

# **6410 Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas – Norma CETESB, 1988**

CETESB	<b>Construção de poços de monitoramento de aquífero freático</b> Procedimento	06.010 ABR/88
--------	--	------------------

## **Introdução**

O sistema de monitoramento tem o papel de acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade da água subterrânea. As amostragens são efetuadas num conjunto de poços distribuídos estrategicamente, nas proximidades da área de disposição do resíduo (oferecendo subsídios para o diagnóstico da situação). A localização estratégica e a construção racional dos poços de monitoramento, aliadas a métodos eficientes de coleta, acondicionamento e análise de amostras, permitem resultados bastante precisos sobre a influência do método de disposição dos resíduos, na qualidade da água subterrânea.

Essa norma foi adaptada pela ABNT como norma NBR 13 895 “Construção de poços de monitoramento e amostragem”, junho de 1997.

## **1 Objetivo**

Essa norma fixa as condições exigíveis para construção de poços de monitoramento de aquífero freático e dados mínimos para apresentação de projeto de redes de monitoramento.

## **2 Definições**

Para os efeitos dessa norma, são adotadas as definições do item 2.1 ao 2.8.

### **2.1 Aqüífero freático**

Formação aquífera com superfície livre à pressão atmosférica.

### **2.2 Branco de campo**

Quantidade de água destilada colocada em um frasco de coleta, transportada até o local do poço de monitoramento, manuseada como se fosse uma amostra e retornada ao laboratório para análise.

### **2.3 Branco de equipamento**

Quantidade de água previamente destilada que, depois de contida em um equipamento de amostragem ou de bombeada através do mesmo, é transferida para frascos de coleta e retornada ao laboratório para análise, a fim de que se verifique se esse equipamento foi efetivamente limpo no laboratório ou no campo.

### **2.4 Datum**

Nível de referência.

### **2.5 Datum oficial**

Datum referido ao nível do mar.

### **2.6 Diâmetro nominal (DN)**

Número adimensional, que indica o tamanho de um elemento de tubulação e corresponde aproximadamente ao diâmetro interno da tubulação expresso em milímetros; é expresso pela sigla DN seguida de um número.

### **2.7 Poços de jusante**

Conjunto de poços colocados a jusante da área de disposição/tratamento de resíduos, em relação ao fluxo preferencial das águas subterrâneas, de forma a interceptar o fluxo de poluentes provenientes da área.

## **2.8 Poço de montante**

Poço situado a montante da área de disposição/tratamento de resíduos, em relação ao fluxo preferencial das águas subterrâneas. As amostras coletadas nesse poço deverão servir como indicação da qualidade das águas subterrâneas do local sem a interferência do sistema de disposição de resíduos a ser avaliado.

# **3 Condições gerais**

## **3.1 Distribuição dos poços**

### **3.1.1 Poço de montante**

Geralmente um único poço de montante, bem posicionado, é suficiente para o fim destinado, contanto que não haja nenhuma possibilidade de exposição ao fluxo da possibilidade de exposição ao fluxo da possível pluma gerada pelo método de disposição do resíduo.

### **3.1.2 Poços de jusante**

**3.1.2.1** Quanto maior for a certeza do real comportamento do sentido de fluxo subterrâneo, menor o número de elementos que deverão compor o conjunto de poços de jusante. De qualquer forma, recomendam-se no mínimo três poços de jusante no sistema de monitoramento.

**3.1.2.2** Os poços de jusante são posicionados transversalmente ao fluxo subterrâneo, distribuindo-se ao longo da largura da possível pluma.

*Nota:* Para a locação dos poços é absolutamente imprescindível a determinação do sentido do fluxo das águas subterrâneas

## **3.2 Localização dos poços em relação à área de disposição**

A Figura 1 apresenta a localização dos poços de monitoramento.

**3.2.1** O poço de montante deve ser locado próximo à área de disposição, mas a uma distância segura da influência do efluente.

3.2.2 Os Poços de jusante devem ser distribuídos próximo à área de disposição para que a pluma possa ser identificada o mais breve possível, no caso do lixiviado atingir o lençol. Entretanto, a localização exageradamente próxima dos poços aumenta o risco de contaminação direta dos mesmos.

### **3.3 Apresentação de projeto de poços de monitoramento**

Para apresentação do projeto, devem ser fornecidos à CETESB os seguintes elementos:

- a) mapa piezométrico;
- b) descrição da geologia local;
- c) estimativa da espessura do aquífero freático;
- d) localização dos poços de monitoramento em coordenadas cartesianas e planta topográfica, indicando a localização da rede e da instalação a ser monitorada;
- e) memorial descritivo nos termos dessa norma;
- f) parâmetros a ser analisados na água.

### **3.4 Perfuração**

Na perfuração de poços de monitoramento, são levados em consideração outros fatores, além dos observados na construção de poços para captação de água. Nos poços para monitoramento, a profundidade e o diâmetro de perfuração normalmente são menores. O método utilizado para a perfuração não deve utilizar fluidos de perfuração que possam influir na composição química da água de amostragem. Durante a perfuração é importante acompanhar as variações do nível de água e manter o controle das amostras do solo escavado. A boa descrição do solo e a correlação deste com a respectiva profundidade são importantes na avaliação da profundidade ideal e da melhor forma de acabamento do poço.

#### **3.4.1 Supervisão**

A perfuração de poços deve ser supervisionada por profissional habilitado.

#### **3.4.2 Equipamentos**

O princípio básico dos processos de perfuração está na desagregação da rocha ou solo por instrumento cortante, triturador ou abrasivo (trado, trépano, coroa diamantada, coroa de vídia), aliado a movimentos de rotação ou percussão.

##### **3.4.2.1 Trado manual**

É o equipamento mais utilizado para a escavação de poços de monitoramento. É de simples manuseio; o equipamento, a operação e a manutenção são de baixo custo; o método não exige a utilização de fluidos de perfuração. Porém, a perfuração a trado atinge uma profundidade restrita, opera com deficiência na zona saturada e

tem como fatores limitantes a presença de crosta dura e de pedregulhos. O fato da amostra de solo ser recuperada na forma desagregada não prejudica de forma acentuada a identificação da seqüência litológica do local. O equipamento consiste em um trado (escavador) e em uma haste composta por seções de 1 m de comprimento, que são rosqueados à medida que a perfuração prossegue. O avanço da perfuração ocorre pela rotação da alavanca, executada manualmente por 1 a 3 homens. Esgotada a capacidade de retenção de solo, o trado é recolhido para a retirada do solo correspondente ao intervalo de perfuração e uma porção da amostra é coletada, acondicionada e etiquetada com os dados de descrição e do intervalo de perfuração.

#### **3.4.2.2 Trado mecanizado**

O funcionamento é semelhante ao do trado manual; a diferença está no motor, que transmite o movimento de rotação à haste.

#### **3.4.2.3 Percussão com jato de água**

É basicamente uma sonda a percussão destinada à perfuração em depósitos aluvionares e mantos de intemperismo. Uma torre sustenta o trépano, componente responsável pela desagregação do solo. Um motor imprime ao trépano movimentos de descida e subida. Na sua descida, em queda livre, haverá impacto com o solo, resultando na perfuração. À medida que a escavação prossegue, são encaixadas seções de tubos de revestimento para proteção da parede. Para carrear o material triturado é injetada água sob pressão pelo interior da haste que sustenta o trépano. Terminada a perfuração, faz-se a injeção de pré-filtro, se necessário, concomitantemente à retirada do revestimento provisório. Nos casos em que as condições de estabilidade da formação o permitam, pode-se colocar o pré-filtro e o filtro com o revestimento definitivo, após a retirada do revestimento provisório. O fato da descrição do solo escavado ser feita pela análise da lama resultante da perfuração, a correlação desta com a respectiva profundidade é prejudicada.

#### **3.4.2.4 Rotativa diamantada**

É um equipamento indicado para terrenos que apresentam limitação à penetração dos equipamentos relacionados anteriormente. O custo desse processo é mais elevado do que nos processos anteriormente vistos. A perfuração se faz pelo processo de abrasão, pela ação da coroa diamantada em movimentos rotativos. Nesse processo é utilizado um fluido de perfuração, que tem por objetivo: a lubrificação e o esfriamento da coroa; o carreamento dos detritos resultantes da perfuração para a superfície; estabilização da parede de perfuração. O fluido mais comumente utilizado é a lama de perfuração (bentonita), mas no caso de poços de monitoramento é recomendável a utilização de água, o que depende das condições de estabilidade e resistência do solo. A amostra de rocha resultante do processo de perfuração é obtida na forma de testemunho, o que permite uma boa avaliação das variações litológicas.

### 3.5 Preparação do poço de monitoramento

Após o término da construção, o poço deve ser esgotado tantas vezes quantas necessárias, até que se obtenha água com turbidez menor ou igual a 5 N.T.U. Caso seja possível, proceder a uma análise das características dos sólidos em suspensão.

### 3.6 Apresentação do relatório da construção dos poços de monitoramento

Após o término da construção, deverá ser apresentado um relatório da construção contendo os seguintes elementos para cada poço:

- g) data de conclusão construção;
- h) método de perfuração utilizado e tipo de fluido de perfuração, se utilizado;
- i) localização real dos poços, em planta topográfica e coordenadas cartesianas;
- j) cota do solo, no ponto do poço;
- k) diâmetro da perfuração e diâmetro interno do revestimento;
- l) profundidade total do poço;
- m) descrição do perfil geológico;
- n) materiais utilizados no revestimento, filtro, pré-filtro, junções, selo e preenchimento;
- o) dimensões e distribuição das ranhuras ou furos;
- p) no caso de se usar tela, especificar o tipo de material e abertura da malha;
- q) volume do pré-filtro utilizado;
- r) volume do selo utilizado;
- s) método de colocação do selo; e
- t) procedimento utilizado para o desenvolvimento do poço.

## 4 Condições específicas

### 4.1 Componentes dos poços de monitoramento

Os poços de monitoramento, conforme mostra a Figura 2, são constituídos basicamente dos seguintes elementos:

- a) revestimento interno;
- b) filtro;
- c) pré-filtro;
- d) proteção sanitária;
- e) tampão;
- f) sistema de proteção;
- g) selo;
- h) preenchimento; e
- i) guias centralizadoras.

#### 4.1.1 Revestimento interno

São tubos de aço inoxidável, ferro fundido ou plástico, encaixados no interior da perfuração, com a função de revestir a parede da mesma ao longo do segmento correspondente à zona não saturada, para evitar desmoronamentos e servir como proteção sanitária.

*Nota:* A escolha do material deverá ser feita em função das características do poluente a ser amostrado. Nos poços de monitoramento, são utilizados com mais frequência revestimentos de tubo de PVC rígido marrom (JS Classe 12), devido a sua praticidade, baixo custo, resistência e baixa reatividade. O diâmetro pode ser pequeno (DN 50, DN 75, DN 100), suficiente para a introdução do amostrador e para a medição do nível da água.

#### 4.1.2 Filtro

Tem a propriedade de permitir a entrada da água e de impedir a penetração de algumas impurezas clásticas do poço.

*Nota:* Caso utilizem-se tubos de pequeno diâmetro (DN 50 ou DN 75), o filtro deve penetrar no aquífero pelo menos 2 m. Se a formação aquífera for argilosa ou de baixa transmissividade; nunca empregar tubos com diâmetros nominais inferiores a DN 100.

4.1.2.1 Há vários tipos de filtro; o mais comum e eficiente é o do tipo ranhurado. Consiste em tubo com ranhuras vazadas, distribuídas como mostra a Figura 3. A largura da ranhura poderá ser de 2 a 3 mm. Recomenda-se a execução de ranhuras com comprimento um pouco menor do que a metade da circunferência da seção transversal. A distância entre as ranhuras pode ser de aproximadamente 1 cm.

4.1.2.2 O filtro é normalmente construído de PVC; entretanto, dependendo das substâncias existentes nas águas subterrâneas, poderá ser substituído por outro material.

4.1.2.3 Dependendo do tipo de solo local, o filtro pode ter uma melhor eficiência quando envolvido por uma manta geotêxtil ou por uma tela de "nylon", a fim de evitar o entupimento das ranhuras.

4.1.2.4 Os filtros dos poços podem ocupar a extensão da zona saturada, tanto nos poços de jusante como nos de montante. O comprimento do filtro depende de vários fatores, basicamente:

- a) espessura saturada;
- b) geologia;
- c) gradiente hidráulico;
- d) propriedades físico-químicas e concentração do poluente.

#### 4.1.3 Pré-filtro

Ocupa o espaço anular, entre o filtro e a parede de perfuração. É constituído de areia lavada de grãos quartzosos ou pedrisco de quartzo (inertes e resistentes).

4.1.3.1 Deve ser cuidadosamente disposto, com os grãos bem assentados e minimizando a formação de espaços vazios.

4.1.3.2 A granulometria adequada para pré-filtro deve ser correspondente a diâmetro maior do que a abertura do filtro.

*Nota:* Em formações aquíferas arenosas, poderá ser dispensado o pré-filtro.

### 4.1.4 Proteção sanitária

Tem a função de evitar que a água superficial contamine o poço através da infiltração pelo espaço anular. É o conjunto formado pelo selo sanitário e pela laje de proteção. O selo sanitário é o cimento da extremidade superior do espaço anular (~ 30 cm de altura). A laje de proteção é o piso de cimento, construído com pequeno declive ao redor da boca do poço.

### 4.1.5 Tampão

A extremidade superior do tubo (boca do poço) deve ser protegida contra a penetração de substâncias indesejáveis, que podem comprometer os resultados de análise. É necessário instalar tampão removível. Na extremidade inferior do tubo, um tampão fixo (de preferência roscado) tem a função de evitar o carreamento do material constituinte do pré-filtro.

*Nota:* A variação do nível de água poderá causar uma variação de pressão dentro do tubo de revestimento, dificultando a retirada do tampão. Um pequeno orifício (respiro) no tampão ou no tubo de revestimento (próximo à boca) é uma forma de eliminar esse problema.

### 4.1.6 Sistema de proteção do tubo

O tubo de revestimento sobressai ao nível do terreno (~ 0,2 m) para evitar a penetração de água superficial e de elementos estranhos no poço. O sistema de proteção – de alvenaria ou tubo de aço – deve ter dimensões apenas suficientes para envolver a parte saliente do tubo de revestimento (ver Figura 2 – b e c). Uma tampa na parte superior permite o acesso ao poço. Essa tampa deve manter-se fechada a chave para melhor proteção do poço.

*Nota:* O poço deve ser identificado de forma indelével, permanente e de fácil visualização em sua tampa ou laje de proteção sanitária.

### 4.1.7 Selo

É um obturador com a função de vedar o espaço anular em torno do tubo de revestimento, acima do limite máximo de variação do nível do lençol, evitando a contaminação do poço por líquidos percolados pelo espaço anular. Serve também para delimitar camada de interesse dentro da zona saturada. O material vedante

(bentonita, cimento) deve obstruir uma pequena parte do espaço anular, o suficiente para impedir a passagem de água de um nível para outro.

#### **4.1.8 Preenchimento**

O espaço anular entre a parede da perfuração e a superfície externa do tubo de revestimento deve ser preenchido por material impermeável (argila, solo da perfuração), em toda a extensão não saturada (acima do nível da água), a fim de firmar o tubo de revestimento e dificultar a penetração de líquidos provenientes da superfície.

#### **4.1.9 Guias centralizadoras**

Dispositivos salientes, distribuídos ao longo do tubo de revestimento, fixados por seu lado externo (ver Figura 2 – a). Têm a função de mantê-lo centrado em relação ao eixo do poço.

### **4.2 Extensão dos filtros**

#### **4.2.1 Filtro longo**

4.2.1.1 A instalação de filtros longos (mais de 3 m de comprimento) só são aconselháveis quando a litologia é relativamente simples, a pluma possui uma distribuição vertical homogênea ou a vazão do aquífero é baixa.

4.2.1.2 O filtro longo, durante a amostragem, pode contribuir para a diluição da concentração da pluma. Os resultados das análises sempre representarão a concentração média da seção. No entanto, esse poço pode ser utilizado para amostragem a diferentes profundidades pelo emprego de amostradores específicos e, nesse caso, o resultado das análises indicará a concentração na profundidade amostrada. Em situações em que a vazão do aquífero é extremamente pequena, o filtro longo permite agilizar a recuperação do nível de água após o esvaziamento para a coleta de amostras.

#### **4.2.2 Filtro curto**

4.2.2.1 É indicado em casos de se deparar com:

- a) geologia complexa;
- b) necessidade de caracterização mais precisa da pluma; e
- c) poluente que ocupe nível preferencial dentro da zona saturada.

4.2.2.2 Uma bateria de poços (ver Figura 4 – a) é utilizada para monitoramento puntiforme nos locais de zona saturada espessa. A bateria de poços constitui-se de um grupo de poços localizados bem próximos uns aos outros com profundidades variáveis e com filtros curtos (1 a 3 m), dispostos em profundidades distintas. Esses poços são dimensionados para, em conjunto, interceptarem o fluxo subterrâneo em toda a extensão ou em segmentos apropriados do aquífero freático.

4.2.2.3 Um multinível (ver Figura 4 – b) consiste em tubos de comprimentos variáveis, munidos de filtros curtos, introduzidos numa perfuração (ex.: três tubos de DN 50 instalados em perfuração de 152 mm), completados com pré-filtro e selo, delimitando o campo de ação de cada filtro. Esse método tem como objetivo possibilitar a amostragem em vários níveis, dentro da zona saturada.

*Nota:* Os sistemas tratados em 4.2.2.2 e 4.2.2.3 permitem a avaliação do componente vertical de fluxo.

## Anexo A - Orientação para coleta de amostras<sup>1</sup>

### A-1 Amostragem de água subterrânea

A-1.1 Um plano para amostragem de água subterrânea deve levar em conta múltiplos aspectos, tais como:

- a) técnicas de coleta;
- b) técnicas de preservação e acondicionamento de amostras;
- c) métodos de análise; e
- d) procedimentos de encaminhamento de amostras.

A-1.2 Os problemas mais comuns nas amostragens são os seguintes:

- e) o responsável não prepara um plano ou simplesmente não tem plano definido;
- f) o plano contém poucas informações ou contém informações pouco relevantes para orientar o técnico que irá executar as coletas de amostras;
- g) as instruções do plano não são seguidas ou simplesmente se desconhece a existência de um plano;
- h) empregam-se técnicas inadequadas de esgotamento do poço;
- i) adotam-se equipamentos de coleta inadequados, que podem comprometer a qualidade da água do poço ou acarretar perda de compostos voláteis;
- j) nos laboratórios, não se utiliza branco de campo, reagente padronizado ou diluição padrão para identificar alterações nas amostras, após a coleta;

*Nota:* Recomenda-se a utilização de um branco de campo por amostragem para cada tipo de frasco.

- k) não se faz a limpeza apropriada do equipamento de amostragem;
- l) os equipamentos de amostragem (corda, balde e tubos) são colocados no solo, podendo contaminar-se antes do uso;

---

<sup>1</sup> Adaptado e R.C.R.A. Ground-Water Monitoring Technical Enforcement Guidance Document, EPA, set. de 1986.

- m) os dados de campo não são registrados devidamente (p. ex.: nível de água temperatura);
- n) o procedimento para encaminhamento de amostras ao laboratório não é seguido devidamente;
- o) pouca atenção é dispensada quando se anotam erros e anomalias;
- p) adotam-se protocolos de garantia de qualidade ou de controle de qualidade inadequados (campo e/ou laboratório).

## A-2 Elementos do plano de amostragem

O plano de amostragem deve incluir as seguintes informações básicas:

- a) coleta de amostra;
- b) preservação e coleta de amostras;
- c) procedimento de encaminhamento das amostras;
- d) procedimento analítico;
- e) controle de qualidade no campo e no laboratório.

### A-2.1 Coleta da amostra

#### A-2.1.1 Medida do nível estático

O plano de amostragem deve prever a medição do nível estático de cada poço antes de cada operação de esgotamento.

A-2.1.1.1 Os dados do nível de água coletados de forma sistemática são importantes para determinar se os fluxos horizontal e vertical sofrerão alteração desde a caracterização inicial do poço de monitoramento.

A-2.1.1.2 O plano deve especificar o tipo de instrumento e a metodologia para medição de nível.

A-2.1.1.3 O técnico de campo deve medir a profundidade da água no poço para calcular o volume de água estagnada e verificar as condições do filtro do poço (identificar problemas de turvação). A medida deve ser tomada com erro menor que 0,3 cm.

A-2.1.1.4 Cada poço deve ter um Datum facilmente identificável com referência ao Datum oficial mais próximo.

A-2.1.1.5 Em áreas remotas, pode-se estabelecer um piquete provisório para facilitar a reamostragem.

A-2.1.1.6 O equipamento utilizado para medição de nível deverá ser suficientemente sensível, podendo ser uma trena de aço. Contudo, recomenda-se um equipamento eletrônico.

#### *Notas:*

- a) Deve-se tomar cuidado para que o equipamento não contamine a amostra de água.
- b) O equipamento de medição de nível deverá ser construído de material inerte para facilitar a limpeza.

### A-2.1.2 Detecção de camadas imiscíveis

O plano de amostragem deve prever um esquema para determinar contaminantes imiscíveis (sobrenadantes e depositantes). Os compostos sobrenadantes normalmente são líquidos orgânicos insolúveis, menos densos do que a água, e os compostos depositantes são líquidos insolúveis, mais densos do que a água.

A-2.1.2.1 A determinação das camadas imiscíveis deve ser feita com equipamentos especializados antes do poço ser esgotado para amostragem convencional.

A-2.1.2.2 O plano deve especificar o tipo de equipamento para se detectar a fase mais leve e a fase mais densa.

A-2.1.2.3 O procedimento para detecção de camadas imiscíveis deve compreender as seguintes etapas:

- a) remover a tampa do poço de monitoramento;
- b) amostrar o ar do poço para verificar a existência de voláteis;
- c) determinar o nível estático da camada de cima, empregando um manômetro (outro tipo de equipamento poderá ser utilizado);
- d) colocar um sensor no poço para detectar a existência de camadas imiscíveis.

A-2.1.2.4 O monitoramento do ar acima da superfície livre da camada mais leve é importante para julgar se existe risco de explosão ou fogo.

A-2.1.2.5 Um manômetro, sonda acústica ou apito (para poços muito rasos), pode fornecer um registro preciso da profundidade da superfície do líquido no poço, mas nada é capaz de diferenciar a superfície potenciométrica da superfície da camada imiscível. Contudo, é usual determinar a profundidade da superfície livre para auxiliar a colocação do sensor de interface.

A-2.1.2.6 O sensor de interface tem suas finalidades:

- a) quando é lançado no poço, permite determinar a existência de líquido orgânico;
- b) permite verificar a existência de camadas imiscíveis.

*Nota:* A existência de sobrenadantes torna impossível o uso exclusivo de sonda ou apito para determinação do nível estático da água. O medidor de interface consiste em flutuadores de diferentes densidades, os quais acionam um dispositivo elétrico quando atravessam diferentes camadas.

A-2.1.2.7 Determina-se a fase densa de líquidos imiscíveis baixando o equipamento até o fundo do poço, onde o detector de interface registra a presença de líquido orgânico.

A-2.1.2.8 O procedimento para coletar a fase leve imiscível depende de sua profundidade e espessura. A fase imiscível deve ser coletada antes de qualquer atividade de limpeza.

A-2.1.2.9 Se a espessura da fase leve for de 60 cm ou mais, poder-se-á utilizar um coletor de caneca (caçamba de dardo) – ver Figura 5.

A-2.1.2.10 Se a espessura da camada flutuante for menor que 60 cm e a profundidade da superfície for menor que a altura de sucção, poder-se-á empregar uma bomba peristáltica.

A-2.1.2.11 Se a espessura da camada flutuante for menor que 60 cm e a profundidade de sua superfície for maior que a altura de sucção da bomba, dever-se-á modificar um coletor para permitir a entrada do líquido pela parte de cima. A válvula de baixo deverá ser travada. A bola da válvula de cima deverá ser removida para permitir a entrada da amostra por cima. A flutuação que ocorre quando o coletor recebe o líquido sobrenadante pode ser evitada, colocando-se um pedaço de tubo de aço inoxidável na linha de retorno, acima do coletor.

A-2.1.2.12 O equipamento deve ser baixado cuidadosamente, medindo-se a altura da superfície da camada flutuante. O coletor deve ser baixado até a metade da camada sobrenadante. Essa técnica é a técnica mais eficiente para amostrar a fase flutuante quando sua espessura mede poucos centímetros.

A-2.1.2.13 O melhor método para coletar a fase densa imiscível consiste no emprego de um coletor com duas válvulas de retenção (ver Figura 5 – b). Para efetuar uma boa coleta é necessário movimentar lentamente o coletor durante toda a operação. A fase densa deve ser coletada antes de qualquer atividade de esgotamento.

#### A-2.1.3 Esgotamento do poço

A água parada no poço pode não ser representativa da qualidade da água do local. Portanto, o técnico deve remover a água estagnada no poço e no pré-filtro, de tal forma que a água da formação substitua a água estagnada.

A-2.1.3.1 O plano de amostragem deve pormenorizar a operação de esvaziamento dos poços e indicar o tipo de equipamento a ser utilizado pelo operador.

A-2.1.3.2 O procedimento de esgotamento deve assegurar que toda a água estagnada seja substituída por água de formação. A operação deve permitir o rebaixamento do nível de água acima do topo do filtro para assegurar que a água se mova ascendentemente no mesmo.

A-2.1.3.3 O procedimento do operador depende das características do poço. Ao esvaziar poços de baixa produtividade (aqueles que são incapazes de produzir 3 volumes do poço), o operador deve esgotá-lo completamente. Assim que o poço se recuperar suficientemente, a primeira amostra deverá ser utilizada para medição de pH, temperatura e condutividade. As amostras devem ser acondicionadas na ordem de crescente da susceptibilidade à volatilização. O poço deve ser retestado quanto ao pH, temperatura e condutividade depois da amostragem para avaliação da eficiência do esgotamento e verificação da estabilidade das amostras de água. Quando o tempo de recuperação do poço exceder 2 horas, o operador deverá coletar as amostras assim que for possível obter um volume suficiente para cada parâmetro.

A-2.1.3.4 De forma alguma o operador deverá esvaziar completamente o poço se a recarga for muito forte e provocar a formação de quedas d'água, acelerando a perda de voláteis. O operador poderá evitar esse inconveniente, retirando 3 volumes do poço, a uma velocidade que não cause recarga excessiva, antes da amostragem.

A-2.1.3.5 Alguns tipos de bomba (peristáltica, de ar comprimido e venturi) provocam volatilização e produzem elevada pressão diferencial, o que acarreta variação nas medidas de pH e condutividade, bem como nos resultados das análises para determinação dos teores de metais e de orgânicos voláteis. Essas bombas são aceitáveis para limpeza, desde que se deixe a água estabilizar antes da amostragem.

A-2.1.3.6 Quando o equipamento de bombeamento tem que ser reutilizado, há necessidade de descontaminá-lo, procedendo de forma idêntica à adotada com relação ao equipamento de amostragem. O uso de luvas limpas é obrigatório.

A-2.1.3.7 Deve-se tomar precauções para que o solo não entre em contato com equipamentos de esgotamento e linhas de bombeamento, a fim de que não ocorra a introdução de contaminantes no poço de monitoramento.

A-2.1.3.8 Se a água proveniente da limpeza estiver contaminada, haverá necessidade de acondicioná-la em tambores, para sua disposição fora da área.

### A-2.1.4 Retirada de amostras

A técnica utilizada para coleta de amostras deve levar em conta os parâmetros a serem determinados.

A-2.1.4.1 Para garantia de que a amostra de água seja representativa da formação, deve-se reduzir ao mínimo as alterações químicas e físicas durante o processo de retirada de amostras.

A-2.1.4.2 A fim de reduzir as possibilidades de contaminação da amostra, o operador deve atender aos seguintes requisitos:

- a) utilizar equipamentos de Teflon ou de aço inoxidável;
- b) empregar amostrador específico para cada poço.

*Notas:* a) Se não houver um amostrador para cada poço, o operador deverá limpar o equipamento antes de cada amostragem, coletar branco do equipamento e mandar analisá-lo para verificar se não há contaminação.

b) Recomenda-se a utilização de, no mínimo, um branco de equipamento por dia de amostragem.

A-2.1.4.3 O plano de amostragem deve especificar a ordem em que as amostras devem ser coletadas, prevendo o início das coletas nos locais menos contaminados. Além disso, em cada poço, as amostras devem ser coletadas e acondicionadas de acordo com a ordem decrescente de sua susceptibilidade à volatilização, a saber:

- a) voláteis (ver Anexo C).
- b) compostos semivoláteis (ver Anexo C);
- c) pesticidas/PCBs (ver Anexo C);
- d) metais totais (ver Anexo C);
- e) metais solúveis (ver Anexo C);
- f) carbono orgânico total (TOC);
- g) halogêneos orgânicos totais (TOX);
- h) fenóis (ver Anexo C);
- i) cianeto;
- j) nitrato de amônia;
- k) sulfato e cloreto;
- l) radionuclídeos.

A-2.1.4.4 Os procedimentos para limpeza dos equipamentos devem ser relacionados no plano.

A-2.1.4.5 Os seguintes equipamentos são aceitáveis, quando empregados adequadamente:

- m) bomba de bexiga, com corpo de Teflon ou aço inoxidável, acionada a gás (ver Figura 6);
- n) coletor de Teflon ou aço inoxidável, com duas válvulas de retenção e dispositivo de esvaziamento na parte de baixo (ver Figura 5 – a);
- o) seringa (de aço inoxidável ou Teflon);
- p) coletor de Teflon ou aço inoxidável, com uma válvula de retenção (ver Figura 5 – b).

A-2.1.4.6 Os equipamentos de amostragem devem ser feitos de material inerte. Os equipamentos revestidos com neoprene, coletores de PVC, tubo de "tygon", bexiga de borracha de silicone, êmbolos de neoprene, polietileno e "viton" não são aceitáveis por interferirem nos parâmetros a ser analisados.

A-2.1.4.7 Se o operador estiver utilizando um coletor, o cabo deste deverá ser de material inerte.

A-2.1.4.8 No campo, o supervisor deve verificar se o operador está satisfazendo as seguintes condições:

- a) a bomba de bexiga, se utilizada, deve ser operada continuamente, de tal forma que não ocorra pulsação, acartando assim aeração na amostra;
- b) as válvulas de retenção dos equipamentos devem ser projetadas e inspecionadas para evitar problemas de entupimento ou de aeração na amostra;
- c) o equipamento de amostragem não deve ser lançado no poço para evitar turbulência, pois isso provoca desgaseificação da água no impacto;
- d) a transferência de uma amostra do amostrador para o frasco de coleta deve ser feita lentamente para evitar aeração;
- e) o equipamento de amostragem, quando limpo, não deve ser colocado diretamente no solo ou sobre outra superfície contaminada, antes de ser introduzido no poço.

A-2.1.4.9 Quando se utiliza equipamento específico para cada poço, é necessário seguir o procedimento para desmontar e limpar o equipamento antes de cada amostragem. A primeira lavagem poderá ser feita com ácido nítrico ou clorídrico 0,1 N; a segunda, com água de torneira; e a última, com água destilada. O ácido clorídrico é geralmente preferível ao ácido nítrico, principalmente quando o equipamento de amostragem é de aço inoxidável.

A-2.1.4.10 Quando a amostragem se refere a orgânicos, há necessidade de lavar o equipamento com detergente sem fosfato e depois enxaguar com água de torneira, água destilada, acetona e hexano do grau pesticida. O operador deve amostrar primeiro os poços de montante e depois os de jusante.

*Nota:* As instruções de A-2.1.4.9 e A-2.1.4.10 são imprescindíveis quando se quer avaliar baixas concentrações próximas do limite de detecção do parâmetro a ser analisado.

A-2.1.4.11 Quando se coletam orgânicos voláteis através de bomba de bexiga, a taxa de bombeamento não pode ser superior a 100 ml/minuto. Taxas mais elevadas podem provocar perda de compostos voláteis e variação do pH. Após a coleta específica para voláteis, o operador poderá aumentar a taxa de bombeamento. A vazão de amostragem não deve exceder a utilizada para esgotamento do poço.

### A-2.1.5 Análises "in-situ" ou de campo

Vários constituintes instáveis devem ser testados no poço ("in-situ") ou logo após a coleta na boca do poço. Como exemplos de elementos ou propriedades instáveis, incluem-se: pH, potencial, redox, cloro, sulfeto, oxigênio dissolvido, alcalinidade e temperatura. Apesar da condutividade específica ser relativamente estável, é aconselhável determiná-la em campo.

A-2.1.5.1 A maioria dos instrumentos de condutividade requer compensação de temperatura; portanto, há necessidade de medir a temperatura quando se determina a condutividade.

A-2.1.5.2 Se o operador utilizar sensores (eletrodo para pH, eletrodos de íon específico, termístores) para medir qualquer das propriedades relacionadas, é importante que essa seja a última operação, de tal forma que a contaminação potencial pelo eletrodo seja a menor possível.

A-2.1.5.3 Os sensores de monitoramento não devem ser colocados nos frascos de coleta de amostra de água.

A-2.1.5.4 O operador deve providenciar a calibração dos equipamentos de monitoramento ou sensores e "kits" de campo, antes de qualquer medição, em conformidade com as instruções do fabricante e com os métodos de avaliação de resíduos sólidos.<sup>2</sup>

## A-3 Preservação e manuseio de amostras

### A-3.1 Generalidades

Muitos dos constituintes químicos e parâmetros físico-químicos que devem ser medidos ou avaliados em programas de monitoramento não são quimicamente estáveis, daí a necessidade de preservação. Em complementação, o Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água (ver D-10) especifica frascos de amostras que o operador deve utilizar para cada constituinte ou conjunto de parâmetros (ver tabela).

A-3.1.1 O método de preservação e o tipo de frasco de coleta devem ser identificados no plano de amostragem.

A-3.1.2 Todos os procedimentos para transferência de amostras no campo e fora do laboratório devem ser detalhados no plano de amostragem. O manuseio impróprio de amostras poderá alterar os resultados analítico das mesmas. As amostras no campo devem ser retiradas diretamente do equipamento de amostragem para o frasco de coleta. Não é prática aceitável fazer amostras compostas em um mesmo frasco de boca larga e depois transferi-las para frascos menores.

---

<sup>2</sup> Physical/Chemical Methods (SW-846), 2ª edição, 1982.

A-3.1.3 O plano de amostragem deve especificar as técnicas para transferir as amostras com voláteis, do equipamento de amostragem para o frasco de coleta, a fim de que as perdas por agitação e volatilização sejam reduzidas ao mínimo.

#### A-3.2 Frascos de coleta

O plano de amostragem deve identificar o tipo de frasco de coleta a ser usado, assim como o procedimento para garantir que os frascos estejam isentos de contaminantes antes de serem usados.

A-3.2.1 Quando os metais constituírem o elemento de interesse, dever-se-á utilizar frascos de Teflon ou polietileno com tampa de polipropileno. Quando os orgânicos forem compostos de interesse, dever-se-á utilizar frascos de vidro com tampa revestida de Teflon.

A-3.2.2 Os frascos devem ser limpos conforme o parâmetro de interesse.

A-3.2.3 Quando as amostras tiverem de ser analisadas para identificação de metais, tanto os frascos de coleta quanto à vidraria de laboratório deverão ser muito bem lavados com detergente não fosfatado e água de torneira, enxaguados com ácido nítrico e água de torneira (1:1) e, finalmente, com água destilada, nessa ordem.

A-3.2.4 Para análise de orgânicos, deve ser removido todo e qualquer material residual do frasco de coleta; em seguida, este deve ser lavado com detergente não fosfatado, em água quente. Depois deve ser enxaguado com água de torneira, água destilada, acetona e finalmente com hexano de grau pesticida.

A-3.2.5 A vidraria suja ou contaminada não forma uma película muito fina de água em sua superfície e pode exigir tratamento com ácido crômico e/ou secagem em uma mufla a 400°C, durante 15 a 30 minutos, para garantir que o vidro está limpo.

A-4.2.6 O ácido crômico pode ser útil na remoção de depósitos orgânicos da vidraria; entretanto, o analista deve assegurar-se de que a vidraria precisa ser perfeitamente enxaguada para eliminação dos últimos traços de cromo. O emprego de ácido crômico pode causar problemas de contaminação e deverá ser evitado, se o cromo for o elemento de interesse.

A-3.2.7 A vidraria deve ser selada e armazenada em local limpo, imediatamente após a secagem e resfriamento, a fim de impedir o acúmulo de poeira ou outros contaminantes; deve ser armazenada com a boca tampada com folha de alumínio e em posição invertida.

#### A-3.3 Preservação de amostras

A-3.3.1 O plano de amostragem deve indicar os métodos de preservação de amostras que serão utilizados.

*Nota:* Os métodos de preservação de amostras são relativamente limitados e têm geralmente por objetivo:

- a) retardar a ação biológica;
- b) retardar a hidrólise;
- c) reduzir os efeitos de sorção.

A-3.3.2 Os métodos de preservação limitam-se geralmente a controle de pH, adição química, refrigeração e proteção contra a luz.

A-3.3.3 A cada constituinte da amostra corresponde um método de preservação específico (ver tabela).

### A-3.4 Considerações especiais sobre manuseio

A-3.4.1 As amostras utilizadas para determinação de orgânicos não devem ser filtradas. As amostras não devem ser transferidas de um frasco para outro, pois isso ocasiona a perda de material orgânico na parede do frasco ou pode ocorrer aeração. As amostras para halogêneos orgânicos totais (TOX) e carbono orgânico total (TOC) devem ser manipuladas e analisadas como materiais que contêm orgânicos voláteis.

A-3.4.2 Não deve existir espaço vazio no frasco da amostra para reduzir ao mínimo a possibilidade de volatilização dos orgânicos. Os diários de campo e os relatórios de análise de laboratório devem registrar o espaço vazio nos frascos de amostra na hora da recepção no laboratório, bem como a hora em que a amostra foi transferida pela primeira vez para o frasco na boca do poço.

A-3.4.3 As amostras de água subterrânea, destinadas a análises para determinação de metais, devem ser divididas em duas porções: uma deve ser filtrada em membrana de 0,45 µm, transferida para um frasco, preservada com ácido nítrico (pH < 2) e analisada para determinação de metais, dissolvidos; a porção restante deve ser transferida para um frasco, preservada com ácido nítrico e analisada para determinação de metais totais. As partículas de lama, presentes no poço mesmo após o esgotamento deste, podem absorver ou adsorver diversos tipos de íon e baixar significativamente o teor de metal dissolvido na água do poço. Qualquer diferença de concentração entre as frações total e dissolvida poderá ser atribuída ao teor de íon metálico original das partículas e qualquer sorção de íons para as partículas.

Tabela 6410-1: Procedimentos de amostragem e preservação para monitoramento<sup>3</sup>

Parâmetro	Frasco recomendado <sup>4</sup>	Método de preservação	Tempo máximo de armazenagem	Volume mínimo necessário para análise
-----------	---------------------------------	-----------------------	-----------------------------	---------------------------------------

Indicadores de contaminação da água subterrânea<sup>5</sup>

pH	T, P, V	Determinado no campo	Nenhum	200 l
Condutividade	T, P, V	Determinado no campo	Nenhum	100 ml
TOC	V, âmbar, tampa <sup>6</sup> revestida com Teflon	Refrigerar a 4°C <sup>7</sup> , HCl até pH < 2	28 dias	100 ml
TOX	V, âmbar, septos ou tampas revestidos com Teflon	Refrigerar a 4°C, adicionar 1 ml de sulfito de sódio 1,1 M	7 dias	100 ml

Características de qualidade da água subterrânea

Cloreto	T, P, V	4°C	28 dias	200 ml
Ferro Manganês Sódio	T, P	Acidificado no campo com HNO <sub>3</sub> até pH < 2	6 meses	300 ml
Fenóis	V	4°C / H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até < 2	28 dias	1000 ml
Sulfato	T, P, V	Refrigerar, 4°C	28 dias	200 ml

Características provisórias de potabilidade da água, de acordo com a EPA

Cromo-hexa	T, P	Refrigerar, 4°C	24 horas	250 ml
Arsênico Bário Cádmio Cromo Chumbo Selênio Prata	T, P	<u>Metais totais</u> Acidificado no campo com HNO <sub>3</sub> até pH < 2 <u>Metais dissolvidos</u> 1. Filtração no campo (0,45µm) 2. Acidificação com HNO <sub>3</sub> até pH < 2	6 meses  6 meses	1000 ml  1000 ml
Mercurio	Frasco escuro	1. Filtração no campo (0,45µm) 2. Adicionar 15 ml da solução preservante <sup>8</sup>	10 dias	250 ml
Fluoreto	T, P	Refrigerar, 4°C	28 dias	100 ml
Nitrato/Nitrito	T, P, V	4°C / H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até < 2	14 dias	200 ml
Endrin Lindano Metoxicloro Toxafeno 2,4 O 2,4,5 TP Silvex	T, V	Refrigerar, 4°C	7 dias	2000 ml
Rádio Alfa total Beta total	P, V	Acidificado no campo com HNO <sub>3</sub> até pH < 2	6 meses	3785 ml
Bactérias coliformas	PP, V (esterilizado)	Refrigerar, 4°C	6 horas	200 ml

Outras características de interesse das águas subterrâneas

Cianeto	P, V	Refrigerar, 4°C, NaOH até pH > 12, 0,6 g de ácido ascórbico <sup>9</sup>	14 dias <sup>10</sup>	500 ml
Óleo e graxa	V (somente)	Refrigerar, 4°C, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH < 2	28 dias	1000 ml
Orgânicos semivoláteis e voláteis	T, V	Refrigerar, 4°C	14 dias	1000 ml
Voláteis	V, revestido com Teflon	Refrigerar, 4°C	14 dias	250 ml

<sup>3</sup> Referências: Test Methods for Evaluating Solid Waste - Physical/Chemical Methods, SW- 846, 2ª edição (1982) - Methods for Chemical Analysis Water and Wastes, EPA-600/4-79-020

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 16ª edição (1985).

<sup>4</sup> Tipos de frasco:

P - Plástico (polietileno) .

V = Vidro

T = Resinas fluorcarbonadas (PTFE, Teflon, fEP, PFA, etc.)

PP - Polipropileno

<sup>5</sup> De acordo com os requisitos para monitoramento, deve-se coletar um volume de água subterrânea suficiente para efetuar a análise quatro vezes separadamente.

<sup>6</sup> Não deixar qualquer espaço vazio.

<sup>7</sup> As caixas de transporte (com gelo, solto ou em pacotes) devem poder estar à temperatura de 4°C no momento de receber as amostras. A preservação de amostra exige que a temperatura seja ajustada para 4°C imediatamente após a coleta. As caixas de transporte deverão estar a 4°C e manter-se a 4°C, no instante do recebimento e durante o transporte. Termômetros de máxima e mínima deverão ser colocados dentro da caixa de transporte para registrar a variação de temperatura.

<sup>8</sup> Solução preservante: 10 g de  $K_2Cr_2O_7$  p.a. + 200 ml de água destilada + 1000 ml de  $HNO_3$  concentrado p.a., destilado). Todos os reagentes com baixo teor de mercúrio.

<sup>9</sup> Empregar ácido ascórbico somente em presença de agentes oxidantes.

<sup>10</sup> O máximo tempo de armazenagem é de 24 horas quando há presença de sulfeto. Opcionalmente, todas as amostras podem ser ensaiadas com papel de acetato de chumbo antes da ajustagem do pH, a fim de verificar se há presença de sulfeto. Se houver presença de sulfeto, este poderá ser removido pela adição de pó de nitrato de prata até que o ensaio de mancha dê resultado negativo. Filtrando-se a amostra e adicionando-se NaOH até pH 12.

## Anexo B

### ANEXO B - FIGURAS

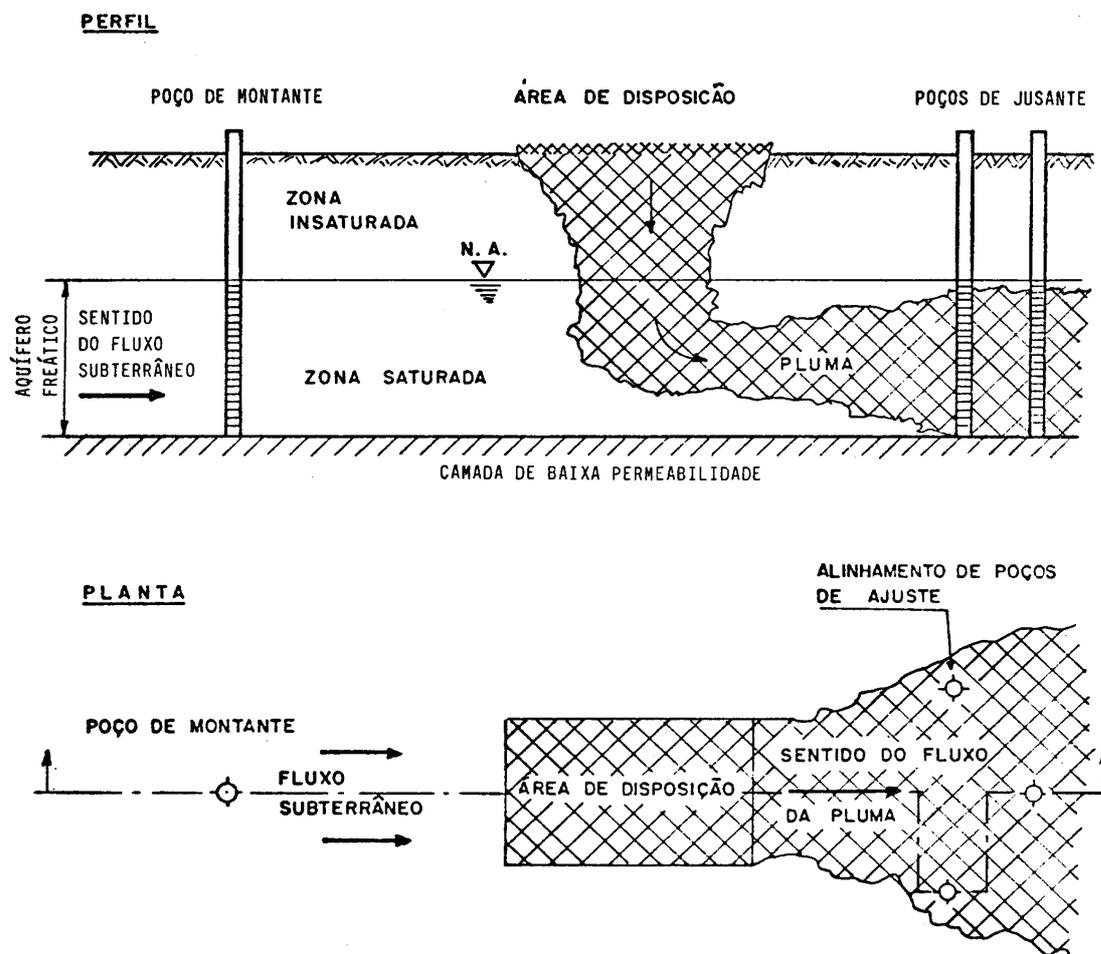


FIGURA 1 - Disposição dos poços de monitoramento

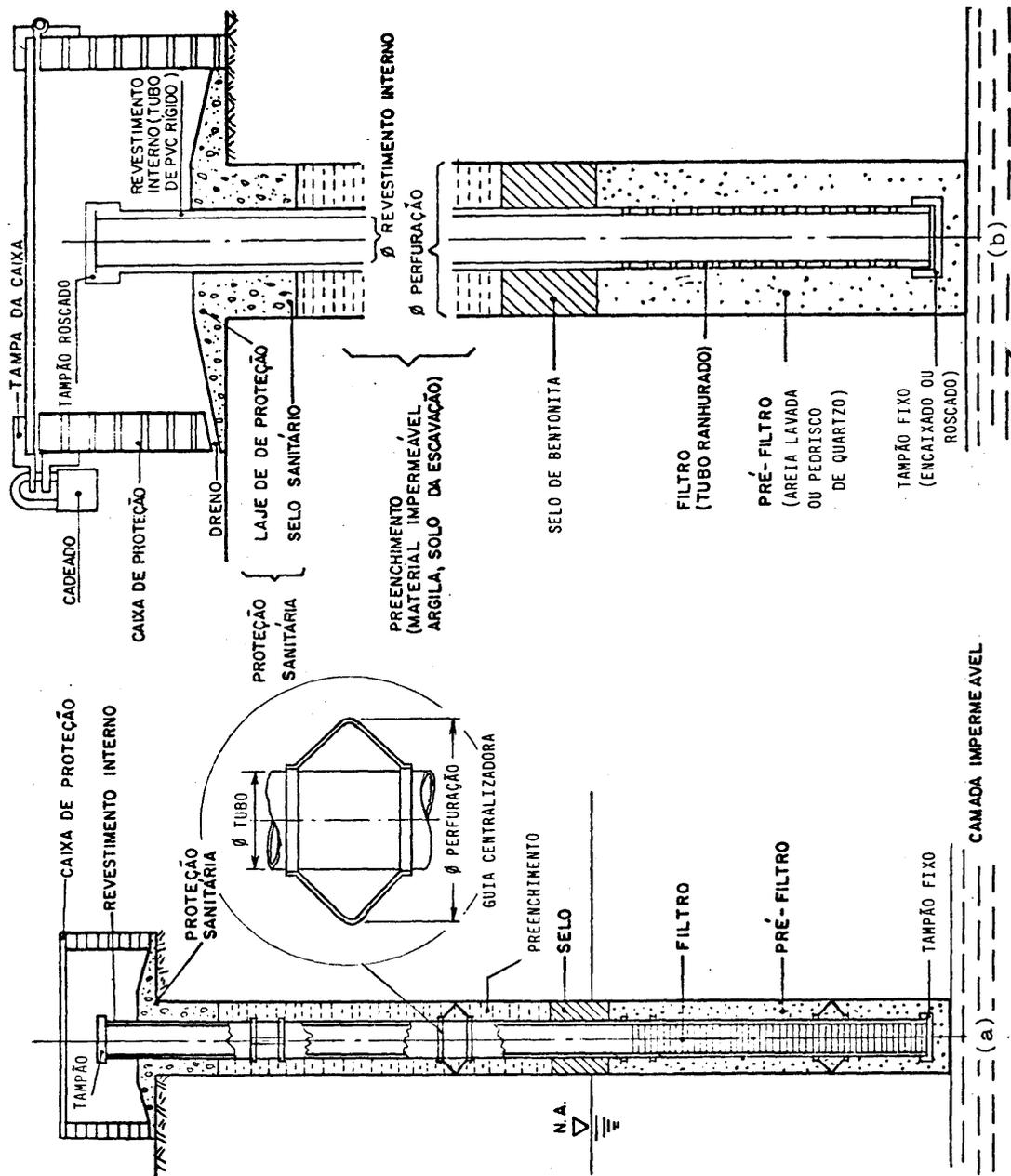


FIGURA 2 - (a) e (b) - Perfil esquemático de poço de monitoramento

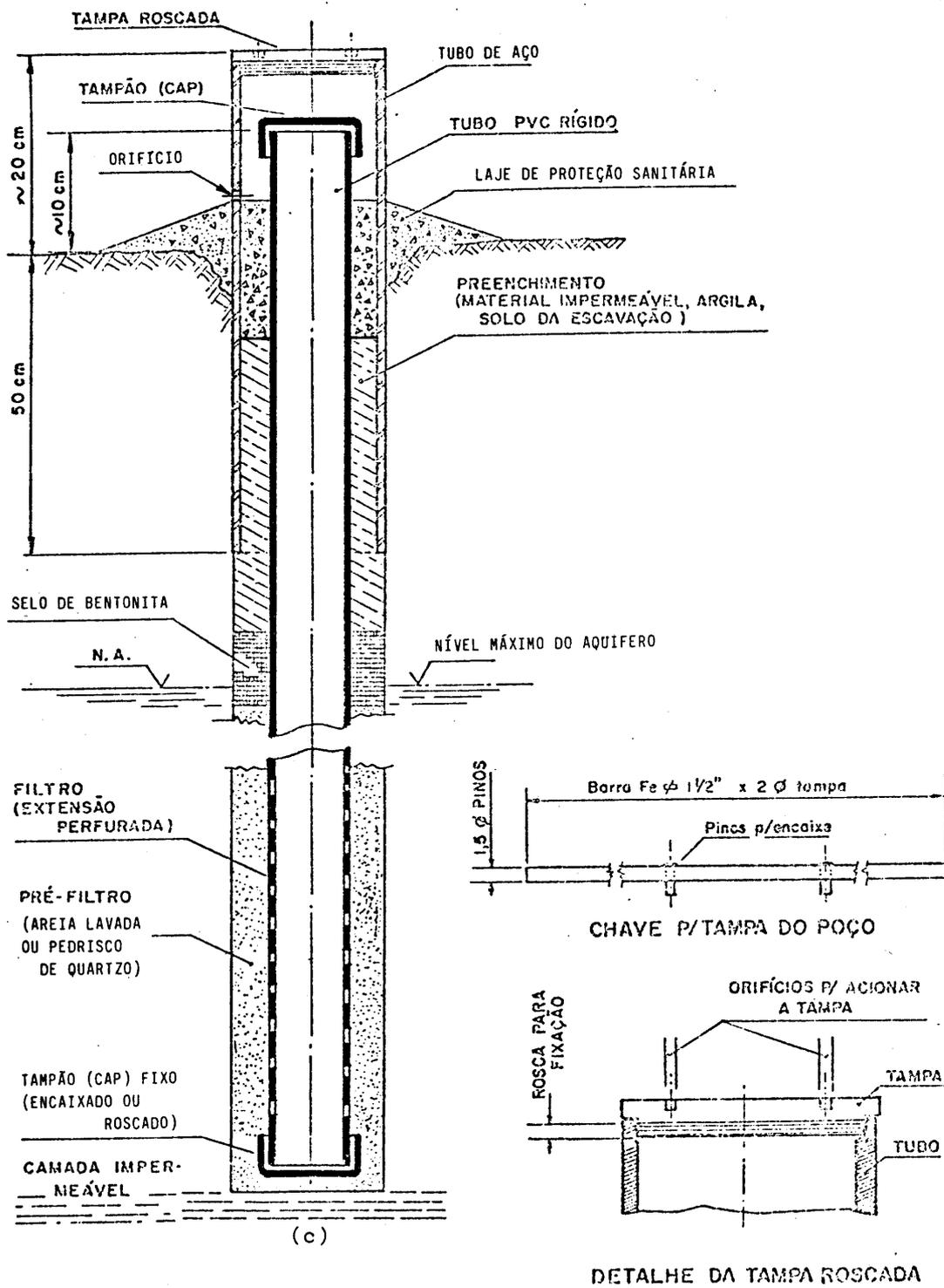


FIGURA 2 - (c) - Perfil esquemático de poço de monitoramento

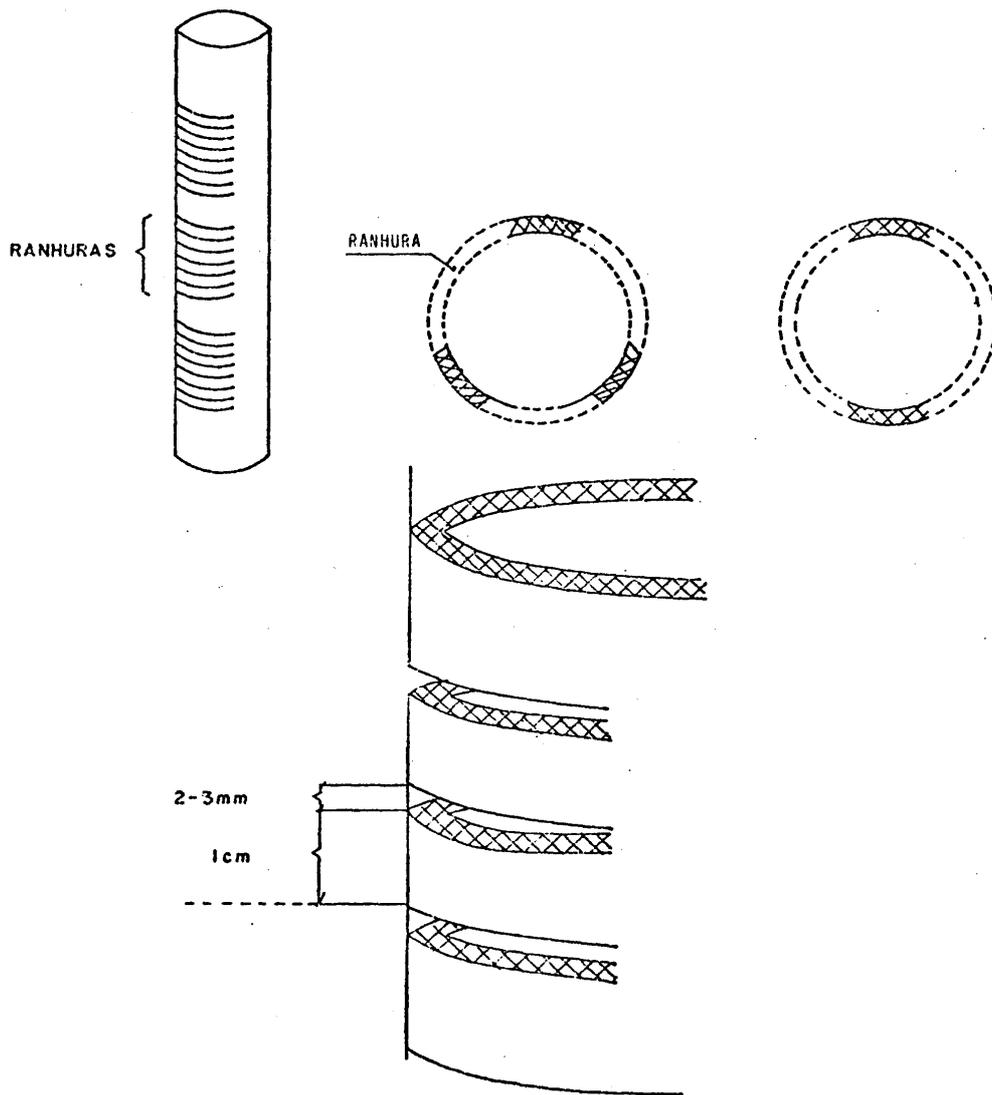


FIGURA 3 - Filtros para tubos de PVC tipo ranhurado

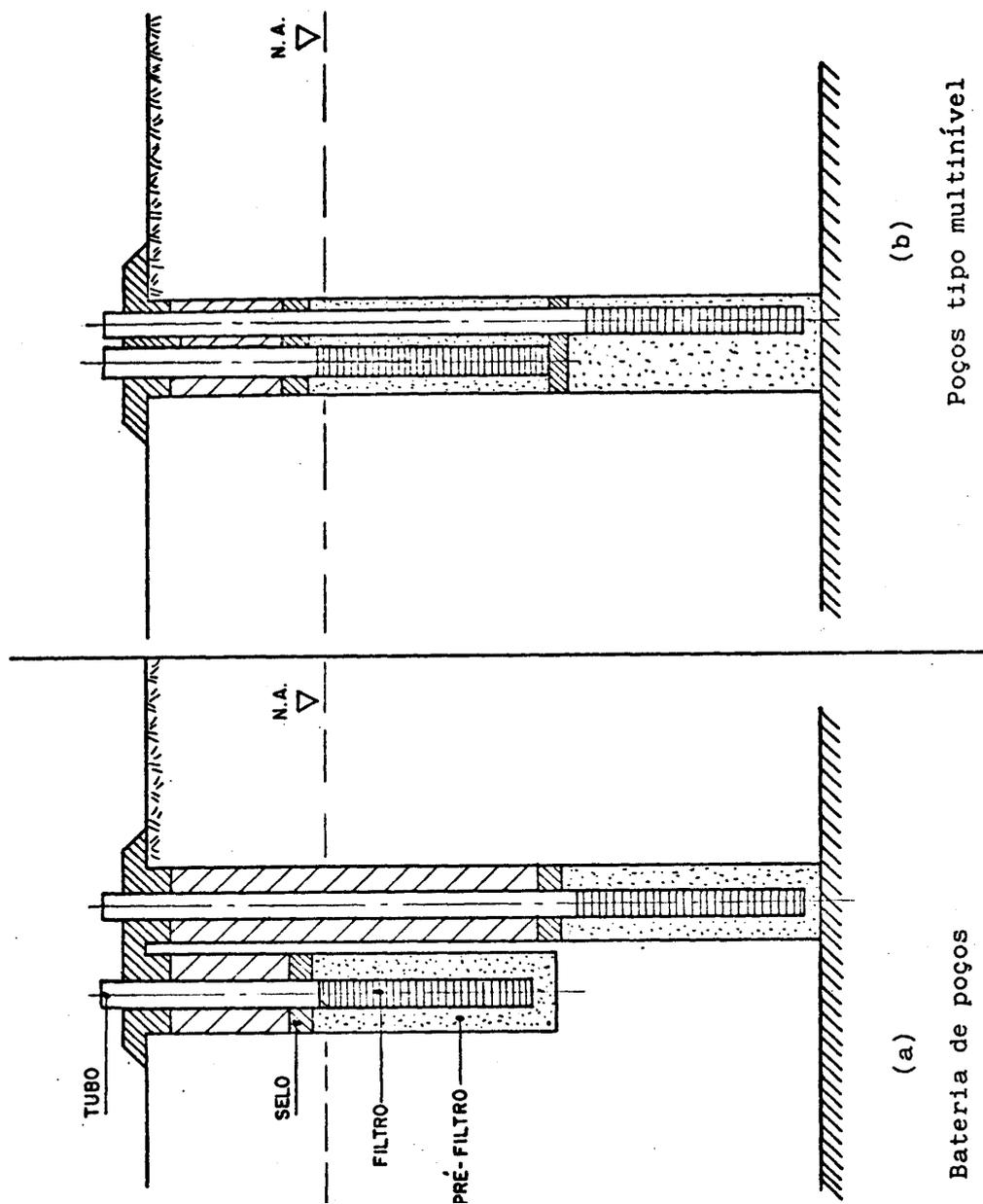
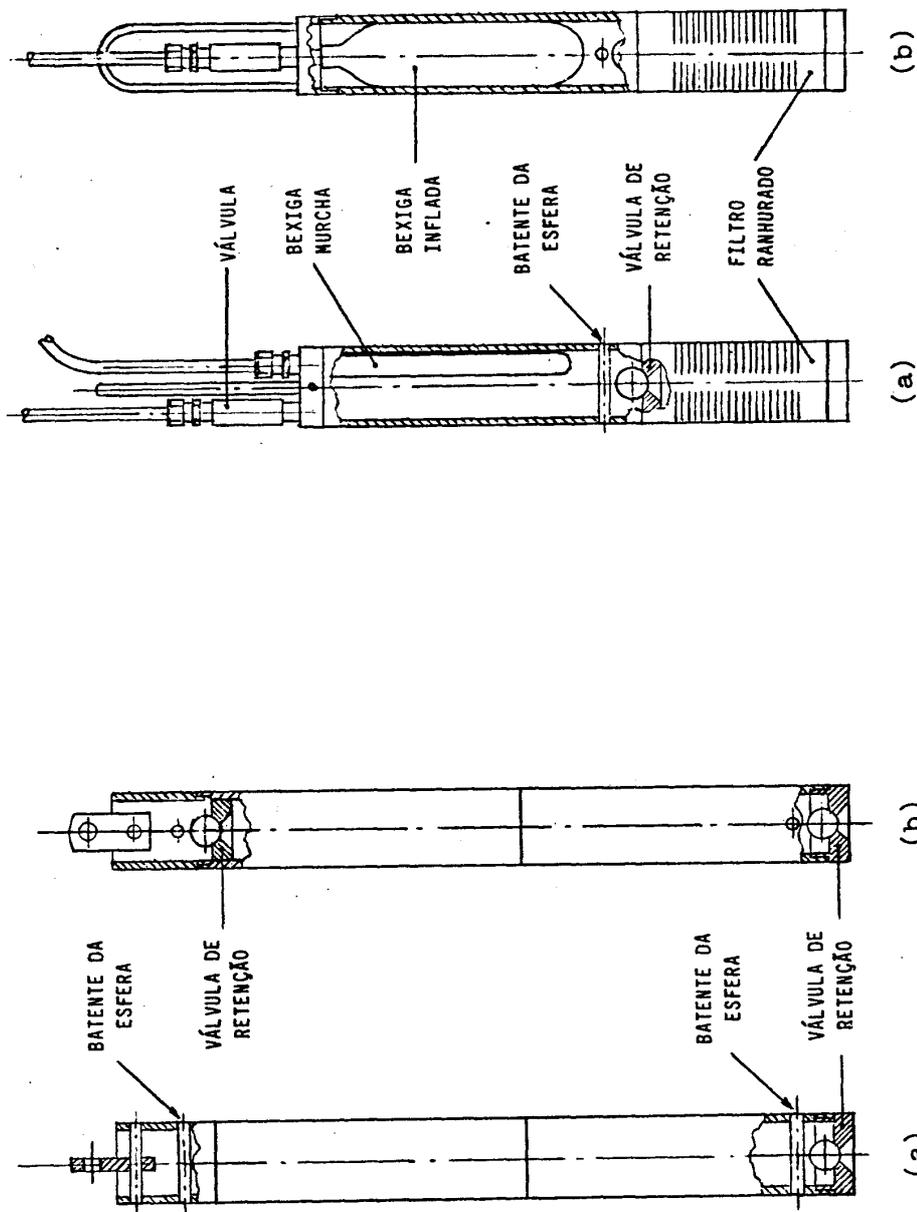


FIGURA 4 - Tipos de poços para monitoramento em níveis distintos



**FIGURA 6 - Bomba de bexiga**

**FIGURA 5 - Coletor de caneca**

## **Anexo C – Exemplos de substâncias, separadas em grupos e dispostas por ordem de coleta**

### C-1 VOLÁTEIS

C-1.1 Clorometano.

C-1.2 Bromometano.

C-1.3 Cloreto de vinila.

C-1.4 Cloroetano.

C-1.5 Cloreto de metileno.

C-1.6 Acetona.

C-1.7 Bissulfeto de carbono.

C-1.8 I,I-dicloroetano.

C-1.9 I,I-dicloroetano.

C-1.10 Trans-1,2-dicloroetano.

C-1.11 Clorofórmio.

C-1.12 1,2-dicloroetano.

C-1.13 2-butanona.

C-1.14 I,I,I-tricloroetano.

C-1.15 Tetracloreto de carbono.

C-1.16 Acetato de vinila.

C-1.17 Bromodiclorometano.

C-1.18 1,1,2,2-tetracloroetano.

C-1.19 1,2-dicloropropano.

C-1.20 Trans-1,3-dicloropropeno.

C-1.21 Tricloroetano.

C-1.22 Dibromoclorometano.

C-1.23 1,1,2-tricloroetano.

C-1.24 Benzeno.

C-1.25 Cis-1,3-dicloropropeno.

C-1.26 2-cloroetilviniléter.

C-1.27 Bromofórmio.

C-1.28 2-hexanona.

C-1.29 4-metil-2-pentanona.

C-1.30 Tetracloroetano.

C-1.31 Tolueno.

C-1.32 Clorobenzeno.

C-1.33 Etilbenzeno.

C-1.34 Estireno.

C-2 COMPOSTOS SEMIVOLÁTEIS

- C-2.1 Acenafteno.
- C-2.2 2,4-dinitrofenol.
- C-2.3 Bis(2-cloroetil)éter.
- C-2.4 2-clorofenol.
- C-2.5 1,3-diclorobenzeno.
- C-2.6 1,4-diclorobenzeno.
- C-2.7 Álcool benzílico.
- C-2.8 1,2-diclorobenzeno.
- C-2.9 Bis(2-cloroisopropil)éter.
- C-2.10 n-nitroso-di-n-propilamina.
- C-2.11 Hexacloroetano.
- C-2.12 Nitrobenzeno.
- C-2.13 Isoforona.
- C-2.14 2-nitrofenol.
- C-2.15 Ácido benzóico.
- C-2.16 Bis(2-cloroetóxi) metano.
- C-2.17 2,4-diclorofenol.
- C-2.18 1,2,4-triclorobenzeno.
- C-2.19 Naftaleno.
- C-2.20 4-cloroanilina.
- C-2.21 Hexaclorobutadieno.
- C-2.22 4-cloro-3-metilfenol.
- C-2.23 2-metilnaftaleno.
- C-2.24 Hexaclorociclopentadieno.
- C-2.25 2,4,6-triclorofenol.
- C-2.26 2,4,5-triclorofenol.
- C-2.27 2-cloronaftaleno.
- C-2.28 2-nitroanilina.
- C-2.29 Dimetilftalato.
- C-2.30 Acenaftaleno.
- C-2.31 4-nitrofenol.
- C-2.32 Dibenzofurano.
- C-2.33 2,4-dinitrotolueno.
- C-2.34 2,6-dinitrotolueno.
- C-2.35 Dietilftalato.
- C-2.36 4-clorofenilfeniléter.
- C-2.37 Fluoreno.
- C-2.38 4-nitroanilina.
- C-2.39 4,6-dinitro-2-metilfenol.
- C-2.40 n-nitrosodifenilamina.
- C-2.41 4-bromofenilfeniléter.
- C-2.42 Hexaclorobenzeno.
- C-2.43 Pentaclorofenol.
- C-2.44 Fenantreno.
- C-2.45 Antraceno.
- C-2.46 Di-n-butilftalato.
- C-2.47 Fluoranteno.
- C-2.48 Benzidina.
- C-2.49 Pireno.
- C-2.50 Butilbenzilftalato.
- C-2.51 3,3-diclorobenzidina.
- C-2.52 Benzo(a)antraceno.
- C-2.53 Bis(2-etil-hexil)ftalato.

- C-2.54 Criseno.
- C-2.55 Di-n-octilftalato.
- C-2.56 Benzo(b)fluoranteno.
- C-2.57 Benzo(k)fluoranteno.
- C-2.58 Benzo(a)pireno.
- C-2.59 Indeno(1,2,3-c,d)pireno.
- C-2.60 Dibenzo(a,h)antraceno.
- C-2.61 Benzo(g,h,t)perileno.
- C-2.62 3-nitroanilina.

### C-3 PESTICIDAS/PCBs

- C-3.1 Aldrin.
- C-3.2 Aroclor-1216.
- C-3.3 Aroclor-1221.
- C-3.4 Aroclor-1232.
- C-3.5 Aroclor-1242.
- C-3.6 Aroclor-1248.
- C-3.7 Aroclor-1254.
- C-3.8 Aroclor-1260.
- C-3.9  $\alpha$ -BHC.
- C-3.10  $\beta$ -BHC.
- C-3.11  $\gamma$ -BHC(lindano).
- C-3.12  $\delta$ -BHC.
- C-3.13 Clordano.
- C-3.14 4,4' -DDD.
- C-3.15 4,4' -DDE.
- C-3.16 4,4' -DDT.
- C-3.17 Dieldrin.
- C-3.18 Endrin.
- C-3.19 Aldeído de endrin.
- C-3.20 Cetona de endrin.
- C-3.21 Endossulfan I.
- C-3.22 Endossulfan II.
- C-3.23 Sulfato de endossulfan.
- C-3.24 Heptacloro.
- C-3.25 Heptacloro epóxido.
- C-3.26 Metoxicloro.
- C-3.27 Toxafeno.

C-4 METAIS E OUTROS

C-4.1 Alumínio.

C-4.2 Antimônio.

C-4.3 Arsênico.

C-4.4 Bário.

C-4.5 Berílio.

C-4.6 Cádmio.

C-4.7 Cálcio.

C-4.8 Cromo.

C-4.9 Cobalto.

C-4.10 Cobre.

C-4.11 Ferro.

C-4.12 Chumbo.

C-4.13 Magnésio.

C-4.14 Manganês.

C-4.15 Mercúrio.

C-4.16 Níquel.

C-4.17 Potássio.

C-4.18 Selênio.

C-4.19 Prata.

C-4.20 Sódio.

C-4.21 Tálcio.

C-4.22 Estanho.

C-4.23 Vanádio.

C-4.24 Zinco.

C-5 FENÓIS

C-5.1 Fenol.

C-5.2 2-metilfenol.

C-5.3 4-metilfenol.

C-5.4 2,4-dimetilfenol.

C-6 CIANETOS

## **Anexo D - Referências bibliográficas**

D-1 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 16ª edição, 1985.

D-2 CLEARY, R.W. Fundamental Concepts in Groundwater Pollution and Hydrology, 1986.

D-3 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, RCRA. Groundwater Monitoring Technical Enforcement Guidance Document, setembro de 1986.

D-4 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. EPA-600/4-79/020, 1983.

D-5 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Test methods for Evaluating Solid Waste - Physical/Chemical Methods, 2ª edição (revista), 1984.

D-6 FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A. Groundwater, Prentice-Hall, 1979.

D-7 GILLHAM, R.W. et alii. Groundwater Monitoring and Sample Bias. API Publication, 1983.

D-8 SILVA, L.M. Piezômetros para Monitoramento do Aterro Sanitário de Mogi das Cruzes-SP. São Paulo, CETESB, Parecer Técnico, 1986.

D-9 SISK, S.W. Neic Manual for Groundwater/Subsurface Investigations at Hazardous Waste Sites, Denver, Colorado, 1981.

D-10 SOUZA, H.B. & DERÍSIO, J.C. Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água. São Paulo, CETESB, 1977.

D-11 WOOD, E.F. et alii. Groundwater Contamination from Hazardous Wastes, New Jersey, Princeton University, 1984.