação
- [SABESP](#)
 - Qualidade da água
- [CETESB](#)
 - Qualidade da água
- [DAEE](#)
 - Vazão, precipitação

Referências

SANTOS, I. dos et al. Hidrometria Aplicada, Curitiba, LACTEC, 2001.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.