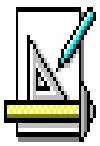
MANUAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

ORIENTAÇÕES TÉCNICAS

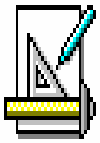


ENGENHARIA & PROJETOS

Diretor Executivo
Márcio Augusto Magalhães

Diretor Departamento de Administração
Márcio Wamilton Magalhães

Diretor de Operações
Adriano de Magalhães



ENGENHARIA & PROJETOS

AV. DR. ARISTIDES CUNHA, 442 – CENTRO
TELE/FAX (35) 3591-1766
e-mail: enge@enge.com.br
MONTE SANTO DE MINAS - MG - CEP – 37958-000
www.enge.com.br

Manual Abastecimento de Água

2004

Sumário

1.	Introdução	6
2.	Generalidades	7
3.	Doenças relacionadas com a água	8
4.	A água na natureza	10
5.	Quantidade de água para fins diversos	20
6.	Medidas de vazão	24
7.	Solução para abastecimento de água	29
8.	Mananciais para abastecimento de água	30
9.	Formas de captação de água	33
10.	Abastecimento público de água	57
11.	Referencias Bibliográficas	128

1. Introdução

Um Sistema de Abastecimento de Água pode ser concebido e projetado para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações. Caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento às população em quantidade compatível com suas necessidades.
Como definição o Sistema de Abastecimento Público de Água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.
A água constitui elemento essencial à vida vegetal e animal. O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico.
Sob o ponto de vista sanitário, a solução coletiva é a mais interessante por diversos aspectos como:

- mais fácil proteger o manancial;
- mais fácil supervisionar o sistema do que fazer supervisão de grande número de mananciais e sistemas;
- mais fácil controlar a qualidade da água consumida;
- redução de recursos humanos e financeiros (economia de escala).

Os sistemas individuais são soluções precárias para os centros urbanos, embora indicados para as áreas rurais onde a população é dispersa e, também, para as áreas periféricas de centros urbanos, para comunidades urbanas com características rurais ou, ainda, para as áreas urbanas, como solução provisória, enquanto se aguardam soluções mais adequadas. Mesmo para pequenas comunidades e para áreas periféricas, a solução coletiva é, atualmente, possível e economicamente interessante, desde que se adotem projetos adequados.

2. Generalidades

2.1. Importância sanitária e social

Sob o aspecto sanitário e social, o abastecimento de água visa, fundamentalmente, a:

- controlar e prevenir doenças;
- implantar hábitos higiênicos na população como, por exemplo, a lavagem das mãos, o banho e a limpeza de utensílios e higiene do ambiente;
- facilitar a limpeza pública;
- facilitar as práticas desportivas;
- propiciar conforto, bem-estar e segurança;
- aumentar a esperança de vida da população.

Em 1958, o extinto Serviço Especial de Saúde Pública (Sesp), realizou pesquisas na cidade de Palmares, situada no estado de Pernambuco, onde demonstrou-se a possibilidade de redução de mais de 50% na mortalidade infantil por diarréia com a implantação do sistema de abastecimento de água.

2.2. Importância econômica

Sob o aspecto econômico, o abastecimento de água visa, em primeiro lugar, a:

- aumentar a vida média pela redução da mortalidade;
- aumentar a vida produtiva do indivíduo, quer pelo aumento da vida média quer pela redução do tempo perdido com doença;
- facilitar a instalação de indústrias, inclusive a de turismo, e conseqüentemente ao maior progresso das comunidades;
- facilitar o combate a incêndios.

3. Doenças relacionadas com a água

De várias maneiras a água pode afetar a saúde do homem: pela ingestão direta, na preparação de alimentos; na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer.
Os riscos para a saúde relacionados com a água podem ser distribuídos em duas categorias:

- riscos relacionados com a ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus, e parasitos), pelo contato direto, ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico;
- riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais.

Os principais agentes biológicos encontrados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitos. As bactérias patogênicas encontradas na água e/ou alimentos constituem uma das principais fontes de morbidade e mortalidade em nosso meio.
São responsáveis por numerosos casos de enterites, diarréias infantis e doenças endêmicas/epidêmicas (como a cólera e a febre tifóide), que podem resultar em casos letais.

Quadro 1 – Doenças relacionadas com o abastecimento de água

Transmissão	Doença	Agente patogênico	Medida
Pela água.	Cólera Febre tifóide Giardíase Amebíase Hepatite infecciosa Diarréia aguda	*Vibrio cholerae* O 1 e O 139; *Salmonella typhi;* *Giardia lamblia;* *Entamoeba histolytica;* *Hepatite virus A e E;* *Balantidium coli,* *Cryptosporidium, Baccilus cereus,* S. aureus, Campylobacter *, E. coli enterotoxogênica e enteropatogênica, enterohemolítica, Shigella,*	- Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo humano, uso doméstico e coletivo; - Proteger de contaminação os mananciais e fontes de água;

		Yersinia enterocolitica, Astrovirus, Calicivirus, Norwalk, Rotavirus A e B;	
Pela falta de limpeza, higienização com a água.	Escabiose Pediculose (piolho) Tracoma Conjuntivite bacteriana aguda Salmonelose Tricuríase Enterobíase Ancilostomíase Ascaridíase	*Sarcoptes scabiei;* *Pediculus humanus;* *Clamydia trachomatis;* *Haemophilus aegyptius;* *Salmonella typhimurium, S. enteritides;* *Trichuris trichiura;* *Enterobius vermiculares;* *Ancylostoma duodenale;* *Ascaris lumbricoides;*	- Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; - Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio; - Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas; - Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática (a cada seis meses);
Por vetores que se relacionam com a água.	Malária Dengue Febre amarela	Filariose *Plasmodium vivax, P. malarie e P. falciparum;* *Grupo B dos arbovírus;* *RNA vírus;* *Wuchereria bancrofti;*	- Eliminar o aparecimento de criadouros de vetores com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros); - Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos;
Associada à água.	Esquistossomose Leptospirose	*Schistosoma mansoni;* *Leptospira interrogans;*	- Controlar vetores e hospedeiros intermediários.

Fonte: Adaptado de Saunders, 1976.

4. A água na natureza

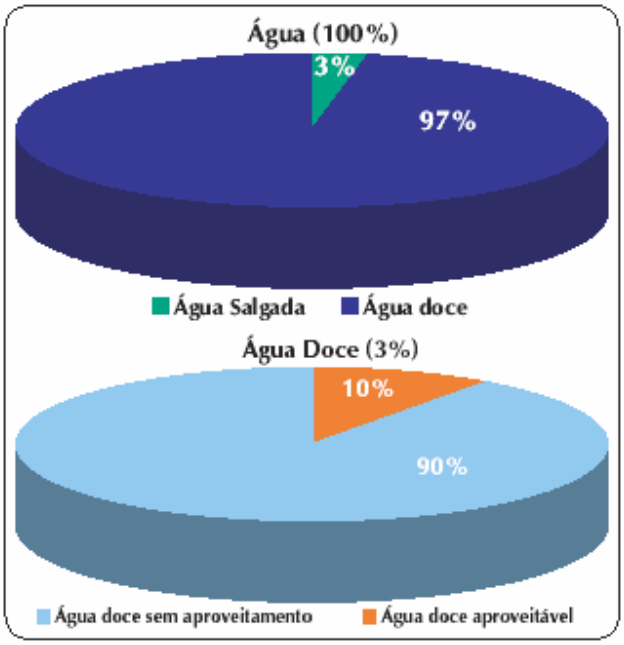
A água abrange quase quatro quintos da superfície terrestre; desse total, 97,0% referem-se aos mares e os 3% restantes às águas doces. Entre as águas doces, 2,7% são formadas por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800m), não sendo economicamente viável seu aproveitamento para o consumo humano.

Em conseqüência, constata-se que somente 0,3% do volume total de água do planeta pode ser aproveitado para nosso consumo, sendo 0,01% encontrada em fontes de superfície (rios, lagos) e o restante, ou seja 0,29%, em fontes subterrâneas (poços e nascentes).

A água subterrânea vem sendo acumulada no subsolo há séculos e somente uma fração desprezível é acrescentada anualmente pelas chuvas ou retirada pelo homem. Em compensação, a água dos rios é renovada cerca de 31 vezes, anualmente.

A precipitação média anual, na terra, é de cerca de 860mm. Entre 70% e 75% dessa precipitação voltam à atmosfera como evapotranspiração (figura 1).

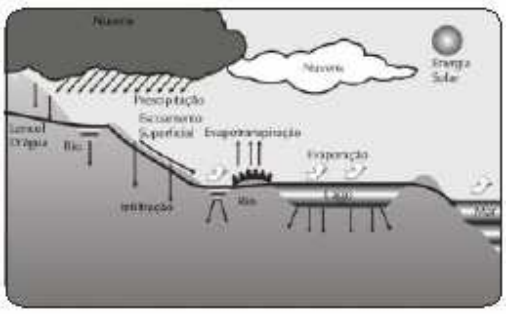
Figura 1 – Distribuição da água na natureza



4.1. Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é o contínuo movimento da água em nosso planeta. É a representação do comportamento da água no globo terrestre, incluindo ocorrência, transformação, movimentação e relações com a vida humana. É um verdadeiro retrato dos vários caminhos da água em interação com os demais recursos naturais.
A água existe em forma de vapor, na atmosfera, e é proveniente da evaporação de todas as superfícies líquidas (oceanos, mares, rios, lagos, lagoas) ou das superfícies umedecidas com água, como a superfície dos solos. Parte da água que se encontra na atmosfera, resulta de fenômenos hidrológicos e também de fenômenos vitais, como a respiração e transpiração (figura 2).

Figura 2 – Ciclo hidrológico



4.1.1. Precipitação

A precipitação compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da terra. A umidade atmosférica provém da evaporação da água das camadas líquidas superficiais, por efeito da ação térmica das radiações solares. O resfriamento desses vapores condensados, em formas de nuvens, leva à precipitação pluvial, sobre a superfície do solo e dos oceanos.
A parcela da água precipitada sobre a superfície sólida pode seguir duas vias distintas que são: escoamento superficial e infiltração. As principais formas de precipitação são: chuva, granizo, orvalho ou neve.

4.1.2. Escoamento superficial

É a água de chuva que, atingindo o solo, corre sobre as superfícies do terreno, preenche as depressões, fica retida em obstáculos e, finalmente, atinge os córregos, rios, lagos e oceanos. Na grande superfície exposta dos oceanos ela entra em processo de evaporação e condensação, formando as nuvens que voltam a precipitar sobre o solo.

4.1.3. Infiltração

É por meio da infiltração que a água de chuva penetra por gravidade nos interstícios do solo, chegando até as camadas de saturação, constituindo assim os aqüíferos subterrâneos, ou lençol freático. Estes depósitos são provedores de água para consumo humano e também para a vegetação terrestre. Dependendo do modo como esteja confinada, essa água pode afluir em certos pontos em forma de nascentes. A água acumulada pela infiltração é devolvida à atmosfera, por meio da evaporação direta do próprio solo e pela transpiração dos vegetais pelas folhas. A este conjunto de evaporação e transpiração, chamamos evapotranspiração.
Convém ressaltar, que a maior ou menor proporção do escoamento superficial, em relação à infiltração, é influenciada fortemente pela ausência ou presença de cobertura vegetal, uma vez que esta constitui barreira ao rolamento livre, além de tornar o solo

mais poroso. Esse papel da vegetação, associado à função amortecedora do impacto das gotas de chuva sobre o solo, é, pois, de grande importância na prevenção dos fenômenos de erosão, provocados pela ação mecânica da água sobre o solo.

4.1.4. Evaporação

A água superficial passa do estado líquido para o gasoso. Esse mecanismo sofre a interferência da temperatura e umidade relativa do ar.

4.1.5. Transpiração (evapotranspiração)

A água é retirada do solo pelas raízes, transferida para as folhas e então evapora. É um mecanismo importante, se considerarmos que em uma área com presença de cobertura vegetal a superfície de exposição das folhas para a evaporação é muito grande.

4.2. Qualidade da água

A água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva, já carreia impurezas do próprio ar. Ao atingir o solo seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera ainda mais suas qualidades.
Entre o material dissolvido encontram-se as mais variadas substâncias como, por exemplo, substâncias calcárias e magnesianas que tornam a água dura; substâncias ferruginosas que dão cor e sabor diferentes à mesma e substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos industriais, que a tornam imprópria ao consumo. Por sua vez, a água pode carrear substâncias em suspensão, tais como partículas finas dos terrenos por onde passa e que dão turbidez à mesma; pode também carrear organismos, como algas que modificam o seu odor e gosto, além de liberar toxinas, ex. cianobactérias, ou ainda, quando passa sobre terrenos sujeitos à atividade humana, pode levar em suspensão microorganismos patogênicos.
Controle da qualidade da água para consumo humano é o conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição.

4.2.1. Padrões de potabilidade

Água Potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

A água própria para o consumo humano, ou água potável, deve obedecer a certos requisitos de ordem:

- de aceitação para consumo humano: não possuir gosto e odor objetáveis; não conter cor e turbidez acima dos limites estabelecidos pelo padrão de potabilidade, conforme Portaria nº 1.469/2000;
- química: não conter substâncias nocivas ou tóxicas acima dos limites estabelecidos no padrão de potabilidade;
- biológica: não conter microorganismos patogênicos;
- radioativa: não ultrapassar o valor de referência previsto na Portaria nº 1.469, do Ministério da Saúde, de 29 de dezembro de 2000;
- segundo recomendações da Portaria nº 1.469/2000 do MS, o pH deverá ficar situado no intervalo de 6,0 a 9,5 e a concentração mínima de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição, deverá ser de 0,2mg/l.

As exigências humanas quanto à qualidade da água crescem com o progresso humano e o da técnica. Justamente para evitar os perigos decorrentes da má qualidade da água, são estabelecidos padrões de potabilidade. Estes apresentam os Valores Máximos Permissíveis (VMP) com que elementos nocivos ou características desagradáveis podem estar presentes na água, sem que esta se torne inconveniente para o consumo humano.

a) características de aceitação para consumo humano

- a água deve ter aspecto agradável. A medida é pessoal;
- deve ter gosto agradável ou ausência de gosto objetável. A medida do gosto é pessoal;
- não deve ter odores desagradáveis ou não ter odor objetável. A medida do odor é também pessoal;
- • a cor é determinada pela presença de substâncias em dissolução na água e não afeta sua transparência;
- • a turbidez é devida a matéria em suspensão na água (argila, silte, matéria orgânica, etc.) e altera sua transparência.

b) características químicas

São fixados limites de concentração por motivos de ordens sanitária e econômica.

- substâncias relacionadas com aspectos econômicos:
  - substâncias causadoras de dureza, como os cloretos, sulfatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio. As águas mais duras consomem mais sabão e, além disso, são inconvenientes para a indústria, pois incrustam-se nas caldeiras e podem causar danos e explosões.
- substâncias relacionadas com o pH da água:
  - a água de baixo pH, isto é, ácida, é corrosiva. Águas de pH elevado, isto é, alcalinas, são incrustativas. Alcalinidade e dureza são expressas em mg/L de CaCO3.
- substâncias indicadoras de poluição por matéria orgânica:

- compostos nitrogenados: nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos. Os compostos de nitrogênio provêm de matéria orgânica e sua presença indica poluição recente ou remota. Quanto mais oxidados são os compostos de nitrogênio, tanto mais remota é a poluição. Assim, o nitrogênio amoniacal indica poluição recente e os nitratos indicam que a poluição ocorreu há mais tempo;
  - oxigênio consumido: a água possui normalmente oxigênio dissolvido em quantidade variável conforme a temperatura e a pressão. A matéria orgânica em decomposição exige oxigênio para sua estabilização; conseqüentemente, uma vez lançada na água, consome o oxigênio nela dissolvido. Assim, quanto maior for o consumo de oxigênio, mais próxima e maior terá sido a poluição;
  - cloretos: os cloretos existem normalmente nos dejetos animais. Estes, sob certas circunstâncias, podem causar poluição orgânica dos mananciais.

c) características biológicas

A água é normalmente habitada por vários tipos de microorganismos de vida livre e não parasitária, que dela extraem os elementos indispensáveis à sua subsistência. Ocasionalmente, são aí introduzidos organismos parasitários e/ou patogênicos que, utilizando a água como veículo, podem causar doenças, constituindo, portanto, um perigo sanitário potencial.

É interessante notar que a quase totalidade dos seres patogênicos é incapaz de viver em sua forma adulta ou reproduzir-se fora do organismo que lhe serve de hospedeiro e, portanto, tem vida limitada quando se encontram na água, isto é, fora do seu hábitat natural.

Alexander Houston demonstrou, em 1908, que, quando uma água contaminada com bacilos de febre tifóide era armazenada por uma semana, mais de 90% dessas bactérias eram destruídas. São vários os agentes de destruição normal de organismos patogênicos nas águas armazenadas. Além da temperatura, destacam-se os efeitos da luz, a sedimentação, a presença ou não de oxigênio dissolvido, parasitas ou predadores de bactérias, toxinas ou antibióticas produzidas por outros microorganismos como cianobactérias e fungos, etc.

Entre os principais tipos de organismos patogênicos que podem encontrar-se na água, estão as bactérias, cianobactérias, vírus, protozoários e helmintos.

Em virtude de grande dificuldade para identificação dos vários organismos patogênicos encontrados na água, dá-se preferência, para isso, a métodos que permitam a identificação de bactérias do "grupo coliforme" que, por serem habitantes normais do intestino humano, existem, obrigatoriamente, em águas poluídas por matéria fecal.

As bactérias coliformes são normalmente eliminadas com a matéria fecal, à razão de 50 a 400 bilhões de organismos por pessoa por dia. Dado o grande número de coliformes existentes na matéria fecal (até 300 milhões por grama de fezes), os testes de avaliação qualitativa desses organismos na água têm uma precisão ou sensibilidade muito maior do que a de qualquer outro teste.

Observação: "No Brasil os padrões de potabilidade da água para o consumo humano são estabelecidos pelo Ministério da Saúde" e atualmente encontra-se em vigor a Portaria MS nº 1.469/2000.

4.3. Planejamento e coleta de amostras de água para análise

A qualidade da água é avaliada por meio de análises.
Analisar toda a massa de água destinada ao consumo é impraticável; por isso, colhem-se amostras e, por sua análise, conclui-se qual a qualidade da água. Os métodos de análise fixam o número de amostras e o volume de água necessário, a fim de que o resultado seja o mais correto possível ou, em outras palavras, represente melhor o que realmente se passa em uma massa líquida cuja qualidade se deseja saber.
O resultado da análise de uma amostra de água de um manancial, rede pública, etc., dada a variação constante das águas dos mesmos, na realidade revela, unicamente, as características apresentadas pela água no momento em que foi coletada.
A amostra de água para análises físico-químicas comuns deve ser coletada em frasco apropriado e convenientemente tampado. As amostras devem ser enviadas com a máxima brevidade ao laboratório.

4.3.1. Planejamento

Planejamento é a elaboração de um roteiro para realização de determinada tarefa.
Ao coletar, deve-se realizar um planejamento para obter uma amostra representativa e resultados satisfatórios dentro da realidade da amostragem. Um bom planejamento de amostragem inclui:

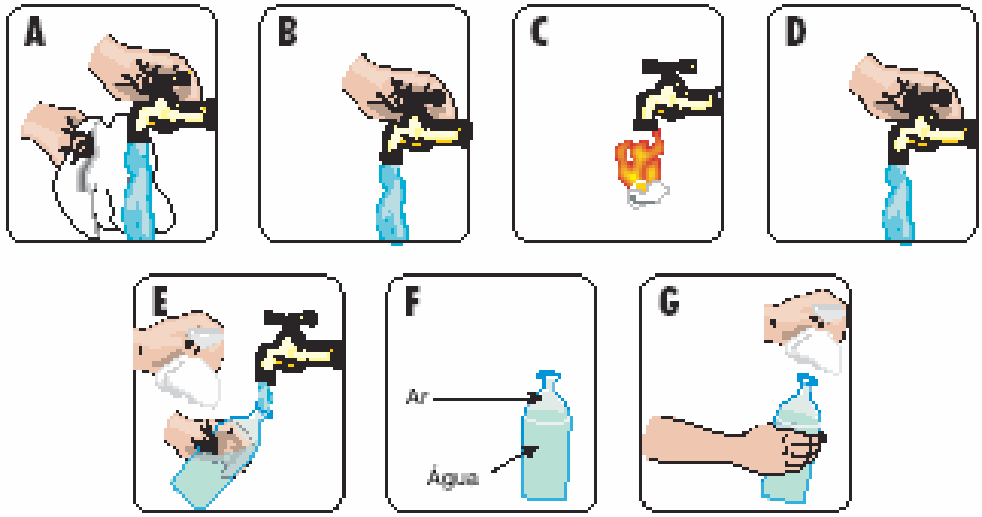
- metodologia de coleta;
- tipos de amostras (simples ou composta);
- pontos de amostragem;
- tempo de coleta;
- preservação;
- transporte;
- equipamentos necessários;
- coletor bem treinado;
- parâmetros a serem analisados.

4.3.2 Cuidado na obtenção de amostras

Em caso de água de torneira, ou proveniente de bomba, deixar escorrer por certo tempo, desprezando as primeiras águas. Em água de poço raso, não se deve coletar da superfície, mas mergulhar o frasco com a boca para baixo. Em água de rio, coletar a

amostra abaixo da superfície, colocando o gargalo em sentido contrário ao da corrente (figuras 3, 4, 5 e 6).

Figura 3 . Coleta de amostra de água para exame



Fonte: Opas , 1987.

A. Limpar a torneira;

B. Deixar escorrer por dois a três minutos;

C. Flambar ou desinfectar a torneira, se necessário;

D.Deixar escorrer por dois a três minutos;

E. Coletar a amostra;

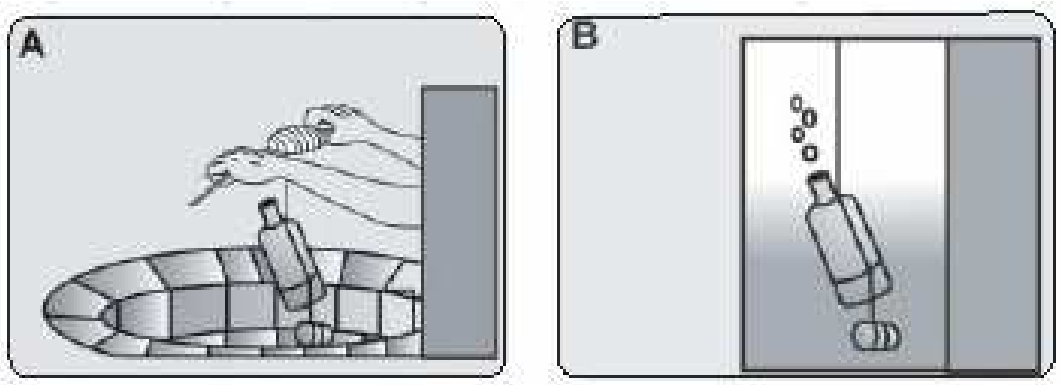
F. Deixar pequeno espaço vazio;

G.Colocar a tampa, homogeneizar e identifi

Figuras 4 e 5 – Coleta de amostra de água em poço raso

A) Descer lentamente o cordão sem permitir que o frasco toque nos lados do poço.

B) Submergir o frasco, permitindo que se obtenha amostra mais profunda.



Fonte: Opas, 1987.

Observar o sentido da correnteza e a profundidade mínima.

4.3.3. Amostras para análises microbiológicas

O frasco de coleta deve ser fornecido pelo laboratório.
Para amostras de água clorada, este frasco deverá conter antes da esterilização Tiossulfato de Sódio em concentração suficiente para neutralizar o cloro residual.
Para amostras de água que recebem resíduos domésticos ou industriais ou que contenham altas concentrações de íons de metais pesados como cobre e zinco, etc., adiciona-se um quelante (Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA), que complexa os íons dos metais pesados) e o Tiossulfato de Sódio antes da esterilização.

4.3.4. Cuidados na amostragem para análise microbiológica

- verificar se o ponto de amostragem recebe água diretamente da rede de distribuição;
- em caso de água de torneira ou bombas deixar correr as primeiras águas (torneira de dois a três minutos e bombas cinco minutos);
- não tocar com os dedos na parte da tampa que fica no interior do vidro.

A análise microbiológica deve ser feita o mais cedo possível. As amostras devem ser conservadas à temperatura de 4ûC a 10ûC, para evitar a proliferação dos microorganismos.
O tempo máximo permitido entre a coleta da amostra e a análise é de seis a oito horas para águas pouco poluídas, e de até 24 horas para água clorada.

4.3.5. Amostras para análise físico-química e radioativas

Consultar as normas analíticas referentes aos parâmetros de interesse, bem como os responsáveis pelas análises sobre os detalhes, tipos de frascos, volume de amostra a ser coletado, preservação, transporte e demais cuidados que devem ser tomados por ocasião da amostragem, como exemplificado no quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetro para análise físico-química

Parâmetro	Volume	Frasco	Preservação	Prazo
Cor	500 ml	P.V.	R	48 Horas
Turbidez	200 ml	P.V.	R	24 Horas
Dureza	200 ml	P.V.	Ácido Nítrico até pH<2	6 meses
Cloreto	200 ml	P.V.	Não há	28 Dias
Fluoreto	500 ml	P.	Não há	28 Dias
Nitrato	200 ml	P.V.	R	48 Horas

Abreviaturas: P = Polietileno; V = Vidro neutro ou borossilicato; R = Refrigerar a 4 û C.

4.3.6. Ficha de coleta

Registrar todas as informações possíveis de serem obtidas no campo, preenchendo uma ficha por amostra contendo os dados referentes ao parâmetro de interesse.
Dados mínimos necessários:

- identificar a localidade, município e estado;
- número do registro da amostra;
- identificar o tipo de amostra;

- registrar a ocorrência de chuvas nas últimas 24 horas;
- registrar análises de campo (temperatura da amostra, temperatura do ar, pH, Cloro residual, etc.);
- data e hora da coleta;
- nome e assinatura do responsável pela coleta.

5. Quantidade de água para fins diversos

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente, para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene e outras, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças, como nos casos de gastroenterites.
O volume de água necessário para abastecer uma população é obtido levando em consideração os seguintes aspectos:

5.1. Parcelas componentes dos diferentes usos da água

5.1.1. Demanda de água

a) doméstico:
- bebida;
- cozinha;
- banho;
- lavagem de roupas e utensílios;
- limpeza da casa;
- descarga dos aparelhos sanitários;
- rega de jardins;
- lavagem dos veículos.
-

b) comercial:

- hotéis;
- pensões;
- restaurantes;
- estabelecimento de ensinos particulares;
- postos de abastecimento de combustível;
- padarias;
- açougues.

c) industrial:
- transformação de matéria-prima;
- entra na composição do produto;
- fins agropecuários;
- clubes recreativos.

d) público:
- fontes;
- irrigação de jardins públicos;
- limpeza pública;
- edifícios públicos.

e) segurança:
- combate de incêndio.

É necessário o desenvolvimento de estratégias para redução de perdas físicas de água nas unidades de adução, tratamento, reservação, rede de distribuição e ramais prediais. O desperdício nas unidades de consumo deve ser evitado.

5.2. Consumo médio de água por pessoa por dia (consumo *per capita*)

O *per capita* de uma comunidade é obtido, dividindo-se o total de seu consumo de água por dia pelo número total da população servida.
A quantidade de água consumida por uma população varia conforme a existência ou não de abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima, os hábitos da população. Havendo abastecimento público, varia, ainda, segundo a existência de indústria e de comércio, a qualidade da água e o seu custo.
Nos projetos de abastecimento público de água, o *per capita* adotado varia de acordo com a natureza da cidade e o tamanho da população. Normalmente adota-se as seguintes estimativas de consumo:

5.2.1. População abastecida sem ligações domiciliares:

Adota-se os seguintes consumos *per capita*:

- abastecida somente com torneiras públicas ou chafarizes, de 30 a 50 litros/(habitante/dia);
- além de torneiras públicas e chafarizes, possuem lavanderias públicas, de 40 a 80 litros/(habitante/dia);
- abastecidas com torneiras públicas e chafarizes, lavanderias públicas e sanitário ou banheiro público, de 60 a 100 litros/(habitante/dia).

5.2.2. Populações abastecidas com ligações domiciliares:

Quadro 3

População de fim de plano - Habitantes -	***Per capita* Litros/(habitante/dia)**
Até 6.000	de 100 a 150
de 6.000 até 30.000	de 150 a 200
de 30.000 até 100.000	de 200 a 250
Acima de 100.000	de 250 a 300

Observação: População flutuante: adotar o consumo de 100 litros/(habitante/dia).

5.3. Fatores que afetam o consumo de água em uma cidade

5.3.1. De caráter geral:

a) tamanho da cidade;
b) crescimento da população;
c) características da cidade (turística, comercial, industrial);
d) tipos e quantidades de indústrias;
e) clima mais quente e seco, maior o consumo de água verificado;
f) hábitos e situação socioeconômico da população.

5.3.2. Fatores específicos:

a) qualidade de água (sabor, odor, cor);
b) custo da água: valor da tarifa;
c) a disponibilidade de água;
d) a pressão na rede de distribuição;

e) percentual de medição da água distribuída;
f) ocorrência de chuvas.

5.4. As variações de consumo

No sistema de abastecimento de água ocorrem variações de consumo significativas, que podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. No projeto do sistema de abastecimento de água, algumas dessas variações de consumo são levadas em consideração no cálculo do volume a ser consumido. São elas:

a) anuais: o consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional. Em geral aceita-se um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa;

b) mensais: as variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima maior é o consumo verificado;

c) diária: ao longo do ano, haverá um dia em que se verifica o maior consumo. É utilizado o coeficiente do dia de maior consumo (K1), que é obtido da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário. O valor usualmente adotado no Brasil para K1 é 1,20;

d) horária: ao longo do dia tem-se valores distintos de pique de vazões horária. Entretanto haverá "uma determinada hora" do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (K2), que é a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada. O coeficiente K1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto K2 é usado apenas no cálculo da rede de distribuição.

6. Medições de vazão

6.1. Em pequenos córregos e fontes:

O Método mais simples para medição de vazão consiste em:

a) recolher a água em um recipiente de volume conhecido (tambor, barril, etc.);

b) contar o número de segundos gastos para encher completamente o recipiente.
Exemplo: Se um tambor de 200 litros fica cheio em 50 segundos, a vazão será:

$$Q = \frac{200 \text{ litros}}{50 \text{ seg.}} = 4{,}0 \text{ litros/segundo}$$

Para ter-se a vazão em:

- Litros por minuto (l/min): multiplica-se por 60;
- Litros por hora (l/h): multiplica-se por 3.600;
- Litros por dia (l/d): multiplica-se por 86.400.
-

Observação: No caso de correntes de volume e velocidade muito pequenos, devem ser utilizados tambores de 18 litros de capacidade.

6.2. Em função da área e da velocidade

A vazão aproximada de uma corrente do tipo médio pode ser determinada pelo conhecimento da velocidade da água e da área da seção transversal de um trecho da veia líquida.

6.3. Determinação da velocidade

Como é mostrado na figura 10, sobre uma das margens da corrente marcam-se, a uma distância fixada, dois pontos de referência, A e B. Solta-se, a partir da referência A, e na linha média da corrente, um flutuador (rolha de cortiça, bola de borracha, pedaço de madeira, etc.) e anota-se o tempo gasto para que ele atinja a referência B.

Exemplo: se a distância entre A e B é de 10 metros e o tempo gasto pelo flutuador para percorrê-la é de 20 segundos, então, a velocidade da corrente é:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo}} \quad V = \frac{10\text{m}}{20\text{s}} = 0{,}50\text{m/s}$$

6.4. Determinação da seção transversal

Em corrente de seção transversal aproximadamente constante ao longo de um certo trecho, procede-se da seguinte maneira:

Escolhe-se uma seção (F-F) intermediária entre os pontos A e B e determina-se a largura que a corrente aí apresenta. Procede-se a uma sondagem ao longo da seção (F-F), utilizando-se varas, paus, ou escalas graduadas.

Exemplo: Suponhamos que os dados são os seguintes:

$$\text{Largura da corrente em F-F} = 4{,}00\text{m}$$

$$\text{Profundidade média} = \frac{1{,}00\text{m} + 1{,}20\text{m} + 0{,}80\text{m}}{3} = 1{,}00\text{m}$$

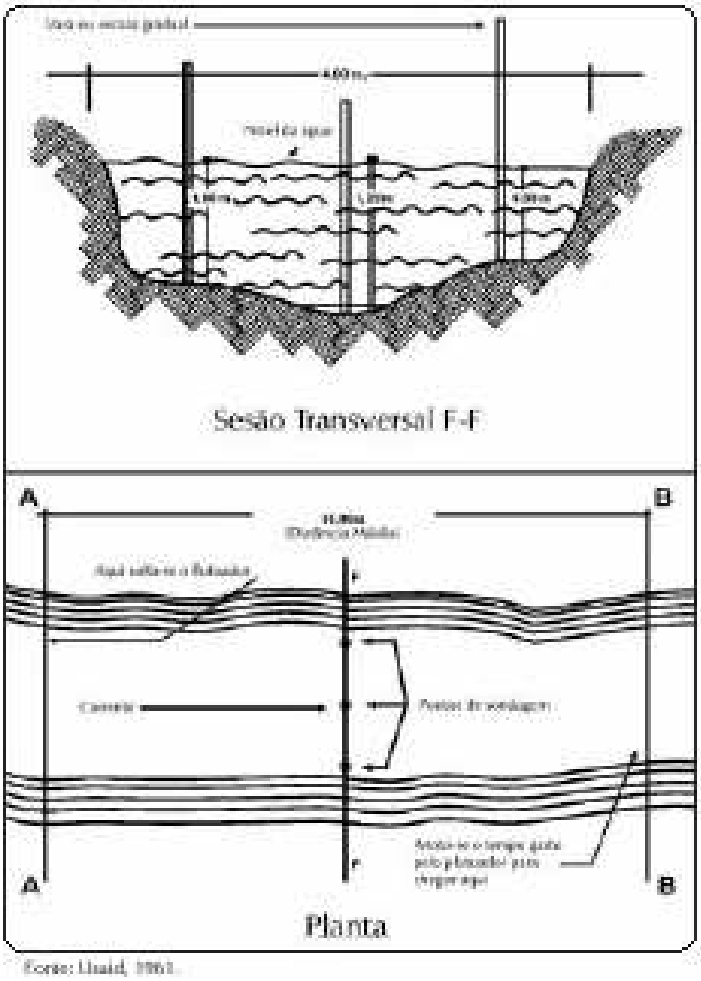
Finalmente vem para vazão da corrente:

Q = área média da seção transversal x velocidade
Q = 4,00m ^{2} x 0,50m/s = 2,00m ^{3} /s = 2.000l/s.

Observação: - Em correntes de seção transversal variável, a área média utilizada no cálculo da vazão é a média aritmética das áreas das seções transversais determinadas em A-A e B-B.

- Atualmente, os flutuadores são pouco usados para medições precisas, em virtude de ocorrência de muitos erros, em razão de causas perturbadoras, como os ventos, irregularidades do leito do curso de água, etc.... Emprega-se nas medições expedidas e na falta de outros recursos.

Figura 6 – Determinação da seção transversal



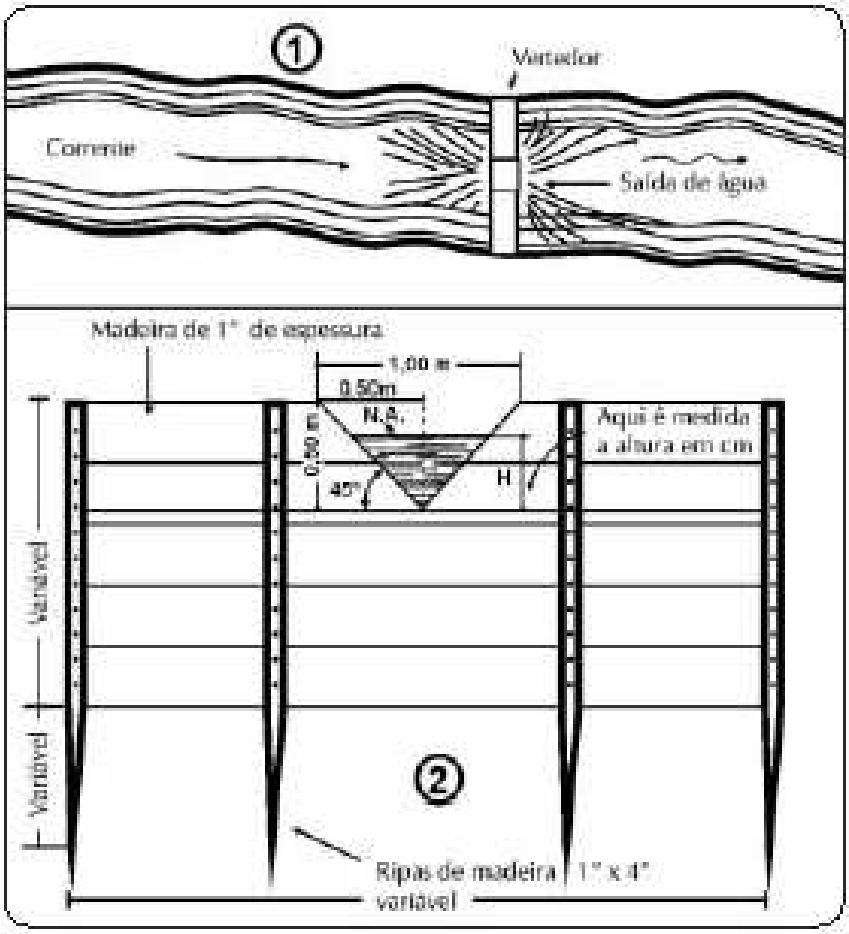
6.5. Com aplicação do vertedouro de madeira

Este método é aplicável a correntes até 3,00m de largura.

a) vertedouro é colocado perpendicularmente à corrente, barrando-a e obrigando a passagem da água pela seção triangular (figura 7);

b) em um dos lados do vertedouro coloca-se uma escala graduada em centímetros, na qual faz-se a leitura do nível alcançado pela água (figura 7).

Figura 7 – Vertedouro de madeira



Fonte: Usaid, 1961.

Para determinação da vazão da corrente, toma-se a leitura na escala graduada e consulta-se a tabela para cálculo de vazão em Vertedouro Triangular (tabela 1).

Exemplo: se H = 30cm, tem-se Q = 67l/s

Tabela 1 – Cálculo de vazão em vertedouro triangular

H (em cm)	Q (em m³/s)	Q (em l/s)
4	0,0004	0,4
5	0,0008	0,8
6	0,0012	1,2
7	0,0018	1,8
8	0,0025	2,5
9	0,0033	3,3
10	0,0043	4,3
11	0,0056	5,6
12	0,0069	6,9
13	0,0085	8,5
14	0,0110	11,0
15	0,0120	12,0
16	0,0140	14,0
17	0,0160	16,0
18	0,0190	19,0
19	0,0210	21,0
20	0,0240	24,0
21	0,0270	27,0
22	0,0320	32,0
23	0,0340	34,0
24	0,0380	38,0
25	0,0420	42,0
26	0,0470	47,0
27	0,0520	52,0
28	0,0560	56,0
29	0,0640	64,0
30	0,0670	67,0
31	0,0730	73,0
32	0,0780	78,0
33	0,0830	83,0
34	0,0910	91,0
35	0,0980	98,0
36	0,1060	106,0
37	0,1130	113,0
38	0,1210	121,0
39	0,1280	128,0
40	0,1380	138,0
41	0,1460	146,0
42	0,1560	156,0
43	0,1620	162,0
44	0,1780	178,0

45	0,1840	184,0
46	0,1940	194,0
47	0,2060	206,0
48	0,2160	216,0
49	0,2280	228,0
50	0,2390	239,0

Fonte: Usaid, 1961.

7. Sistema de abastecimento de água

Sistema de abastecimento de água para consumo humano é a instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.
Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.
Basicamente, existem dois tipos de solução para o abastecimento de água:

- solução coletiva;
- solução individual.

A solução coletiva aplica-se, em áreas urbanas e áreas rurais com população mais concentrada. Os custos de implantação são divididos entre os usuários.
A solução individual aplica-se, normalmente, em áreas rurais de população dispersa. Nesse caso, as soluções referem-se exclusivamente ao domicílio, assim como os respectivos custos.
Em áreas suburbanas e periféricas, com características rurais ou mesmo em áreas de população mais concentrada, pode-se utilizar uma combinação dessas duas soluções, onde algumas partes, como o manancial ou a reservação, são de caráter coletivo, sendo a distribuição de água de caráter individual.
Normalmente, uma grande cidade contém uma parte central de características urbanas; uma outra zona, suburbana, de população mais esparsa, e uma terceira zona periférica

de características nitidamente rurais. Nesses casos, deve-se estudar a solução ou soluções mais adequadas para cada uma dessas zonas.

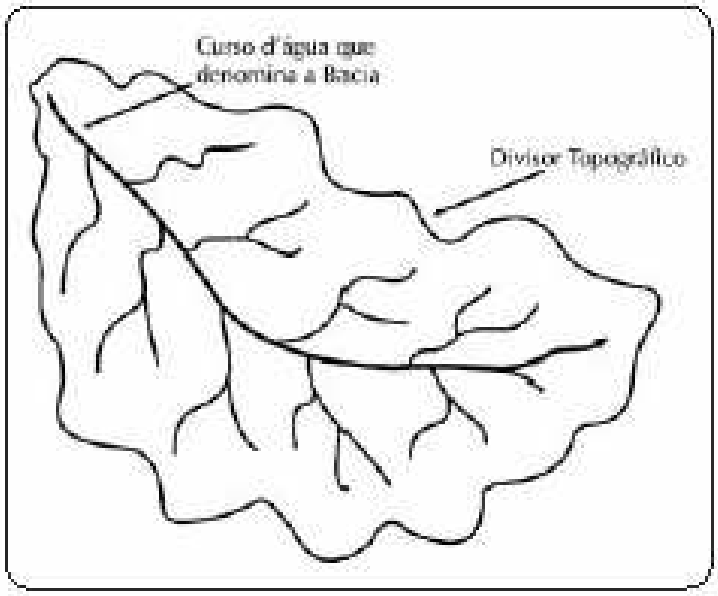
8. Mananciais para abastecimento de água

É toda fonte de água utilizada para abastecimento doméstico, comercial, industrial e outros fins. De maneira geral, quanto à origem, os mananciais são classificados em:

8.1. Manancial superficial

É toda parte de um manancial que escoa na superfície terrestre, compreendendo os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais. As precipitações atmosféricas, logo que atingem o solo, podem se armazenar nas depressões do terreno, nos lagos e represas, ou alimentar os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, se transformando em escoamento superficial. Outra parcela se infiltra no solo.
A bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre, drenada por um determinado curso d'água e limitada perifericamente pelo divisor de águas (figura 8).

Figura 8 – Bacia hidrográfica



Fonte: Castro, 1997.

O termo bacia hidrográfica não está limitado pela extensão da área. Tanto pode ser a bacia hidrográfica do Rio Amazonas, como a bacia hidrográfica do Córrego do Zé Mané, com poucos hectares de área total. Pode-se estabelecer, entretanto, algumas hierarquias.
Uma é chamar a área drenada pelo rio principal de bacia e as áreas drenadas pelos afluentes de sub-bacias.

8.2. Manancial subterrâneo

É a parte do manancial que se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre, compreendendo os lençois freático e profundo, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes.

8.3. Águas meteóricas

Compreende a água existente na natureza na forma de chuva, neve ou granizo.

8.4. Escolha do manancial

A escolha do manancial se constitui na decisão mais importante na implantação de um sistema de abastecimento de água, seja ele de caráter individual ou coletivo.

Havendo mais de uma opção, sua definição deverá levar em conta, além da pré-disposição da comunidade em aceitar as águas do manancial a ser adotado, os seguintes critérios:

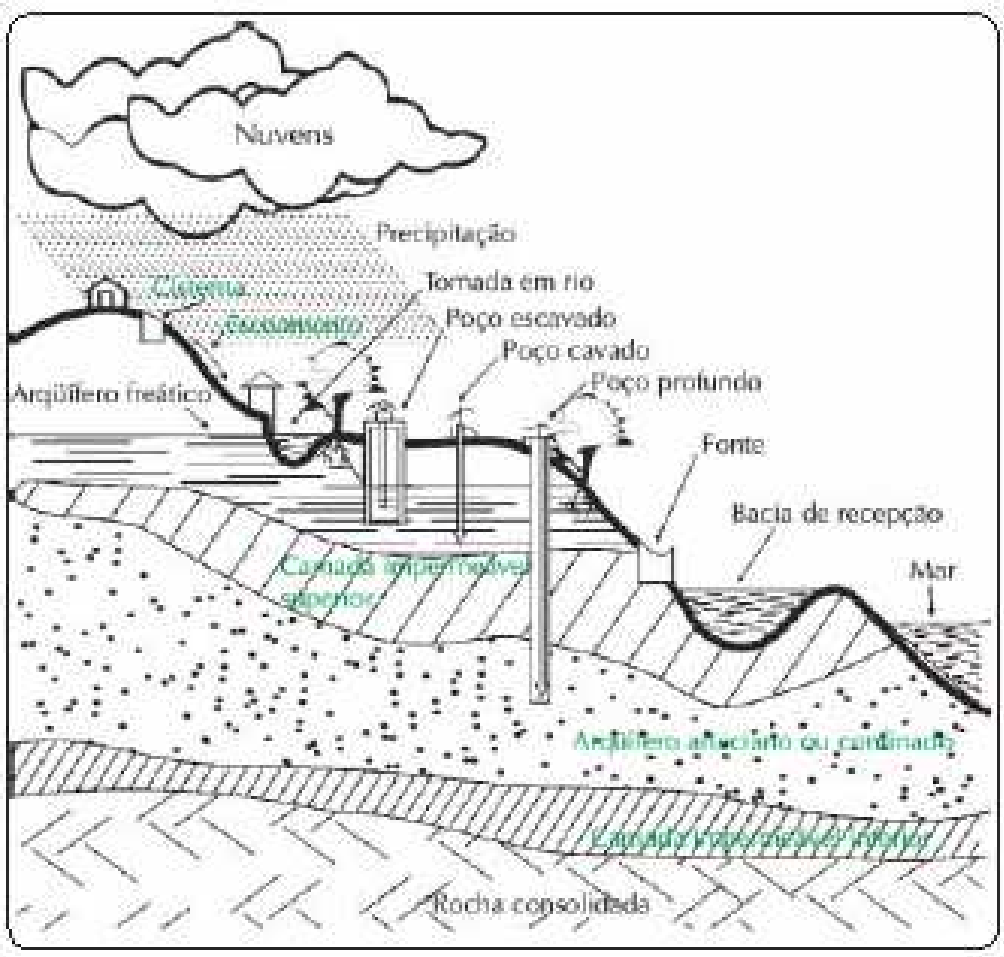
- Primeiro critério: previamente é indispensável a realização de análises de componentes orgânicos, inorgânicos e bacteriológicos das águas do manancial, para verificação dos teores de substâncias prejudiciais, limitados pela Resolução nº 20, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 18 de junho de 1986 – Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional;
- Segundo critério: vazão mínima do manancial, necessária para atender a demanda por um determinado período de anos;
- Terceiro critério: mananciais que dispensam tratamento, inclui águas subterrâneas não sujeitas a qualquer possibilidade de contaminação;
- Quarto critério: mananciais que exigem apenas desinfecção: inclui as águas subterrâneas e certas águas de superfície bem protegidas, sujeitas a baixo grau de contaminação;
- Quinto critério: mananciais que exigem tratamento simplificado: compreendem as águas de mananciais protegidos, com baixos teores de cor e turbidez, sujeitas apenas a filtração lenta e desinfecção;
- Sexto critério: mananciais que exigem tratamento convencional: compreendem basicamente as águas de superfície, com turbidez elevada, que requerem tratamento com coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

9. Formas de captação da água

De acordo com o manancial a ser aproveitado, podem ser utilizadas as seguintes formas de captação:

- superfície de coleta (água de chuva);
- caixa de tomada (nascente de encosta);
- galeria filtrante (fundo de vales);
- poço escavado (lençol freático);
- poço tubular profundo (lençol subterrâneo);
- tomada direta de rios, lagos e açudes (mananciais de superfície).

Figura 9 – Formas de captação



9.1. Água de chuva

A água de chuva pode ser armazenada em cisternas, que são pequenos reservatórios individuais. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade, ou em casos extremos, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber.
A cisterna consiste em um reservatório protegido, que acumula a água da chuva captada da superfície dos telhados das edificações.
A água que cai no telhado vem ter às calhas, e destas, aos condutores verticais e, finalmente, ao reservatório. Os reservatórios mais simples são os de tambor, de cimento amianto e os de plástico.
Dados úteis para projetos de cisternas estão especificados nas tabelas 2, 3 e 4 a seguir.

Tabela 2 – Área máxima de cobertura coletada por calhas semicirculares com 0,5% de caimento

Diâmetro	Área máxima de Cobertura	Diâmetro	Área máxima de Cobertura
7.5cm - 3 "	16m²	15,0cm - 6"	89m²
10,0cm - 4"	39m²	18,0cm - 7"	128m²
13cm - 5"	58m²	20,0cm -8"	185m²
		25,0cm - 10"	334m²

Tabela 3 – Área máxima de cobertura coletada por condutores cilíndricos

Diâmetro	Área máxima de Cobertura	Diâmetro	Área máxima de Cobertura
5,0cm - 2 "	46m²	10,0cm - 4"	288m²
6,5cm - 21/2"	89m²	13,0cm - 5"	501m²
7,6cm - 3"	139m²	15,0cm - 6"	616m²
		20,0cm - 8"	780m²

Tabela 4 – Área máxima de cobertura esgotada pelo ramal

Caimento do Ramal (declividade)				
Diâmetro	0,5 %	1 %	2 %	4 %
5,0cm - 2"	-		32m ²	46m ²
7,5cm - 3"	-	69m²	97m ²	139m²
10,0cm - 4"	-	144m²	199m²	288m ²
13,0cm - 5"	167m ²	255m ²	334m ²	502m ²
15,0cm - 6"	278m ²	390m ²	557m ²	780m ²
20,0cm - 8"	548m ²	808m ²	1.105m²	1.616m²
25,0cm - 10"	910m ²	1.412m²	1.820m²	2.824m ²

Observação: A calha, o condutor ou o ramal devem ter uma área útil de seção expressa em cm ² numericamente igual à área expressa em m ² da projeção horizontal do telhado. Ex: Para esgotar uma cobertura de 150m ² de área, será necessária uma calha de 150cm ² de área útil.
Para os locais onde há pouca mão-de-obra especializada, aconselham-se cisternas não enterradas. Deve-se abandonar as águas das primeiras chuvas, pois lavam os telhados onde se depositam a sujeira proveniente de pássaros, de animais e a poeira. Para evitar que essas águas caiam nas cisternas, pode-se desconectar os condutores de descida, que normalmente devem permanecer desligados para serem religados manualmente, pouco depois de iniciada a chuva.
Existem dispositivos automáticos que permitem o desvio, para fora das cisternas, das águas das primeiras chuvas e as das chuvas fracas, aproveitando-se, unicamente, as das chuvas fortes.
A cisterna deve sofrer desinfecção antes do uso (vide desinfecção poço escavado).
A água armazenada, quando for usada para fins domésticos, deve ser previamente fervida ou clorada.

9.1.1. Cálculo de um sistema de captação de água de chuva

a) quantidade de água para as necessidades mínimas de uma família com cinco pessoas:

- consumo diário: 22 litros/pessoa x5 pessoas = 110 litros;
- consumo mensal:110 litros/dia x 30 dias = 3.300 litros;
- consumo anual: 3.300 litros/mês x 12 meses = 39.600 litros;

b) capacidade da cisterna

Para se obter a capacidade da cisterna, deve-se considerar somente o consumo durante o período de estiagem. Assim, se a previsão for de seis meses sem chuva, deveremos ter a seguinte capacidade de reservação:

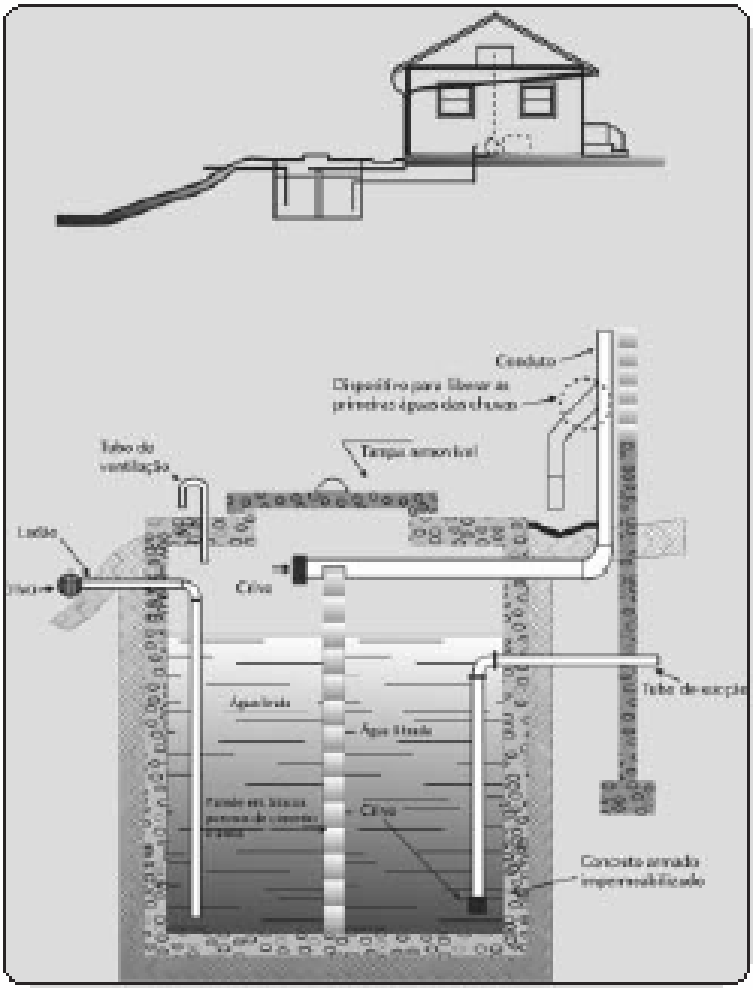
3.300 litros/mês x seis meses = 19.800 litros;

c) superfície de coleta
Para se determinar a área da superfície de coleta, deve-se conhecer a precipitação pluviométrica anual da região, medida em mm.
Considerando uma residência com área da projeção horizontal do telhado igual a 40m ^{2} e precipitação pluviométrica anual igual a 800mm, poderemos captar a seguinte quantidade de água.
40m ^{2} x 0,8m (800mm) = 32m ^{3} = 32.000 litros/ano.

Considerando ainda um coeficiente de aproveitamento, para os casos de telhado, igual a 0,80, já que nem toda área pode ser aproveitada, a quantidade máxima de água a ser captada será de:

32.000 litros x 0,8 = 25.600 litros/ano, portanto suficiente para suprir a cisterna dimensionada neste exemplo (figura 10).

Figura 10 – Corte de uma cisterna bem projetada



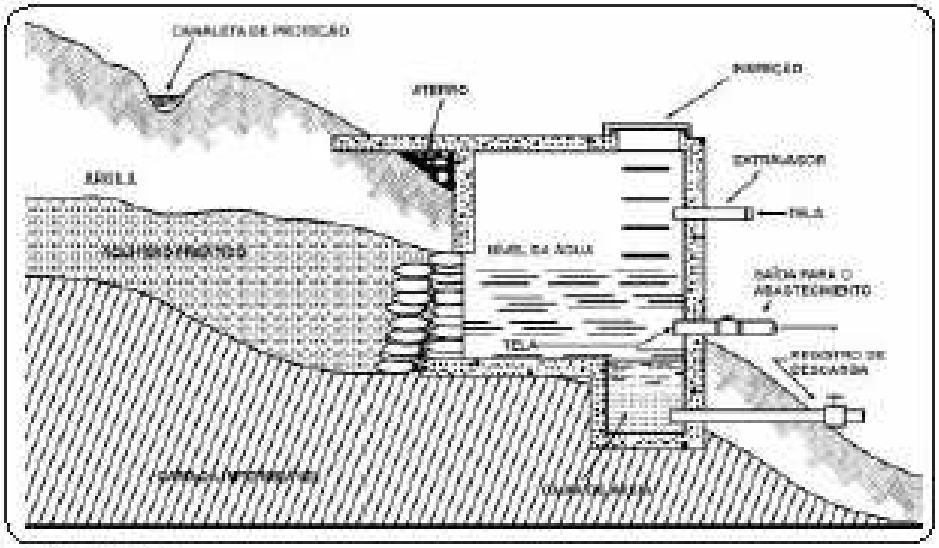
9.2. Caixa de tomada - fonte de encosta

O aproveitamento da água de encosta é realizado pela captação em caixa de tomada. Para prevenir a poluição da água essa caixa deve ter as paredes impermeabilizadas, tampa, canaletas para afastamento das águas de chuvas, bomba para retirada da água, ser convenientemente afastada de currais, pocilgas, fossas e ter sua área protegida por uma cerca.

A caixa deve ter, além das proteções citadas: a) um ladrão telado; b) um cano de descarga de fundo provido de registro, para limpeza; c) uma abertura de 0,80 x 0,80m na tampa, que permita a entrada de um homem para fazer a limpeza. Essa abertura deve ser coberta com outra tampa e selada de preferência com argamassa fraca. Quando se constrói a proteção da fonte, deve-se ter o cuidado de aproveitar adequadamente as nascentes. É interessante que o fundo da caixa tenha uma camada de pedra britada grossa para diminuir a entrada de areia (figura 11).

Depois de protegida, a fonte deve ser desinfetada; a técnica é a mesma utilizada para poços, fontes ou caixas d'água.

Figura 11 – Caixa de tomada – fonte de encosta



9.3. Galeria de infiltração – fonte de fundo de vale

O aproveitamento da fonte de fundo de vale é conseguido por meio de um sistema de drenagem subsuperficial sendo, em certos casos, possível usar a técnica de poço raso para a captação da água. Normalmente, a captação é feita por um sistema de drenos que termina em um coletor central e deste vai a um poço. A construção e a proteção do poço coletor são feitas obedecendo-se aos mesmos requisitos usados para o poço raso ou fonte de encosta (figura 12 e 13).

Os drenos podem ser feitos de pedra, bambu, manilhas de concreto ou cerâmica e de tubos de PVC perfurados. A duração dos drenos de concreto depende da composição do terreno; terrenos ácidos corroem os tubos de concreto não protegidos. Os mais duráveis são os de manilha vidrada e os de PVC. Os diâmetros mais empregados são os de 10cm a 20cm; excepcionalmente, empregam-se os de 30cm. Para captar mais água, é preferível estender a rede em vez de aumentar os diâmetros. Os drenos devem ser colocados nos fundos de valas abertas no terreno. As valas devem ter fundo liso, protegido por camada de cascalho, e a inclinação deve ser uniforme. A profundidade mínima das valas deve ser de 1,20m; declividade mínima de 0,25m por 100m, declividade máxima 3,0m por 100m.

Os drenos principais devem ter sempre declividade superior aos drenos laterais ou secundários: declividade mínima 0,5m por 100m (0,5%).

Figura 12 – Galeria de infiltração

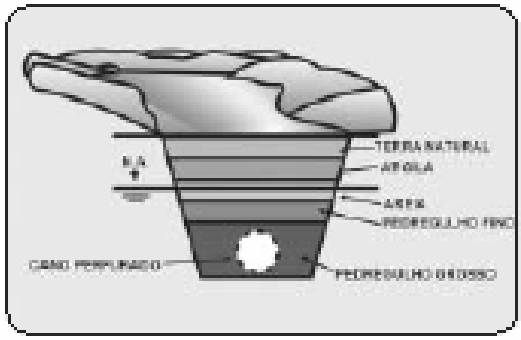
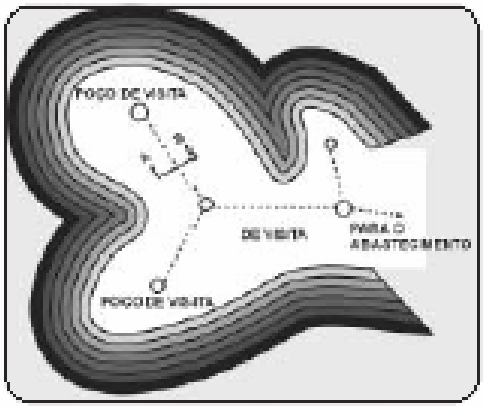


Figura 13 – Fonte de fundo de vale



a) cuidados na construção
É boa técnica:

- nivelar uniformemente as valas antes de assentar os tubos; lançar uma camada de cascalho ou brita, dando a cada vala a declividade apropriada;
- começar o assentamento de jusante para montante;
- as manilhas coletoras não devem ser rejuntadas;
- envolver os drenos superior e lateralmente com cascalho ou brita, a fim de evitar a entrada de terra;
- uma vez construído o sistema, reaterrar as valas, sem deixar depressões na superfície do solo; o aterro das valas deve ultrapassar o nível do terreno, dando-se um abaulamento como acabamento, a fim de evitar as depressões quando se der o completo assentamento do terreno;
- retirar as árvores das proximidades dos drenos;

- proteger a área com uma cerca, a fim de impedir o trânsito de pessoas e animais.

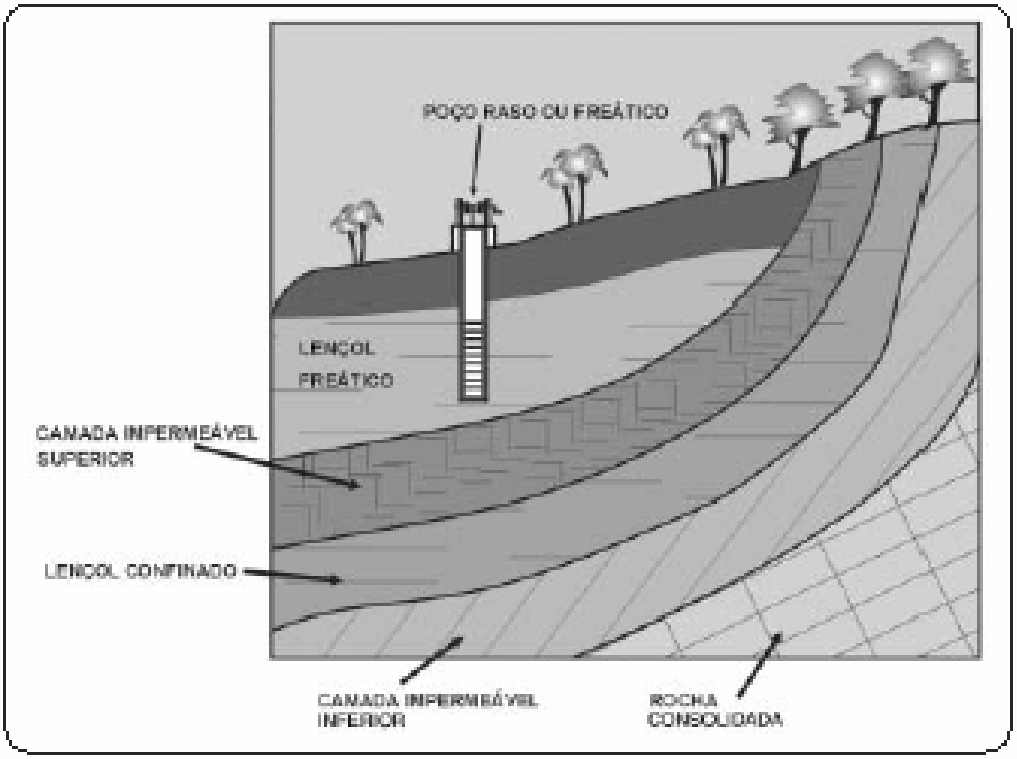
Os sistemas usados variam de acordo com as características dos terrenos e podem ser:

- sistema singelo de linha única;
- sistema em grelha, com drenos paralelos caindo em um dreno interceptor principal;
- sistema em espinha de peixe com um dreno principal e recebendo os drenos laterais;
- sistema interceptor usado para receber água das encostas, com um dreno principal no qual os drenos que margeiam a encosta chegam.

9.4. Poços escavados

Também conhecidos como poços rasos ou freáticos, com diâmetro mínimo de 90 centímetros, são destinados tanto ao abastecimento individual como coletivo. Esta solução permite o aproveitamento da água do lençol freático, atuando geralmente, entre 10 a 20 metros de profundidade, podendo obter de dois a três mil litros de água por dia (figura 14).
Um exemplo de poço raso, de técnica mais apurada, é o poço tipo amazonas, desenvolvido pela extinta Fsesp , para servir aos pequenos abastecimentos públicos na região amazônica.

Figura 14 – Poço raso



Fonte: Barros, et al., 1995.

9.4.1. Locação

Em primeiro lugar, a construção do poço só será viável se houver indícios de água subterrânea na área pretendida e possibilidade de ser atingido o lençol.
As referidas condições poderão ser determinadas por meio de métodos científicos e emprego de tecnologia apropriada. Na área rural, entretanto, e para o tipo de poço em questão, bons resultados serão obtidos por algumas indicações de ordem prática aliadas à experiência dos moradores da área.

Por exemplo:

- verificar se há poços escavados na área, sua profundidade, quantidade e características da água fornecida;
- ouvir a opinião dos moradores vizinhos e do poceiro local sobre o tipo de solo, profundidade do lençol, variação da quantidade de água nas épocas de seca e de chuva;
- em terrenos fáceis de perfurar, como os argilosos e os arenosos, pode-se recorrer à sondagem;
- para isso, utiliza-se trados de pequeno diâmetro (50mm a 150mm);
- convém observar que as águas subterrâneas normalmente correm em direção aos rios e lagos e perpendicularmente a eles. Geralmente seguem a mesma

disposição da topografia do terreno. Contudo, há exceções, razão pela qual é conveniente conhecer os níveis da água nos diversos poços da área;

- certos vegetais seguem o rastro da água e são, assim, indicadores de mananciais subterrâneos. Tal é o caso da carnaúba e de outras plantas;
- a escolha do local para construção do poço deverá levar em conta os riscos de contaminação do lençol por possíveis focos localizados na área;
- deve-se respeitar por medidas de segurança, a distância mínima de 15 metros entre o poço e a fossa do tipo seca, desde que seja construída dentro dos padrões técnicos, e, de 45 metros, para os demais focos de contaminação, como, chiqueiros, estábulos, valões de esgoto, galerias de infiltração e outros, que possam comprometer o lençol d'água que alimenta o poço;
- deve-se, ainda, construir o poço em nível mais alto que os focos de contaminação;
- evitar os locais sujeitos a inundações e dar preferência àqueles de fácil acesso aos usuários;
- em certos tipos de terrenos que possuem fendas no solo, o risco de contaminação do lençol é maior.

9.4.2. Construção

A época adequada para escavação do poço é no período de estiagem, pois no tempo chuvoso os trabalhos tornam-se muito difíceis e até mesmo inviáveis.
Durante a construção, todo cuidado de segurança deve ser tomado por aquele que estiver trabalhando no poço; não se deve penetrar no seu interior, sem ter meios de escape e sem a estabilidade das paredes.
A escavação poderá ser manual usando-se ferramentas comuns: picareta, cavadeira, enxadão, etc. ou, também, por meio de trados, se o tipo de terreno for favorável.
O poço deverá ter o formato cilíndrico, com diâmetro mínimo de 90 centímetros.
A profundidade será a necessária para atingir o lençol freático, porém, não inferior a três metros, que é a altura mínima do revestimento de proteção.
Nos terrenos frágeis, é necessário revestir toda a parede do poço, a fim de evitar o seu desmoronamento.
Uma boa técnica, consiste em fazer o revestimento com manilhões de concreto. Os manilhões são assentados na boca do poço, um de cada vez. A medida que se for escavando por dentro deles, irão descendo por conta do próprio peso.
Uma vez atingido o lençol, recomenda-se aprofundar a escavação dentro dele, a fim de obter seu melhor aproveitamento. Para facilitar esta tarefa, pode-se fazer o esgotamento da água com bombas a motor ou manuais.
Há terrenos firmes, não sujeitos a desmoronamentos, que dispensam o revestimento do poço. Mesmo assim, deverá ser feito, pelo menos, até três metros de altura, afim de possibilitar a proteção sanitária (figura 16).

9.4.3. Proteção

A proteção do poço escavado tem a finalidade de dar segurança à sua estrutura e, principalmente, evitar a contaminação da água.
A seguir, são apontados os possíveis meios de contaminação do poço e as respectivas medidas de proteção:

a) infiltração de águas da superfície, pelo terreno, atingindo a parede e o interior do poço.

- proteção: impermeabilizar a parede até a altura mínima de três metros e construir plataforma (calçada) de concreto com um metro de largura, em volta da boca do poço;
- sabe-se que, durante a infiltração das águas de superfície no terreno, suas impurezas ficam retidas numa faixa do solo, a qual, para segurança dos poços, é indicada com três metros. Por essa razão, o revestimento impermeabilizado deve atingir esta cota. A construção da calçada em volta do poço visa a evitar lamaçal e impedir, também, a infiltração das águas de superfície na área.

b) escoamento de águas da superfície e enxurradas pela boca do poço, para seu interior.

- proteção: construir uma caixa sobre a boca do poço, feita de concreto ou alvenaria de tijolos. A referida caixa poderá ser construída, fazendo-se o prolongamento externo da parede de revestimento do poço. Deverá ter altura entre 50 e 80 centímetros, a partir da superfície do solo.

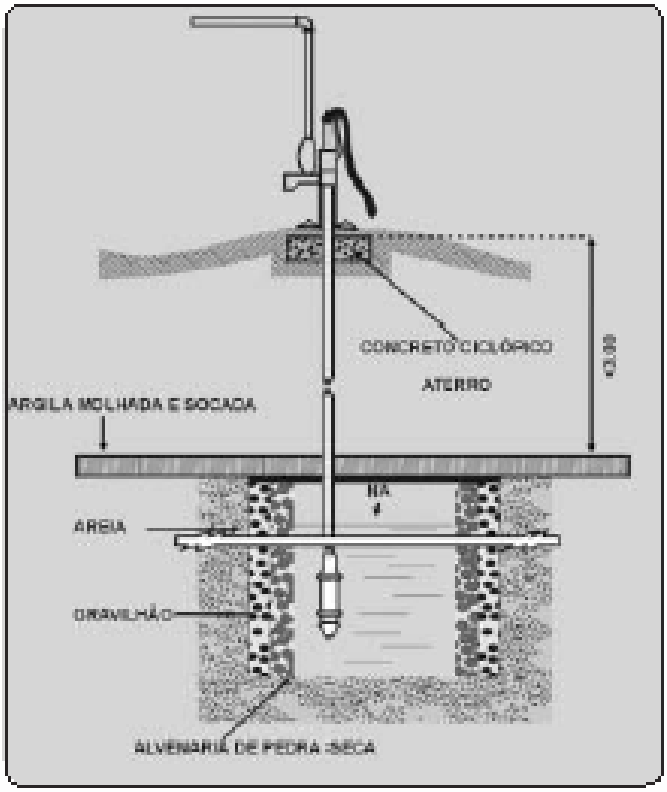
c) entrada de objetos contaminados, animais, papéis, etc., pela boca do poço.

- proteção: fechar a caixa da boca do poço com cobertura de concreto ou de madeira, deixando abertura de inspeção com tampa de encaixe.

9.4.4. Retirada da água

a) bomba hidráulica
A retirada de água será feita pela bomba hidráulica centrífuga (de operação a motor elétrico) ou de embolo (de operação manual) (figura 15), pois permite manter o poço sempre fechado. Além disso, é de fácil operação e maior rendimento.

Figura 15 – Operação de bomba manual



9.4.5. Desinfecção

Após a construção das obras o poço deverá ser desinfetado. Só assim a água a ser fornecida estará em condições de uso.

a) os agentes desinfetantes mais comumente usados são os compostos de cloro:

- hipoclorito de cálcio (superior a 65% de Cl_2);
- cloreto de cal (cerca de 30% de Cl_2);
- hipoclorito de sódio (cerca de 10% a 15% de Cl_2);
- água sanitária (cerca de 2% a 2,5% de Cl_2);

b) quantidade de desinfetante a usar:

- solução a 50mg/l de Cl_2 – tempo de contato 12 horas;
- solução a 100mg/l de Cl_2 – tempo de contato quatro horas;
- solução a 200mg/l de Cl_2 – tempo de contato duas horas;

c) técnica de desinfecção:

- cubar o reservatório ou poço a ser desinfectado;
- calcular o desinfetante a ser usado;

- preparar a solução desinfetante a 5%, pesando o produto e despejando-o em água limpa. Agitar bem e depois deixar em repouso;
- desprezar a borra e derramar a solução no poço;

d) o cálculo do desinfetante é feito de acordo com o produto, o tempo de contato e a cubagem do poço:

- calcular a quantidade de cloro necessário por meio de regra de três.

Exemplo: 2.000 litros de água e 12 horas de contato

1 litro de água	50mg de Cl
2.000L de água	x mg de cloro

- a quantidade x de cloro encontra-se em diferentes proporções nos produtos.

Exemplo: em cloreto de cal a 30%, logo:

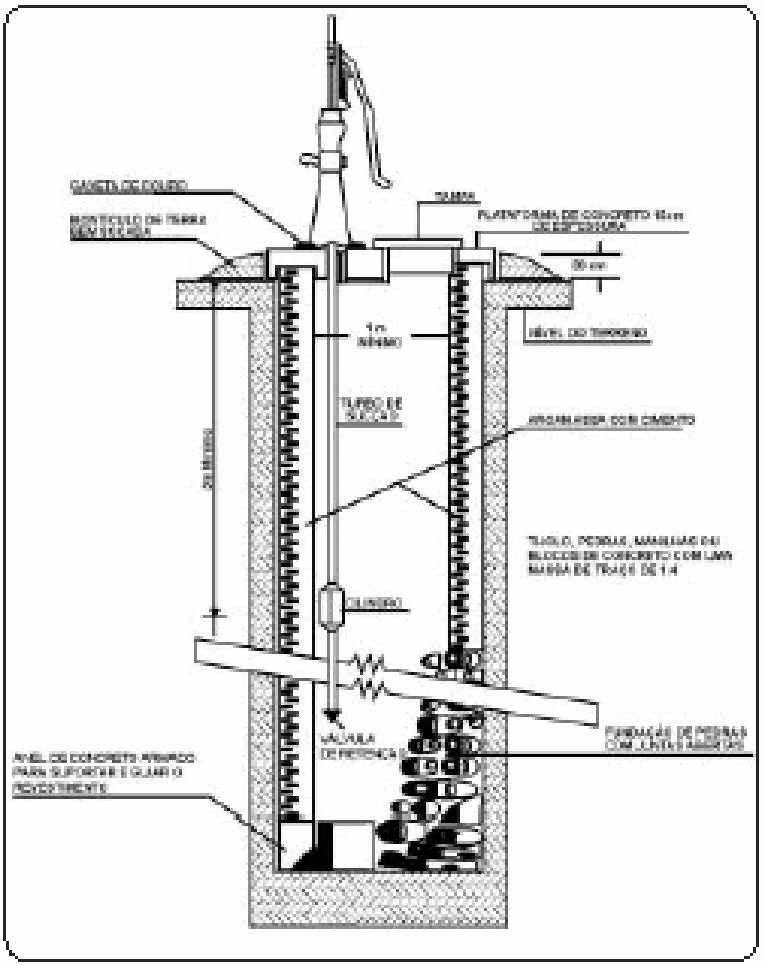
100mg de cloreto	30mg de Cl
y mg de cloreto	x mg de Cl

Agitar o mais possível e deixar a solução permanecer em contato com o poço o tempo necessário, de acordo com a dosagem, 2 – 4 – 12 horas. Findo o prazo, esgotar o poço até que nenhum cheiro ou gosto de cloro seja percebido na água.
Se possível, confirmar o resultado da desinfecção pela análise bacteriológica antes de utilizar a água para bebida.

Observação: - A desinfecção com solução forte de 100mg/l de Cl_2 deve ser precedida de limpeza, com escovas, de todas as superfícies do poço, paredes, face interna da tampa, tubo de sucção;

- As amostras para análise bacteriológica devem ser colhidas depois que as águas não apresentem mais nenhum odor ou sabor de cloro;
- A desinfecção de um poço elimina a contaminação presente no momento, mas não tem ação sobre o lençol de água propriamente dito, cuja contaminação pode ocorrer antes, durante e depois da desinfecção do poço.

Figura 16 – Poço construído adequadamente



9.4.6. Método expedito para a medida aproximada da vazão de um poço

a) a vazão deve ser medida, de preferência, na época de estiagem;

b) o teste pode ser feito com bomba ou, na falta desta, com baldes;

c) o teste deve ser feito da seguinte maneira:

- instala-se a bomba no poço. A mesma deverá ter um registro na saída para regular sua descarga;
- bombeia-se durante um período mínimo de uma hora até que o nível da água, no poço, se estabilize, para uma vazão que, aproximadamente, se deseja obter do poço. Isso pode ser controlado regulando-se a abertura do registro de saída da bomba. Pela descarga da bomba pode-se ter uma idéia aproximada da vazão (figuras 17 e 18);

- para medir, com maior precisão, a vazão do poço, para as condições acima mencionadas, basta cronometrar o tempo de enchimento de um recipiente de volume conhecido como, por exemplo, um tambor de 200 litros, latas de 20 litros, etc.;

d) fórmulas práticas para determinar a vazão:

- quando o bombeamento for contínuo, a determinação da vazão poderá ser feita utilizando-se os dados da tabela 5 ou as fórmulas correspondentes às figuras 17 e 18.

Figura 17 – Tubo horizontal totalmente cheio

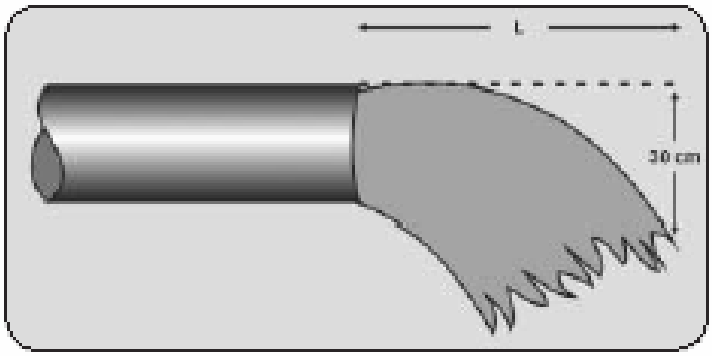
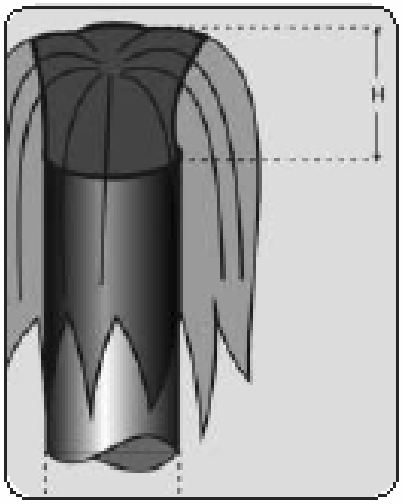


Tabela 5 – Vazão do poço em litros por minuto de acordo com os dados da figura 17

Diâmetro		Distancia Horizontal – L (cm)							
Pol	Cm	30	35	40	45	50	55	60	70
2	5,08	155	181	208	231	257	283	310	363
3	7,62	340	397	454	510	567	624	681	794
4	10,16	567	685	783	878	976	1.074	1.173	1.366
5	15,24	1.332	1.551	1.778	1.998	2.221	2.441	2.668	3.107
6	20,32	2.308	2.694	3.077	3.463	3.849	4.235	4.621	5.393

Q = 0,24 AL.
Q = Vazão em litros por minuto.
A = Área em cm ^{2} da seção do tubo.
L = Distância em cm, determinada a partir de extremidade do tubo, pelo ponto em que a distância de 30 cm do jato de água encontra o nível superior do tubo.
na posição vertical:

Figura 18 – Tubo vertical totalmente cheio



- fórmula para utilizar

$$Q = 2{,}06\ D^3 \sqrt{H}$$

Onde:
Q = Vazão em litros por minuto;
D = Diâmetro em cm;
H = Altura da água em cm.

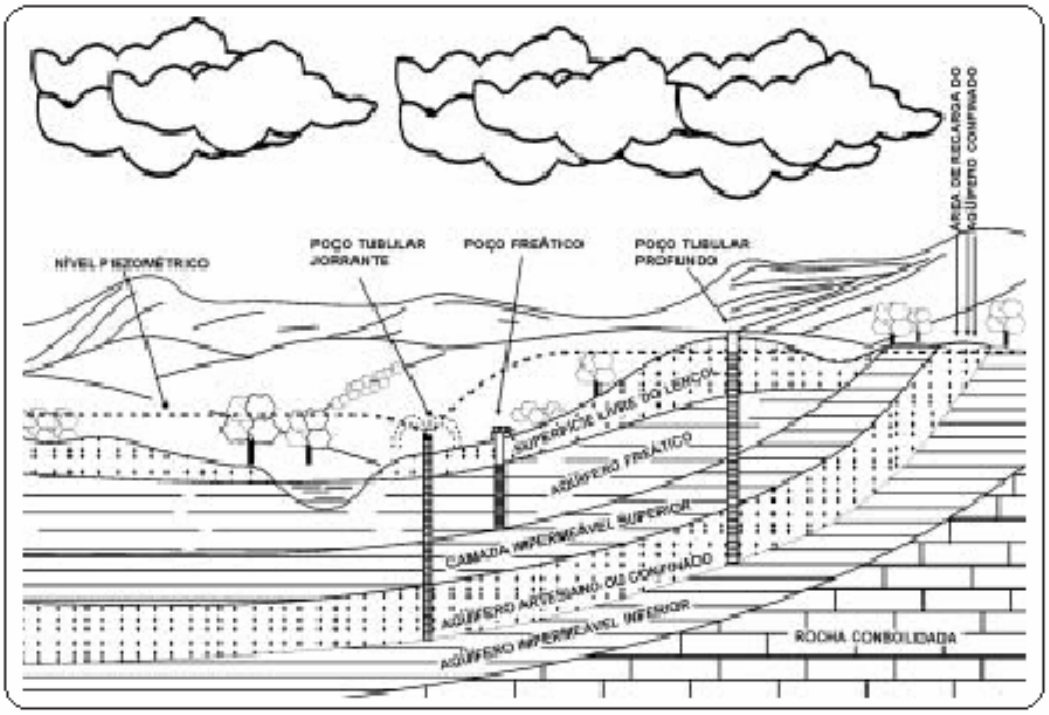
9.4.7. Melhorias do poço raso escavado

A melhoria do poço raso pode, muitas vezes, ser obtida com limpeza, retirada de lama e areia, resultando, dessa operação, um aumento de sua vazão. Outra medida que pode dar bom resultado é aprofundar o poço.
Um recurso usado para evitar ou diminuir a entrada de areia na bomba é o filtro invertido, que consiste em depositar no fundo do poço diversas camadas de cascalho em ordem crescente de diâmetros, de baixo para cima.
Observação: Acidentes: antes de entrar em um poço para limpá-lo, é necessário fazer um teste indicativo da presença de gás, para evitar acidentes fatais. Faz-se o teste, introduzindo no poço, por meio de uma corda, uma vela ou um lampião aceso.
Se a chama diminui ou se apaga, é sinal de que há presença de gás; nesse caso, deve-se forçar a ventilação do poço e fazer-se novo teste, em seguida.
Só se deve descer no poço quando o teste de gás for negativo.

9.5. Poço tubular profundo

Os poços tubulares profundos captam água do aqüífero denominado artesiano ou confinado, localizado abaixo do lençol freático, entre duas camadas impermeáveis e sujeitas a uma pressão maior que a atmosférica (figura 19).

Figura 19 – Corte do terreno mostrando os lençóis de água



Nesses poços o nível da água, em seu interior, subirá acima da camada aqüífera. No caso da água jorrar acima da superfície do solo, sem necessidade de meios de elevação mecânica, o poço é dito jorrante ou surgente. Caso a água se eleve dentro do poço sem contudo ultrapassar a superfície do solo, o poço é dito semi-surgente. A quantidade de água que um poço tubular profundo pode fornecer depende das características geológicas do local, que influenciam na capacidade de armazenamento e circulação da água no aqüífero. Por isso, a produção de água só pode ser estimada a partir de estudos hidrogeológicos ou pela observação de registros operacionais de poços existentes na região.

O diâmetro, normalmente de 150mm ou 200mm, é determinado em função da vazão a ser extraída. Quanto à profundidade, esta pode variar de 60 a 300 metros ou mais, dependendo da profundidade em que se encontra o aqüífero.

Os poços profundos são construídos por meio de perfuratrizes, que podem ser:

a) de percussão
Mais simples, requerem menos conhecimento técnico; aplicam-se em qualquer tipo de terreno e em áreas de rocha mais dura; exigem muito pouca água durante a operação;

b) rotativas
Exigem maiores conhecimentos do operador; requerem muita água durante a operação; levam vantagem em terrenos de rocha mais branda, e são mais rápidas em terrenos sedimentares.
A proteção do poço é feita com tubos de revestimento em aço ou PVC, destinados a impedir o desmoronamento das camadas de solo não consolidadas e evitar sua contaminação.
A retirada da água do poço, normalmente é realizada pelas bombas centrífugas submersíveis, ou bombas a compressor - "*Air Lift*".

Para a montagem do poço e dimensionamento do conjunto elevatório são necessários as seguintes informações fornecidas pelo perfurador:

- diâmetro do poço determinado pelo diâmetro interno do tubo de revestimento;
- vazão: vazão ótima que visa ao aproveitamento técnico e econômico do poço, definida pela curva característica do poço (curva-vazão/rebaixamento); • nível estático: nível que atinge a água no poço quando não há bombeamento;
- nível dinâmico: nível em que a água se estabiliza no poço, durante o bombeamento;
- profundidade de instalação da bomba: definida em função da posição prevista para o nível dinâmico, correspondente à vazão de bombeamento. Normalmente é localizada 10,00 metros abaixo do nível dinâmico;
- outros: condições de verticalidade e alinhamento do poço, características físico-químicas da água, características da energia elétrica disponível, distância do poço ao ponto de abastecimento (reservatório por exemplo) e desnível geométrico (figura 20).

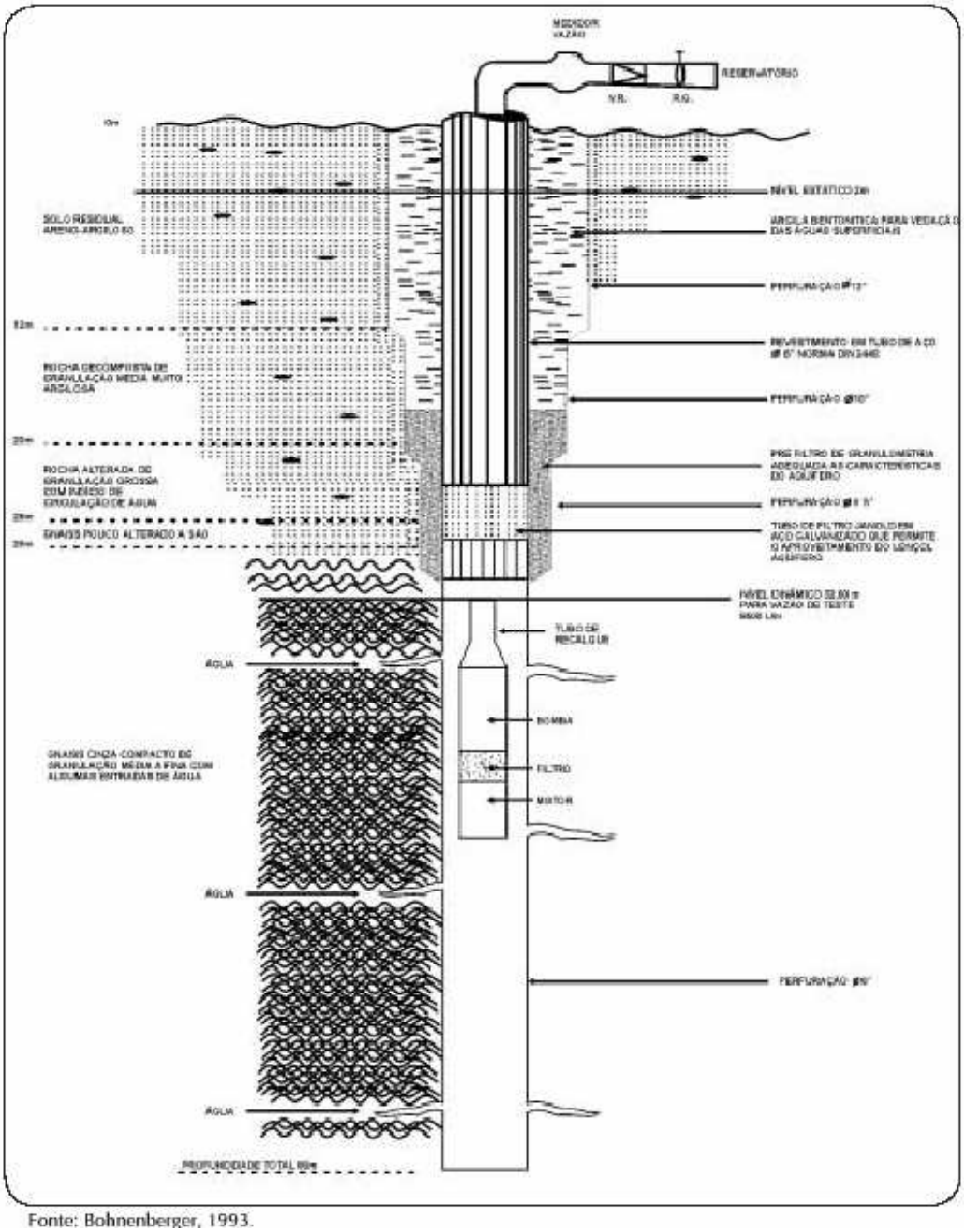
9.6. Captação de águas superficiais

A captação de águas superficiais depende de cuidados que devem ser levados em conta quando da elaboração do projeto. Qualquer tipo de captação deverá atender em qualidade e quantidade a demanda prevista da população futura no horizonte (alcance) do projeto.
A escolha das obras de captação deve ser antecedida da avaliação dos seguintes fatores:

- dados hidrológicos da bacia em estudo ou de bacias na mesma região;
- nível de água nos períodos de estiagem e enchente;

- qualidade da água;
- monitoramento da bacia, para localização de fontes poluidoras em potencial;
- distância do ponto de captação ao ponto de tratamento e distribuição;

Figura 20 – Perfil padrão de um poço tubular profundo em região de rochas cristalinas



Fonte: Bohnenberger, 1993.

- desapropriações;
- necessidade de elevatória;
- fonte de energia;
- facilidade de acesso.

a) composição de uma captação:

- barragens ou vertedores para manutenção do nível ou para regularização da vazão;
- órgãos de tomada d'água com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes;
- dispositivos para controlar a entrada de água;
- canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios;
- poços de sucção e casa de bombas para alojar os conjuntos elevatórios, quando necessário.

b) dispositivos encontrados na captação das águas superficiais:

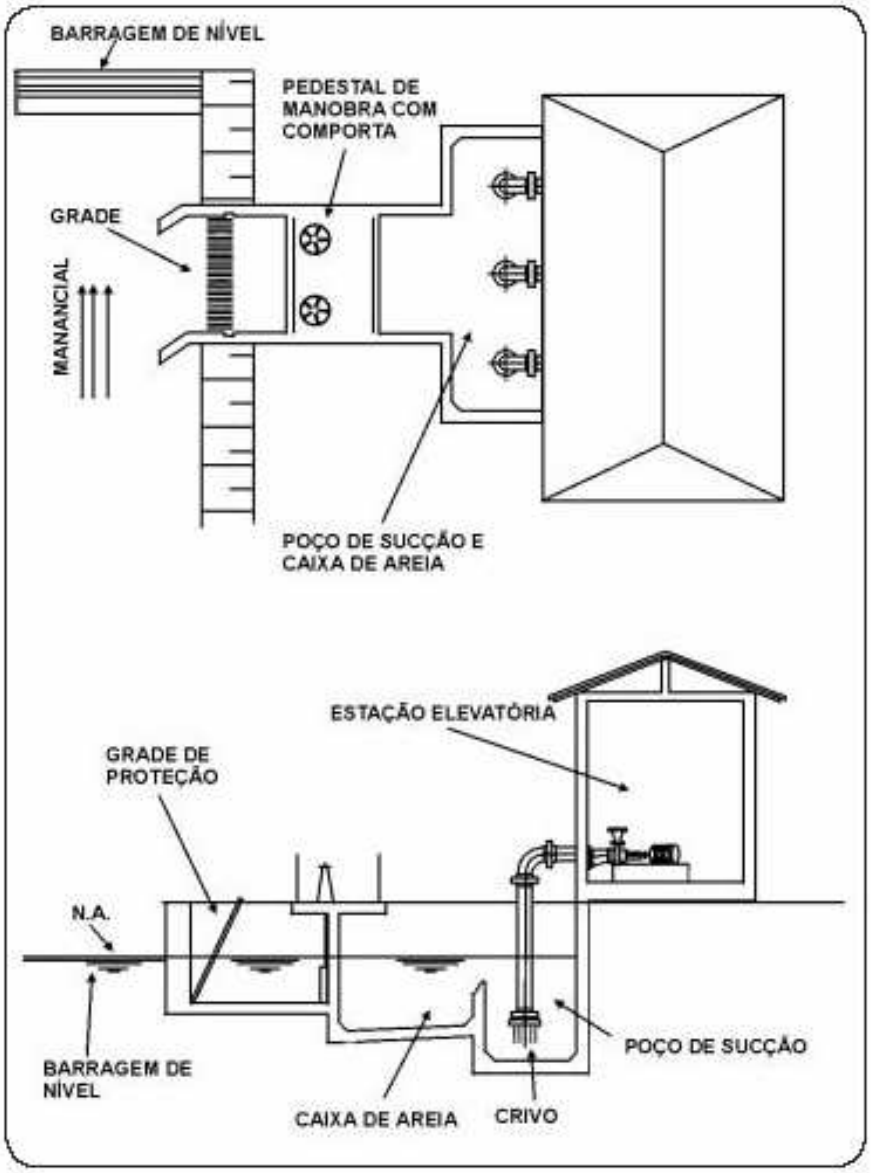
- • barragem de nível: são obras executadas em um rio ou córrego, ocupando toda a sua largura, com a finalidade de elevar o nível de água do manancial, acima de um mínimo conveniente e predeterminado;
- • grades: são dispositivos destinados a impedir a passagem de materiais flutuantes e em suspensão, bem como sólidos grosseiros, às partes subseqüentes do sistema;
- • caixas de areia: são dispositivos instalados nas captações destinados a remover da água as partículas por ela carregadas com diâmetro acima de um determinado valor.

Algumas soluções para tomada de água em manancial de superfície:

9.6.1. Tomada de água com barragem de nível

É um tipo de captação de uso generalizado no aproveitamento de pequenos cursos d'água, que visa somente elevar o nível de água, sendo que a vazão do rio deve ser superior à vazão máxima de adução, pois a barragem não tem função de acumular água.

Figura 21 – Tomada de água com barragem de nível



Fonte: Adaptado Barros et al., 1995.

9.6.2. Tomada direta com proteção

9.6.3. Poço de tomada

Estes dois tipos de captação acima são utilizados normalmente em cursos d'água perenes sujeitos a pequenas oscilações de nível, e que não haja transporte de sedimentos (areia) (figuras 26, 27, 28 e 29).

Figura 22

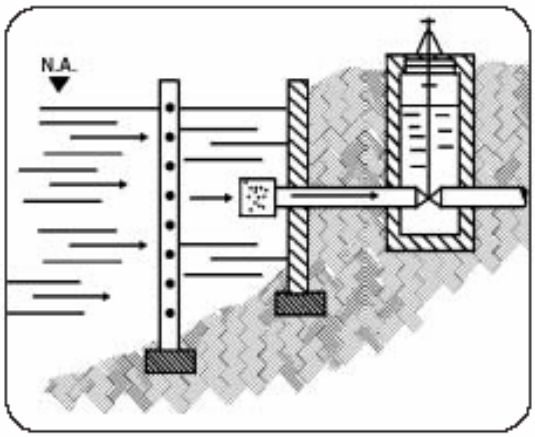


Figura 23

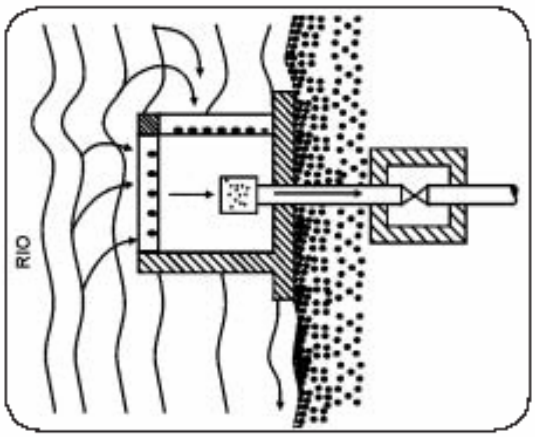
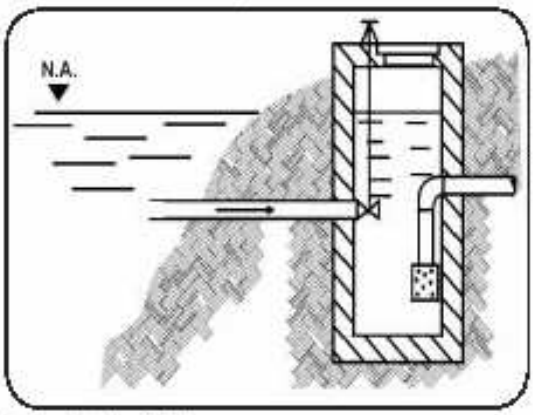
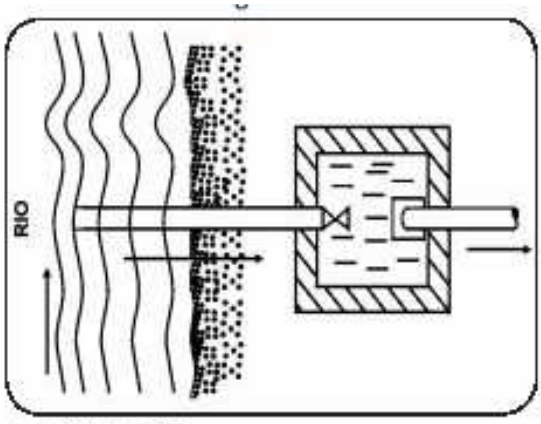


Figura 24



Fonte: Cetesb, 1981.

Figura 25

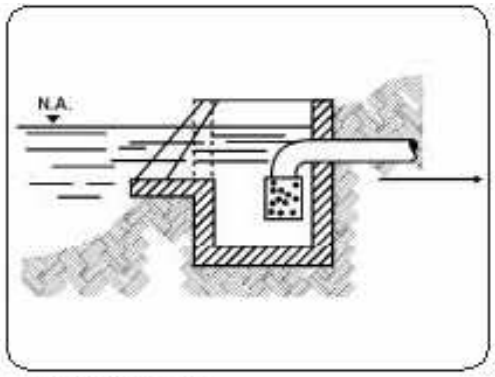


Fonte: Cetesb, 1981.

9.6.4. Canal de derivação

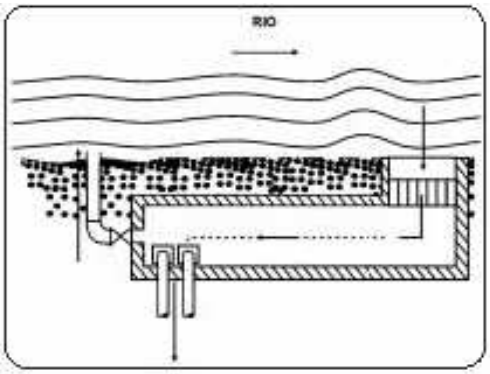
Consiste no desvio parcial das águas de um rio a fim de facilitar a tomada de água (figuras 26 e 27).

Figura 26



Fonte: Cetesb, 1981.

Figura 27

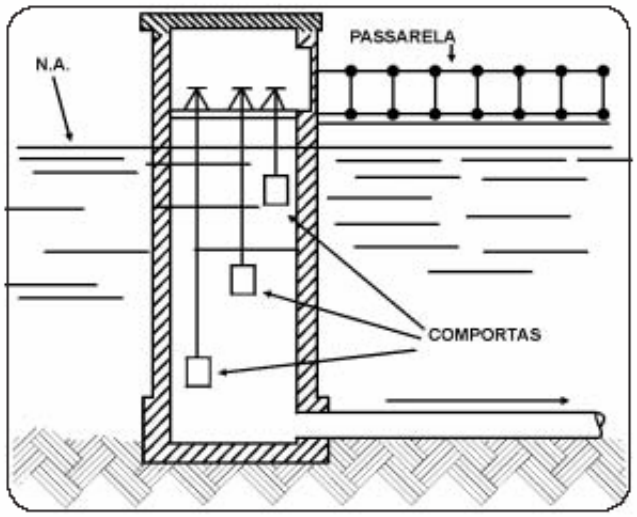


Fonte: Cetesb, 1981.

9.6.5. Torre de tomada

Utilizado para captação em represas e lagos. A torre de tomada fica sempre envolvida pela água sendo provida de várias comportas situadas em níveis diferentes. O ingresso da água ao interior da torre é feito por uma das comportas, permanecendo as demais fechadas.
Este tipo de solução permite obter uma água de melhor qualidade. Não tão próxima à superfície onde há algas, nem do fundo onde existe lodo, ambos indesejáveis à captação pois dificultam o tratamento da água (figura 28).

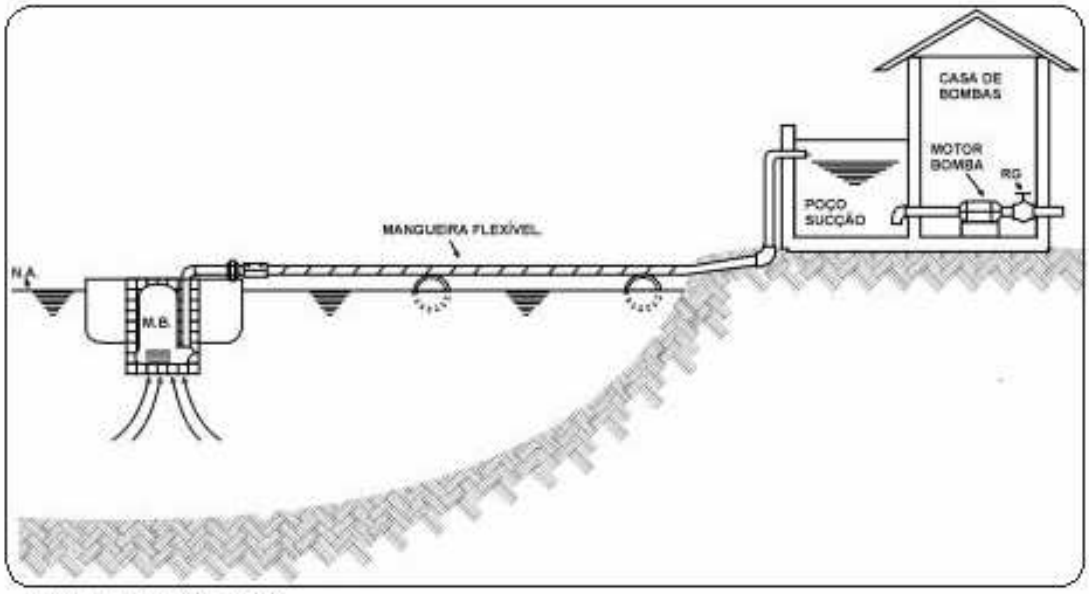
Figura 28 – Torre de tomada



9.6.6. Tomada de água flutuante

Esta é a solução ideal para a captação quando a Estação de Tratamento de Água está próxima ao manancial de modo a permitir um único recalque (figura 29).

Figura 33 – Esquema de tomada de água flutuante



Fonte: Bohnenberger, 1993.

10. Abastecimento público de água

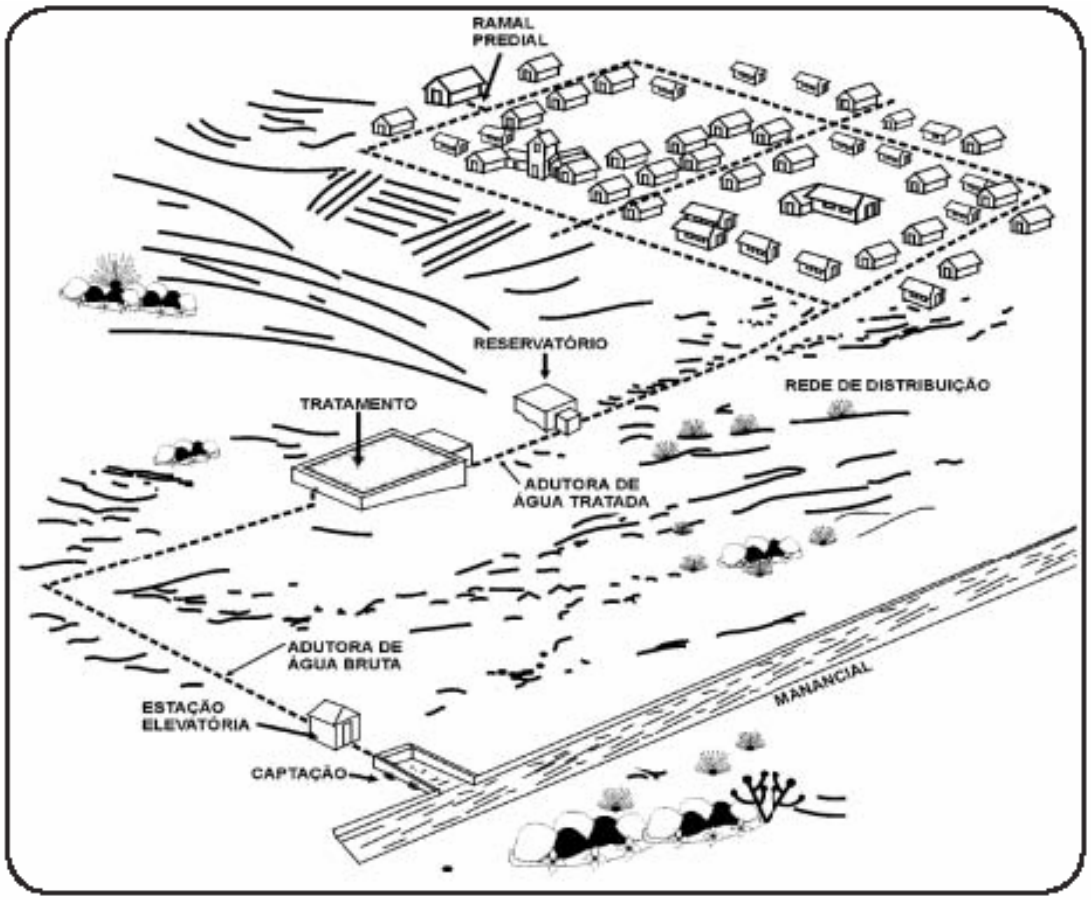
Quando a densidade demográfica em uma comunidade aumenta, a solução mais econômica e definitiva é a implantação de um sistema público de abastecimento de água.
Sob o ponto de vista sanitário, a solução coletiva é a mais indicada, por ser mais eficiente no controle dos mananciais, e da qualidade da água distribuída à população.
Não obstante, as soluções individuais para as áreas periféricas não devem ser desprezadas, pois serão úteis, salvarão muitas vidas e farão minorar muitos sofrimentos, enquanto se aguardam soluções gerais. Estas últimas envolvem grandes gastos e muitas vezes são morosas.

10.1. Partes constituintes do sistema público de abastecimento de água

Um sistema de abastecimento de água é composto das seguintes unidades (figura 34):

- manancial;
- captação;

Figura 30 – Unidades de um sistema de abastecimento de água



- adução;
- tratamento;
- reservação;
- rede de distribuição;
- estações elevatórias;
- ramal predial.

10.1.1. Manancial abastecedor

É a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender à demanda. No caso da existência de mais de um manancial, a escolha é feita considerando-se não só a quantidade e a qualidade mas, também, o aspecto econômico.
Nem sempre o que custa inicialmente menos é o que convém, já que o custo maior pode implicar em custo de operação e manutenção menor.

Na escolha de manancial, deve-se levar em consideração a qualidade da água, o consumo atual provável, bem como a previsão de crescimento da comunidade e a capacidade ou não de o manancial satisfazer a este consumo. Todo e qualquer sistema é projetado para servir, por certo espaço de tempo, denominado período de projeto.
Para que se possa fazer o cálculo do consumo provável, é necessário conhecer:

- população a ser abastecida:

Nos projetos, costuma-se fazer uma estimativa de população. Esta estimativa baseia-se em:

- população atual;
- número de anos durante os quais vai servir o projeto (período de projeto);
- taxa de crescimento da população.
  - consumo *per capita*;
  - variação diária de consumo;
  - número de horas de funcionamento do sistema.

10.1.2. Captação

É o conjunto de equipamentos e instalações utilizados para a tomada de água do manancial, com a finalidade de lançá-la no sistema de abastecimento. O tipo de captação varia de acordo com o manancial e com o equipamento empregado.

Foto 1 - Tomada direta com barragem de nível

10.1.3. Adução

Adutora é o conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte, dispostas entre:

- Captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA);
- Captação e o reservatório de distribuição;
- Captação e a rede de distribuição;
- ETA e o reservatório de distribuição;
- ETA e a rede de distribuição.

A tubulação que deriva de uma adutora indo alimentar um setor qualquer da área a ser abastecida, é chamada subadutora.

a) classificação das adutoras:

- de acordo com a natureza da água transportada:
  - adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento de Água;
  - adutora de água tratada: transporta a água da Estação de Tratamento de Água até os reservatórios de distribuição;

- de acordo com a energia utilizada para o escoamento da água:
  - adutora por gravidade: quando aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução;
  - adutora por recalque: quando utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto motobomba e acessórios);
  - mista: quando utiliza parte por recalque, e parte por gravidade;

- de acordo com o modo de escoamento:
  - adutora em conduto livre: mantém a superfície sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento, não funcionam a seção plena (totalmente cheios);
  - adutora em conduto forçado: a água ocupa a seção de escoamento por inteiro, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Permite à água movimentar-se, quer em sentido descendente por gravidade quer em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica;

- de acordo com a vazão de dimensionamento:
  - sistema com reservatório de distribuição;

- Adução contínua

$$Q = \frac{K1 \cdot p \cdot q \ (l/s)}{86.400}$$

- Adução Intermitente

$$Q = \frac{K1 \cdot p \cdot q \ (l/s)}{3.600 \cdot N^*}$$

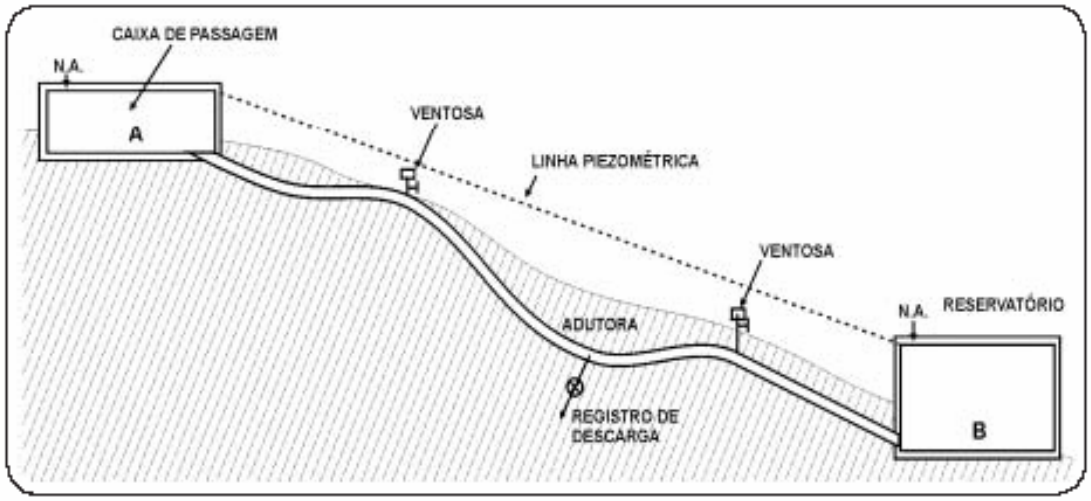
*__N__ = número de horas de funcionamento do sistema.

a) Sistema sem reservatório de distribuição

$$Q = K1 \cdot K2 \cdot p \cdot q \ (l/dia)$$

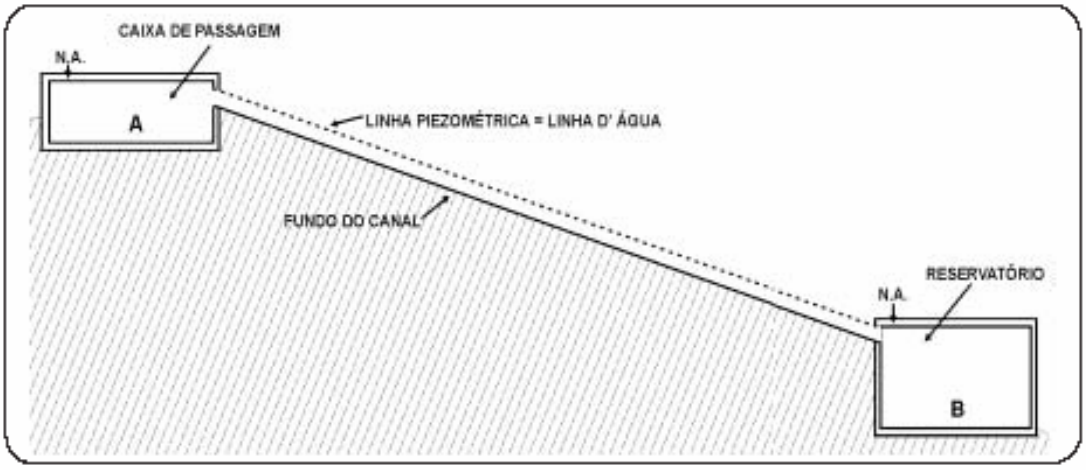
Onde: Q = vazão a ser aduzida;
l/s = litros por segundo;
K1 = coeficiente do dia de maior consumo;
K2 = coeficiente da hora de maior consumo;
p = população de projeto;
l/dia = litros por dia;
q = consumo per capita (l/hab.dia).

Figura 31 – Adutora por gravidade em conduto forçado



Conduto forçado – aquele em que a água ocupa totalmente a seção de escoamento, com pressão interna superior à pressão atmosférica. Graças à existência de uma carga hidráulica a água pode mover-se em sentido descendente ou ascendente.

Figura 32 – Adutora por gravidade em conduto livre



Conduto livre – aquele em que a água escoa sempre em sentido descendente, mantendo uma superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos não funcionam com seção plena (totalmente cheios), podendo ser abertos ou fechados.

Figura 33 – Adutora por gravidade em conduto forçado e livre

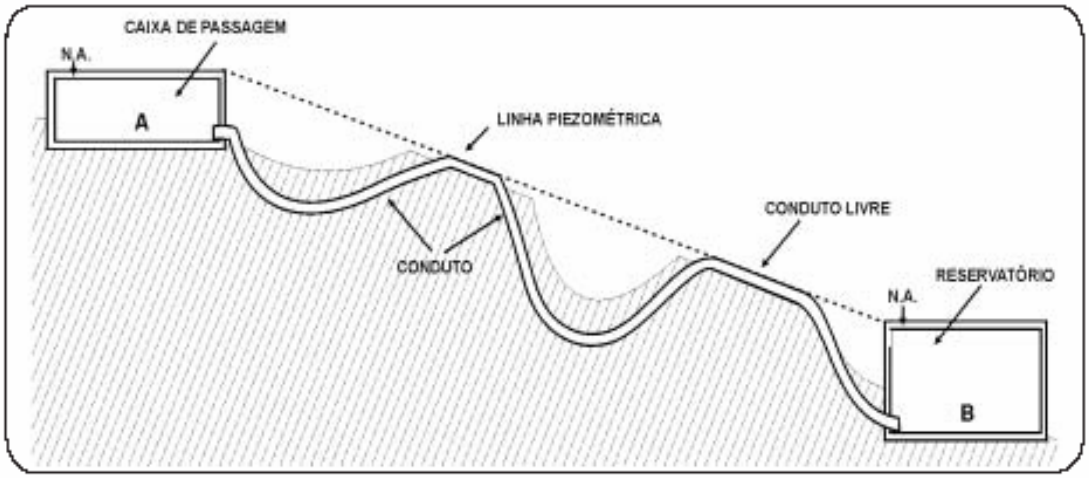
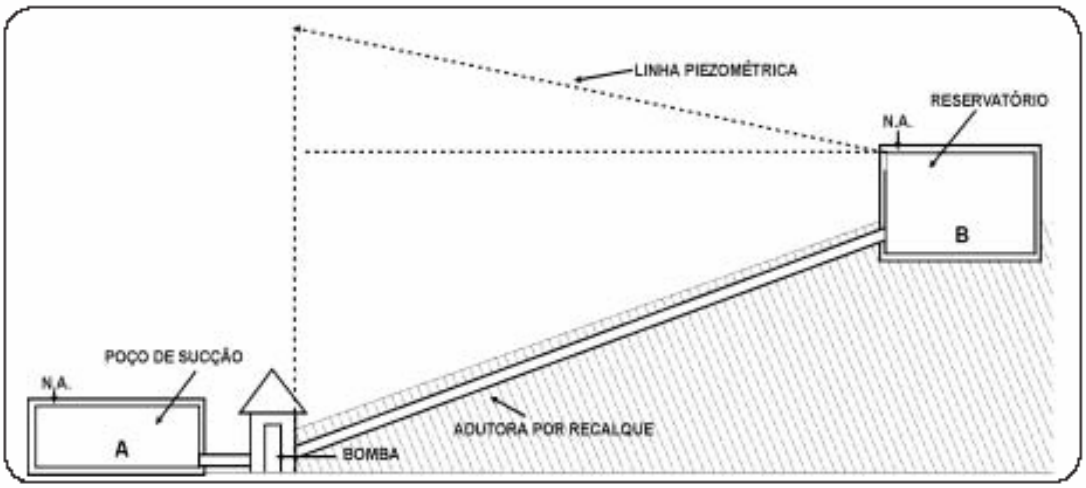


Figura 34 – Adutora por recalque



- materiais das tubulações mais utilizadas na construção de adutoras:
  - PVC de alta pressão;
  - ferro fundido, cimentado internamente;
  - aço soldado;
  - aço com junta ponta e bolsa, junta travada, etc.;
  - concreto armado;
  - fibra de vidro impregnado em resinas de poliester;
  - polietileno de alta densidade (Pead).

10.1.4. Tratamento

A qualidade físico-química e bacteriológica da água obtida no manancial, definirá o método de tratamento necessário para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde.

10.1.4.1. Tratamento da água

O tratamento de água consiste em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano.
As águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, porque se apresentam com qualidades físicas e bacteriológicas impróprias, com exceção das águas

de nascentes que, com uma simples proteção das cabeceiras e cloração, podem ser, muitas vezes, consumidas sem perigo.
As águas de grandes rios, embora não satisfazendo pelo seu aspecto físico, podem ser relativamente satisfatórias, sob os pontos de vista químico e bacteriológico, quando captadas ou colhidas em locais do rio menos sujeitos à contaminação.
O Conselho Nacional do Meio Ambiente pela Resolução nº 20, de 16 de junho de 1986, classificou as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo seus usos preponderantes.
Portanto, a definição da necessidade ou do método de tratamento a ser implantado, deve obedecer à classificação das águas estabelecidas pela Resolução Conama nº 20 de 16.6.1986.
De modo geral, a qualidade das águas de superfície varia ao longo do tempo, de acordo com a época do ano e o regime das chuvas. A variação da qualidade da água dos grandes rios é mais lenta que a dos pequenos rios, cuja turbidez, por exemplo, pode variar entre largos limites e em curto espaço de tempo. Mesmo a qualidade da água de lagos artificiais ou de lagos naturais varia com o decorrer do tempo.
Nem toda água pode ser utilizada, por que cada método de tratamento tem eficiência limitada. Sendo a poluição muito alta, a água tratada poderá não ser ainda satisfatória.
Assim, por exemplo, não é possível, nem prático, tratar água de esgotos por métodos convencionais, a ponto de torná-la potável.

10.1.4.2. Métodos de tratamentos

a) fervura
O método mais seguro de tratamento para a água de beber, em áreas desprovidas de outros recursos, é a fervura. Ferver a água para beber é um hábito que se deve infundir na população para ser adotado quando sua qualidade não merece confiança e em épocas de surtos epidêmicos ou de emergência.
A água fervida perde o ar nela dissolvido e, em consequência, torna-se de sabor desagradável. Para fazer desaparecer esse sabor, é necessário arejar a água.

b) sedimentação simples
A água tem grande poder de dissolver e de carrear substâncias.
O poder de carrear substâncias aumenta ou diminui com a velocidade da água em movimento. Diminuindo-se a velocidade da água, diminui-se seu poder de carrear substâncias, pois estas se depositam no fundo. Primeiro, decantam-se as partículas mais pesadas e, à medida que diminui a velocidade, as mais leves também se decantam. As partículas sólidas que se depositam arrastam consigo microorganismos presentes na água, melhorando sua qualidade. Obtém-se a sedimentação, fazendo passar ou retendo a água em reservatórios, onde sua velocidade diminui.
A sedimentação pode ser conseguida em canais, se lhe aumentar a seção sem aumentar o volume da água. Isto em conseqüência de que:

Q = SV, onde:

mantendo Q e aumentando S, diminui V;
Sendo:
V = velocidade;
S = área da seção; e
Q = vazão.
Quando a água é captada em pequenas fontes superficiais, deve-se ter uma caixa de areia antes da tomada. A função dessa caixa é decantar a areia, protegendo a tubulação, as bombas, etc., contra a obstrução e o desgaste excessivo. Mesmo os filtros lentos devem ser protegidos por caixas de areia.

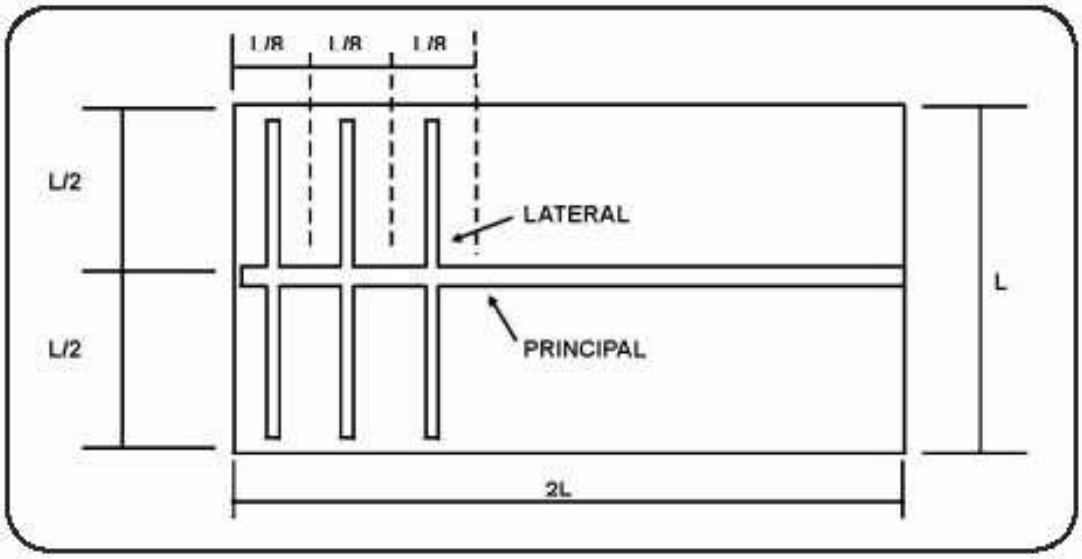
c) filtração lenta
É um método de tratamento da água, adotado principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam baixos teores de turbidez e cor (menor que 50UT).
O processo consiste em fazer a água passar através de um meio granular com a finalidade de remover impurezas físicas, químicas e biológicas.

- mecanismos que atuam na filtração:
  - Ação mecânica de coar: retenção das partículas maiores nos interstícios existentes entre os grãos de areia:
    - sedimentação: reposição de partículas sobre a superfície dos grãos de areia;
    - ação Biológica: feita por uma camada gelatinosa (Schumtzdecke) formada pelo desenvolvimento de certas variedades de bactérias, que envolvem os grãos de areia na superfície do leito, que por adsorção retém microorganismos e partículas finamente divididas.

- aspectos construtivos:
  - taxa de filtração:
    - **Funasa**: 3m ^{3} a 5m ^{3}/m ^{2}.dia;
    - Arboleda: 6m ^{3} a 9m ^{3}/m ^{2}.dia;
    - ABNT: não sendo possível determinar experimentalmente, a taxa de filtração a ser adaptada não deve ser superior a 6m ^{3}/m ^{2}.dia.
  - sistema de drenagem:
  Situado no fundo do filtro tem por objetivo coletar e conduzir para fora do filtro a água filtrada.

Constitui-se de um dreno principal, passando pelo centro do filtro, o qual recebe os drenos laterais (figura 35).

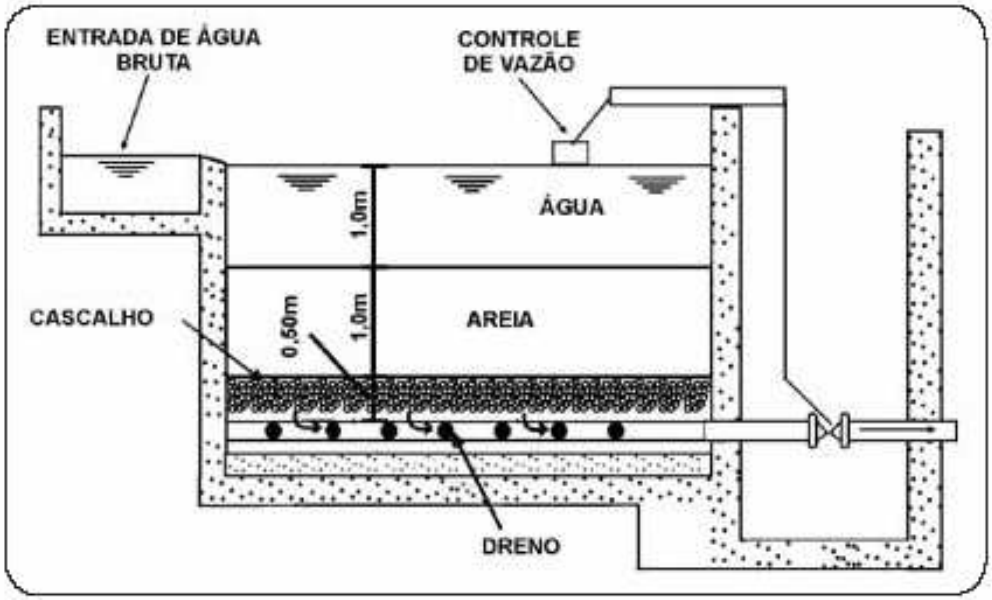
Figura 35 – Sistema de drenagem



Fonte: Cetesb, 1987.

- camada suporte (seixos rolados)
  - altura : 0,30m
  - tamanho : 2" a 3/4" 17,5cm - 3 /4" a 3/8" 7,5cm
  - Pedrisco 5,0cm
- leito de areia:
  - espessura: entre 0,90m e 1,20m;
  - granulométrica: tamanho efetivo entre 0,25mm e 0,35mm coeficiente de uniformidade menor que 3.
- altura da lâmina de água sobre o leito filtrante:
  - geralmente entre 0,90m 1,20 metros.

Figura 36 – Corte do filtro lento detalhado

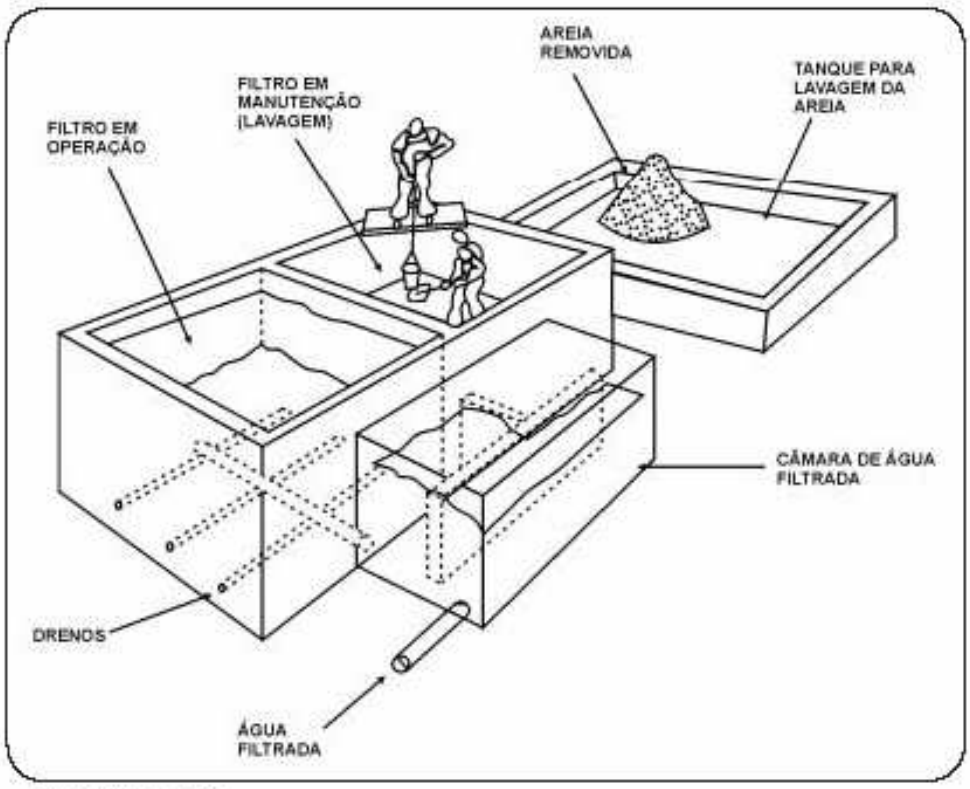


Fonte: Adaptado Barros 1995.

- aspectos operacionais

A entrada e saída da água nos filtros é controlada por meio de registros, devendo-se ter o cuidado de manter uma camada de água sobre a areia.
No início da filtração, com a areia ainda limpa, a formação da camada gelatinosa só se processará após alguns dias de operação. Portanto, durante este período, maiores cuidados deverão ser tomados quanto à desinfecção da água filtrada.
Com o prosseguimento da filtração, a camada superior da areia vai se sujando cada vez mais, diminuindo, em conseqüência, a vazão da água filtrada.
Quando esta vazão cai consideravelmente, deve-se proceder à limpeza do filtro.
Faz-se a limpeza do filtro, removendo-se uma camada de dois a três centímetros da areia.
Quando a camada de areia nos filtros atingir 0,70m de altura, recoloca-se a areia retirada, depois de totalmente lavada (figura 37).

Figura 37 – Limpeza do filtro lento



Fonte: Vianna, 1992.

- vantagens dos filtros lentos:
  - operação simples;
  - custos operacionais baixos;
  - boa eficiência na remoção de microorganismos patogênicos;
  - boa eficiência na remoção de turbidez.
- desvantagens dos filtros lentos:
  - ocupam grandes áreas;
  - necessidade periódica de remoção e lavagem da areia;
  - possibilidade de degradação do manancial com o tempo, alterando as características físico-químicas iniciais da água (aumento excessivo da turbidez).

Tabela 6 –Tabela de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos

Diâmetro do dreno principal em polegadas	Taxa de Filtração m³/m².dia			
	2,8	3,75	4,70	5,60
Relação aproximada da área de seção do filtro para a área do dreno principal.	6.300	5.600	**5.100**	**4.700**

Exemplo: Se temos um filtro cuja área é de 274m $_2$ e desejamos ter uma taxa de filtração de 3,75m $_3$/m $_2$.dia, a área do dreno principal deverá ser:

$$S = \frac{274m^2}{5.600} = 0,049m^2 \quad \text{ou seja 10 polegadas de diâmetro interno (10")}$$

Tabela 7 – Tabela de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos

Diâmetro dos drenos, em polegadas	Taxa de Filtração m³/m².dia			
	2,8	3,75	4,70	5,60
	Área máxima de filtro drenado (m²)			
Dreno lateral de 2"	7,4	6,5	6,5	5,5
Dreno lateral de 3"	16,8	14,9	14,9	12,8
Dreno lateral de 4"	30,1	26,8	26,8	22,8
Dreno principal de 10"	320	280	250	250
Dreno principal de 12"	455	400	360	360
Dreno principal de 15"	720	640	575	575

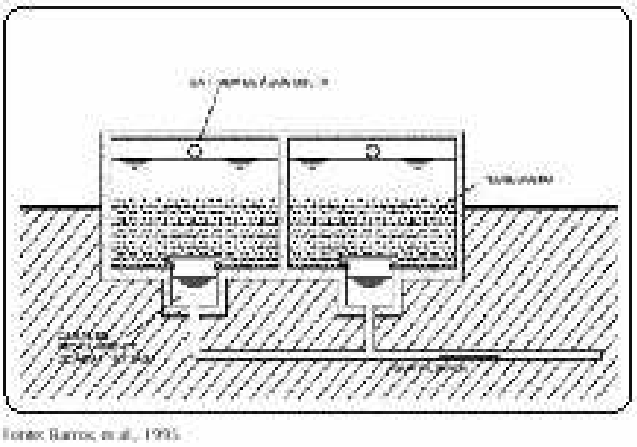
Em alguns sistemas utiliza-se como pré-tratamento para a filtração lenta o pré-filtro (figura 38) que elimina algumas impurezas, especialmente sólidas, e remove parte da carga bacteriológica da água bruta, onde parte dos organismos são removidos conjuntamente com os sólidos.

São localizados normalmente junto às captações.

Podem ser classificados segundo a direção e o sentido do fluxo, em:

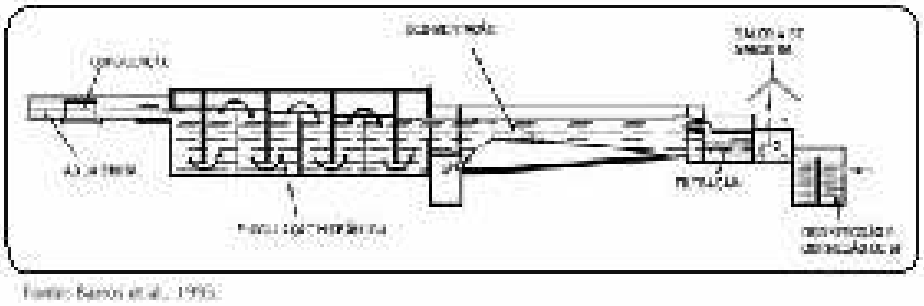
- pré-filtro de fluxo horizontal;
- pré-filtro de fluxo vertical descendente;
- pré-filtro de fluxo vertical ascendente.
- tratamento convencional com coagulação§, floculação, decantação e filtração rápida (figura 39).

Figura 38 – Corte de um pré-filtro



As águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais, necessitam de um tratamento químico capaz de propiciar sua deposição, com um baixo período de detenção. Este tratamento é realizado provocando-se a coagulação, sendo geralmente empregado o sulfato de alumínio ou o sulfato ferroso. O sulfato de alumínio normalmente é o produto mais utilizado, tanto pelas suas propriedades, como pelo seu menor custo (figura 38).

Figura 39 – Seqüência do tratamento clássico ou convencional

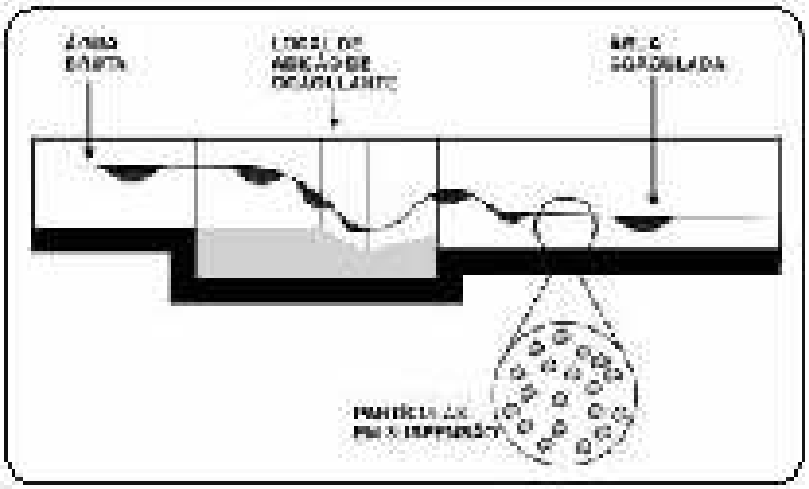


- tratamento utilizando coagulante

  - mistura rápida

Geralmente é feita no medidor Parshall, ou também por um vertedor. Este ponto é muito bom para adição dos compostos químicos, em função da turbulência da água nesse local (figura 40).

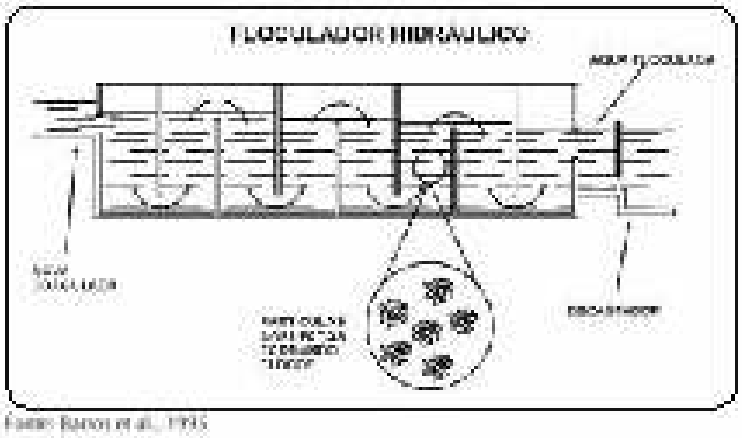
Figura 40 – Coagulação



- mistura lenta ou floculação

Os compostos químicos já completamente misturados anteriormente, vão reagir com a alcalinidade da água, ou se esta não é suficiente, com a cal adicionada, formando compostos que tenham propriedades de adsorção, isto é, aqueles cujas partículas sejam carregadas eletricamente na sua superfície, e que possam, assim, atrair cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas flocos e tem cargas elétricas superficiais positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, tem carga elétrica negativa, sendo, assim, retidas por aqueles flocos.
Isto significa, que a fase de limpeza em um tratamento d'água, se processa no floculador, e esta parte deve ser bem conduzida, pois é da boa formação dos flocos, que devem ser do tamanho de uma cabeça de alfinete, que dependerá o consumo dos agentes floculadores chamados coagulantes e, também, a eficiência e melhores condições de funcionamento das outras partes.
A água deve ter ao longo dos canais, uma velocidade bem dimensionada, pois se for abaixo de um mínimo (10cm/seg), o floco depositará, e se for muito alta, poderá "quebrar" o floco, o que irá prejudicar bastante as condições nas fases subseqüentes (geralmente acima de 30cm/seg) (figura 41).

Figura 41 – Floculação



- decantação ou sedimentação

Os flocos do coagulante que já clarificaram a água pelos processos ocorridos no floculador, irão, nessa nova fase, ser removidos da água por sedimentação. Podem ser decantadores convencionais (baixa taxa) e decantadores com escoamento laminar (elementos tubulares ou de placas) denominados decantadores de alta taxa.
O decantador convencional é um tanque de forma geralmente retangular ou circular, cujo fundo é muitas vezes inclinado para um ou mais pontos de descarga (figura 42).
A saída da água é feita junto à superfície, e comumente por calhas dispostas, formando desenhos diversos e sobre cujos bordos superiores a água flui, constituindo esses bordos autênticos vertedouros.

As dimensões do decantador são determinadas de maneira que:

- o tempo de decantação seja geralmente em torno de duas a três horas.
- nos decantadores retangulares, o comprimento seja mais ou menos três vezes a largura.
- a profundidade seja de um mínimo de 2,5 metros e de um máximo de 5,50m.

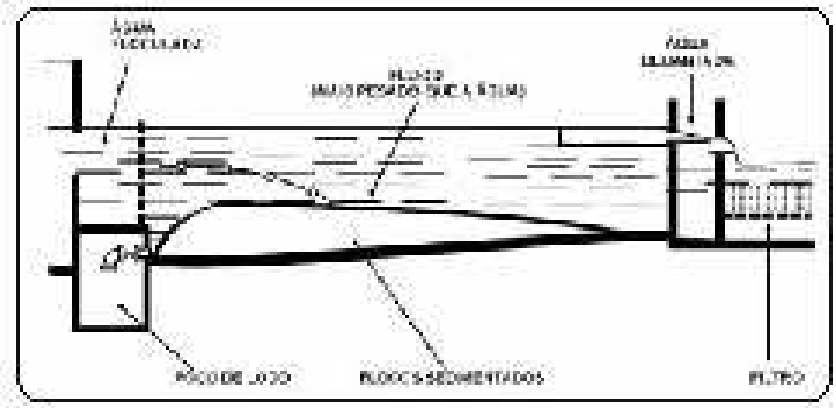
Depósitos de lodo são geralmente previstos no fundo dos decantadores, sendo o volume deles adicionado àquele necessário para obter o período de detenção.
O dispositivo comumente usado para dispersar melhor a água na entrada do decantador, é chamado cortina de distribuição, na qual são abertos orifícios acima do primeiro terço, a partir do fundo, geralmente em três fileiras, favorecendo, assim, a melhor distribuição do líquido.
A função do decantador, em um tratamento de água, ou de águas residuais, é como dissemos, o de permitir que os flocos que já clarificaram a água se sedimentem.
Comuns na operação de decantadores são os termos: Vazão por Unidade de Superfície e Velocidade Transversal de Escoamento.

- vazão por unidade de superfície: é o volume de água tratada por dia, dividido pela área de superfície do decantador.
- vazão de escoamento: é a vazão, em m^3/seg, dividida pela área de escoamento, isto é, pelo produto da largura pela altura útil.

- limpeza dos decantadores

Deve ser feita periodicamente, dependendo da regularidade da natureza da água, da quantidade de coagulante gasto, e da estação do ano, pois na época das chuvas ela deve ser bem mais freqüente.
Nos sistemas em que a limpeza não é mecanizada ou automática, ela é feita esvaziando-se o decantador e removendo-se a sujeira com jato de água, de preferência tendo bastante pressão.
A falta de uma limpeza periódica faz com que o período de detenção se torne menor, prejudicando as condições de operação, e faz com que o lodo do fundo se decomponha, conferindo sabor desagradável à água.

Figura 42 – Sedimentação (Tanque de Sedimentação Decantador)



- filtração

A grande maioria das partículas ficam retidas no decantador, porém, uma parte ainda persiste em suspensão, no seio da água; desta forma, o líquido é feito passar através de uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, de granulometria especificada, suportada por uma camada de cascalho.
A água filtrada, numa operação bem conduzida, é límpida. A remoção de bactérias neste estágio já é, no mínimo, igual a 90% . Fator influente na velocidade de filtração, é a *granulometria da areia,* isto é, o tamanho de seus grãos. De acordo com essa granulometria, a filtração pode ser lenta ou rápida. Com relação à filtração rápida, os

filtros podem ser de camada simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente (figura 44) sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples.

A norma da ABNT nº NB-592, referente a "Projeto de Estação de Tratamento de Água para abastecimento público de água", estabelece:

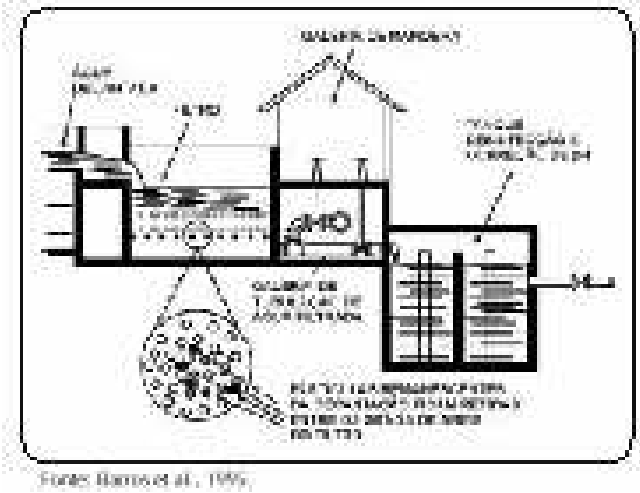
- que a taxa de filtração e as características granulométricas dos materiais filtrantes sejam determinados com base em ensaios em filtro piloto;
- quando os ensaios não puderem ser realizados, a norma estabelece:

• taxas máximas de filtração

- para filtro de camada simples: 180m3/m2 x dia;
- para filtro de camada dupla: 360m3/m2 x dia.

Observação: Em caso de filtros de fluxo ascendente, a taxa de filtração deve ser de 120m $_3$/m $_2$ x dia.

Figura 44 – Filtração rápida descendente



• camadas filtrantes

A camada filtrante simples deve ser constituída de areia, com espessura mínima de 45cm, tamanho efetivo de 0,45mm a 0,55mm e coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6 (figura 48).
Nota: Em caso de filtro de fluxo ascendente, pode-se utilizar camada filtrante com espessura mínima de 2,0m tamanho efetivo de 0,7mm a 0,8mm e coeficiente de uniformidade inferior ou igual a 2.
A camada filtrante dupla deve ser constituída de camadas sobrepostas de areia e antracito, utilizando a especificação básica seguinte:

• areia:

- espessura minha de camada, 25cm;
tamanho efetivo, de 0,40mm a 0,45mm;
- coeficientes de uniformidade, de 1,4 a 1,6.

• antracito:

- espessura mínima de camada, 45cm;
- tamanho efetivo, de 0,8mm a 1,0mm;
- coeficiente de uniformidade, inferior ou igual a 1,4.

• a camada suporte deve ser constituída de seixos rolados, com as seguintes características:

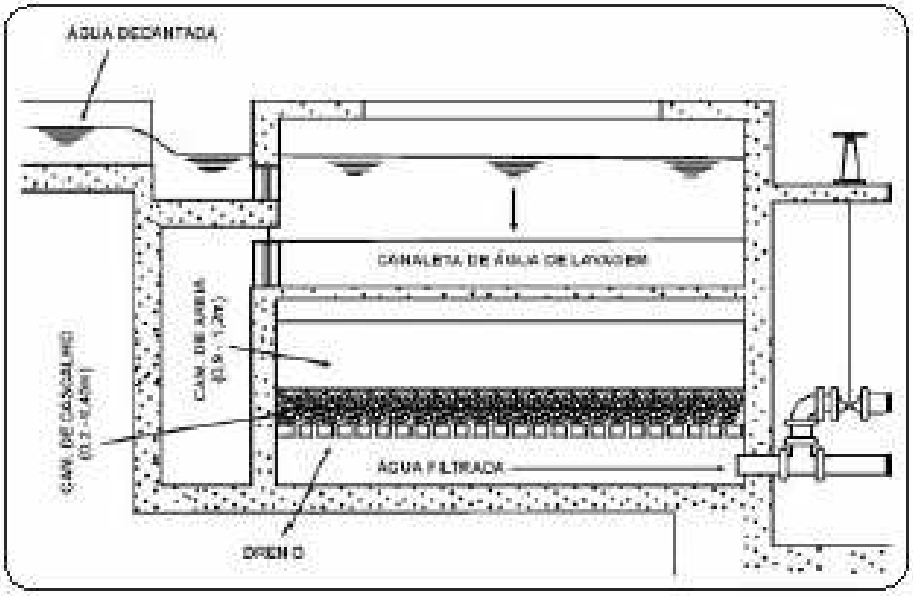
- espessura mínima igual ou superior a duas vezes a distância entre os bocais do
fundo do filtro, porém não inferior a 25cm;
- material distribuído em estratos com granulometria decrescente no sentido ascendente, espessura de cada estrato igual ou superior a duas vezes e meia a dimensão característica dos seixos maiores que o constituem, não inferior, porém, a 5cm;
- cada estrato deve ser formado por seixos de tamanho máximo superior ou igual ao dobro do tamanho dos menores;
- os seixos maiores de um estrato devem ser iguais ou inferiores aos menores do estrato situado imediatamente abaixo;
- estrato situado diretamente sobre os bocais deve ser constituído de material cujos seixos menores tenham o tamanho pelo menos igual ao dobro dos orifícios dos bocais e dimensão mínima de 1cm;
- estrato em contato direto com a camada filtrante deve ter material de tamanho mínimo igual ou inferior ao tamanho máximo do material da camada filtrante adjacente.

• o fundo do filtro deve ter características geométricas e hidráulicas que garantam a distribuição uniforme da água de lavagem.

- nos filtros rápidos clássicos, a água filtrada é recolhida por um sistema de drenos ou bocais e levada à câmara de contato, onde é desinfectada; parte da água vai para o consumo e parte é recalcada para um reservatório de água de lavagem;

- para fazer a limpeza dos filtros, fecha-se a admissão da água dos decantadores e da água filtrante; e abre-se a admissão do reservatório de água de lavagem; é a operação chamada de inversão de corrente. A água de lavagem penetra sob pressão através dos drenos, revolve a areia e carrega a sujeira acumulada para os canais de descarga de água de lavagem. Ao término da lavagem dos filtros, fecha-se a admissão da água do reservatório de lavagem, abre-se a da água dos decantadores e inicia-se novamente a filtração com a abertura do registro da água filtrada.

Figura 45 . Corte de filtro rápido descendente



Fonte: Barros et al., 1995.

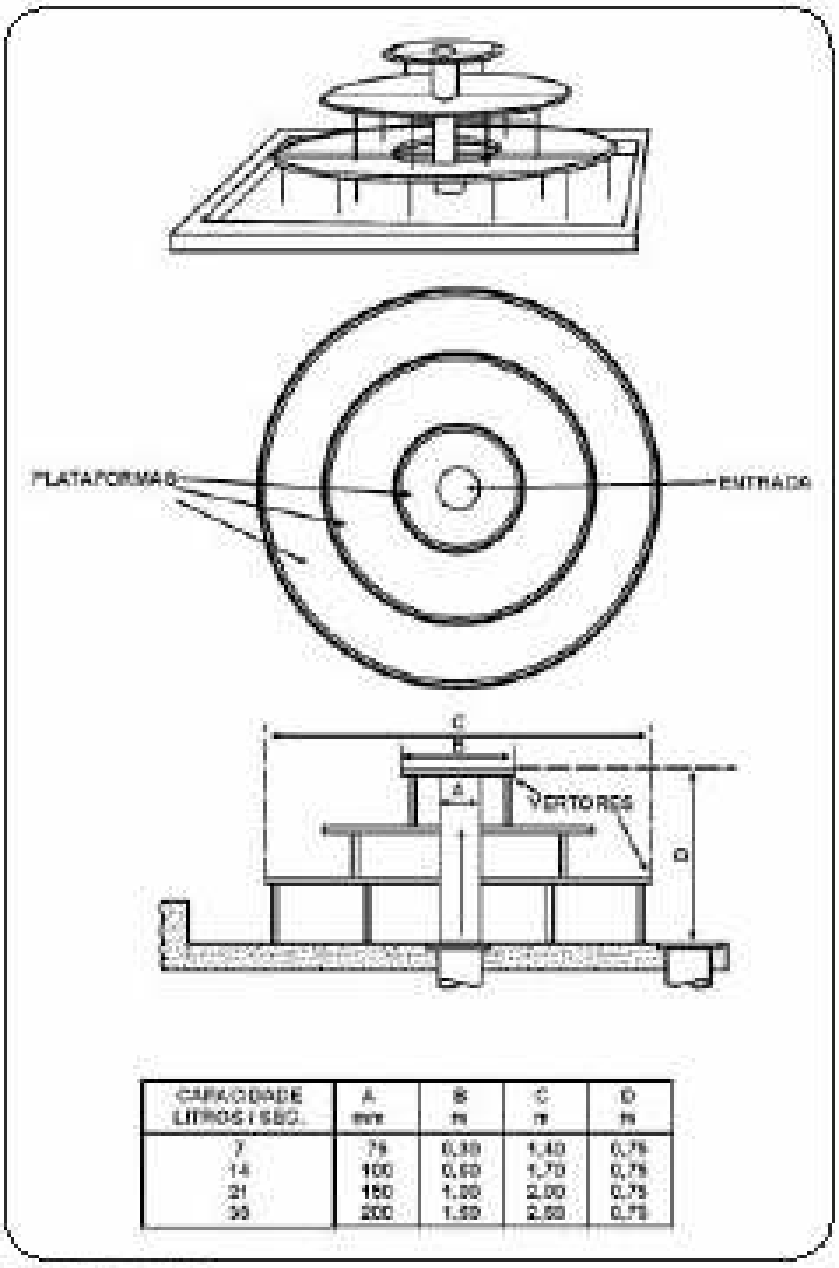
Foto 2 . Estação de tratamento de água convencional . capacidade 5l/s
São Pedro do Avaí - Manhuaçu/MG

e) aeração

A água retirada de poços, fontes ou regiões profundas de grandes represas, pode ter ferro e outros elementos dissolvidos, ou ainda ter perdido o oxigênio em contato com as camadas que atravessou e, em conseqüência, seu gosto é desagradável. Torna-se necessário, portanto, arejá-la para que melhore sua qualidade.
A aeração é também usada para a melhoria da qualidade biológica da água e como parte de tratamentos mais completos.
Para as pequenas instalações, a aeração pode ser feita no próprio reservatório de água; basta que este seja bem ventilado e que, ao passar para o reservatório, a água seja forçada a uma queda livre.
. métodos de aeração
A aeração pode ser obtida, provocando a queda da água sobre bandejas ou tabuleiros, nas quais exista cascalho ou pedra britada. A água sai de uma fonte no topo do conjunto de bandejas e as atravessa sucessivamente até ser recolhida na mais baixa (figura 50).
Pode dar-se ainda pelo sistema de cascatas, fazendo a água tombar sucessivamente sobre diversos degraus (figura 46).
Pode ser obtida, levando-a a sair de bocais sob a forma de jato, recebendo oxigênio quando em contato com o ar.

E finalmente, a aeração também pode ser feita pelos aeradores por borbulhamento que consistem, geralmente, de tanques retangulares, nos quais se instalam tubos perfurados, placas ou tubos porosos difusores que servem para distribuir ar em forma de pequenas bolhas. Essas bolhas tendem a flutuar e escapar pela superfície da água. A relação largura-profundidade deve manter-se inferior a dois. A profundidade varia entre 2,75m e 4,50m.
O comprimento do tanque é calculado em função do tempo de permanência que varia entre 10 a 30 minutos. A quantidade de ar varia entre 75 e 1.125 litros por metro cúbico de água aerada.

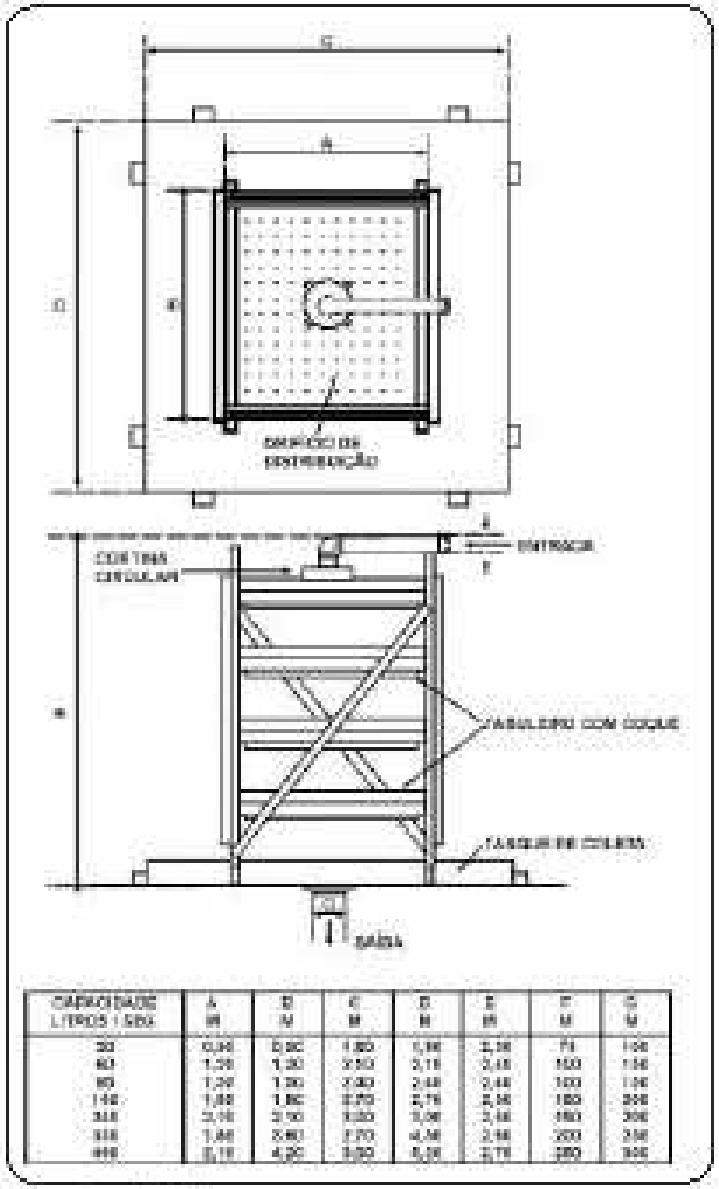
Figura 46 . Aerador de cascata



CAPACIDADE LITROS / SEG.	A mm	B m	C m	D m
7	75	0,30	1,40	0,75
14	100	0,60	1,70	0,75
21	150	1,00	2,00	0,75
30	200	1,50	2,50	0,75

Fonte: Catudo, 1987.

Figura 47 . Aerador de tabuleiros ou bandejas



Fonte: Cetesb, 1987.

f) correção da dureza

g)

A dureza da água é em virtude da presença de sais de cálcio e magnésio sob forma de carbonatos, bicarbonatos e sulfatos.

A Dureza é dita temporária, quando desaparece com o calor, e permanente, quando não desaparece com o calor.

Normalmente, reconhece-se que uma água é mais dura ou menos dura, pela maior ou menor facilidade que se tem de obter, com ela, espuma de sabão.

A água dura tem uma série de inconvenientes:

- é desagradável ao paladar;
- gasta muito sabão para formar espuma;
- dá lugar a depósitos perigosos nas caldeiras e aquecedores;
- deposita sais em equipamentos;
- mancha louças.

Para a remoção de dureza da água, usam-se os processos da cal-solda , dos zeólitos e mais recentemente a osmose inversa. Os zeolitos têm a propriedade de trocar o sódio, que entra na sua composição, pelo cálcio ou magnésio dos sais presentes na água, acabando, assim com a dureza da mesma. Com a continuação do tratamento, os zeólitos esgotam sua capacidade de remoção de dureza.

Quando os zeólitos estiverem saturados, sua recuperação é feita com sal de cozinha (cloreto de sódio). A instalação da remoção de dureza é similar à de um filtro rápido de pressão (filtro rápido encerrado em um recipiente de aço, onde a água entra e sai sob pressão).

A osmose é um fenômeno natural físico-químico. Quando duas soluções, com diferentes concentrações, são colocadas em um mesmo recipiente separado por uma membrana semi-permeável, onde ocorre naturalmente a passagem do solvente da solução mais diluída para a solução mais concentrada, até que se encontre o equilíbrio. Neste ponto a coluna de solução mais concentrada estará acima da coluna da solução mais diluída. A esta diferença entre colunas de solução se denomina Pressão Osmótica. A Osmose Inversa é obtida pela aplicação mecânica de uma pressão superior à Pressão Osmótica do lado da solução mais concentrada.

A tecnologia de osmose inversa já utilizada desde a década de 1960, teve seu mecanismo integrado para a produção de água ultrapura, utilizada na indústria a partir de 1976. Esta primeira geração de membranas demonstrou sua utilidade, reduzindo a necessidade de regeneração dos leitos de troca iônica e de consumo de resina, além de significativas reduções de despesas na operação e manutenção destes leitos. Uma segunda geração de membranas, as membranas de película fina compostas, enroladas em espiral, foram descobertas em 1978, e introduzidas na produção de água ultrapura no início da década de 1980. Estas membranas operam com baixa pressão e conseqüentemente com reduzido consumo de energia.

g) remoção de ferro

A água que passa por camadas ferruginosas, na falta de oxigênio suficiente, dissolve sais de ferro sob forma de sais ferrosos. Quando por exemplo, retirada de um poço, essa água apresenta o inconveniente de manchar roupa e pias, e de corroer as tubulações.
O processo utilizado para a remoção do ferro depende da forma como as impurezas de ferro se apresentam.
Para águas limpas que prescindem de tratamento químico, como as águas de poços, fontes, galerias de infiltração, contendo bicarbonato ferroso dissolvido (na ausência de oxigênio), utiliza-se a simples aeração.
Se o ferro estiver presente junto com a matéria orgânica, as águas, em geral, não dispensarão o tratamento completo com aeração inicial (aeração, coagulação, floculação, decantação e filtração).
h) correção de acidez excessiva
É obtida pelo aumento do pH, com a adição de cal ou carbonatos.
Na prática rural, consegue-se a remoção fazendo-se a água passar por um leito de pedra calcária.

i) remoção de odor e sabor desagradáveis

Depende da natureza das substâncias que os provocam. Como métodos gerais, usam-se:

- . carvão ativado;
- . filtração lenta;
- . tratamento completo.

Em algumas águas subterrâneas, o odor de gás sulfídrico desaparece com a aeração.

j) desinfecção

Desinfectar uma água significa eliminar os microorganismos patogênicos presentes na mesma.
Tecnicamente, aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas, a fim de garantir seu aspecto bacteriológico.
É o caso das águas de vertentes ou nascentes, águas de fontes ou de poços protegidos, que se encontrem enquadradas na classe Especial da Resolução Conama nº 20 de 18.6.1986.
Na prática, a simples desinfecção, sem outro tratamento, é aplicada muito freqüentemente.
A água para o consumo humano proveniente de poço, cacimba, fonte, carro-pipa, riacho, açude, etc., deverá ser clorada no local utilizado para armazenamento (reservatório, tanque, pote, filtro, jarra, etc.) utilizando-se hipoclorito de sódio a 2,5% nas seguintes dosagens:

Volume de Água	Hipoclorito de Sódio a 2,5%		Tempo de Contato
	Dosagem	Medida Prática	
1.000 Litros	100 ml	2 copinhos de café (descartáveis)	30 minutos
200 Litros	15 ml	1 colher de sopa	
20 Litros	2 ml	1 colher de chá	
1 Litro	0,08 ml	2 gotas	

Observação: conforme mostra o quadro, após a cloração deve-se aguardar 30 minutos para consumir.

Adaptada do Manual Integrado de Prevenção e Controle da Cólera, 1994.
Em épocas de surtos epidêmicos a água de abastecimento público deve ter a dosagem de desinfectante aumentada. Em casos de emergências deve-se garantir, por todos os meios, a água de bebida, sendo que a desinfecção, em alguns casos, é mais prática que a fervura.
A desinfecção é também aplicada à água após seu tratamento, para eliminar microorganismos patogênicos porventura presentes.

- métodos químicos de desinfecção

  - Ozona: é um desinfectante poderoso. Não deixa cheiro na água, mas, origina um sabor especial, ainda que não desagradável. Apresenta o inconveniente de uma operação difícil, e, o que é mais importante, não tem ação residual;
  - Iodo: desinfecta bem a água após um tempo de contato de meia hora. É, entretanto,
  muito mais caro para ser empregado em sistemas públicos de abastecimento de água;
  - Prata: é bastante eficiente; sob forma coloidal ou iônica não deixa sabor nem cheiro na água e tem uma ação residual satisfatória. Porém, para águas que contenham certos tipos de substâncias, tais como cloretos, sua eficiência diminui consideravelmente;
  - Cloro: constitui o mais importante entre todos os elementos utilizados na desinfecção da água.

Além desta aplicação, é ele também usado no tratamento de águas para:

- eliminar odores e sabores;
- diminuir a intensidade da cor;
- auxiliar no combate à proliferação de algas;

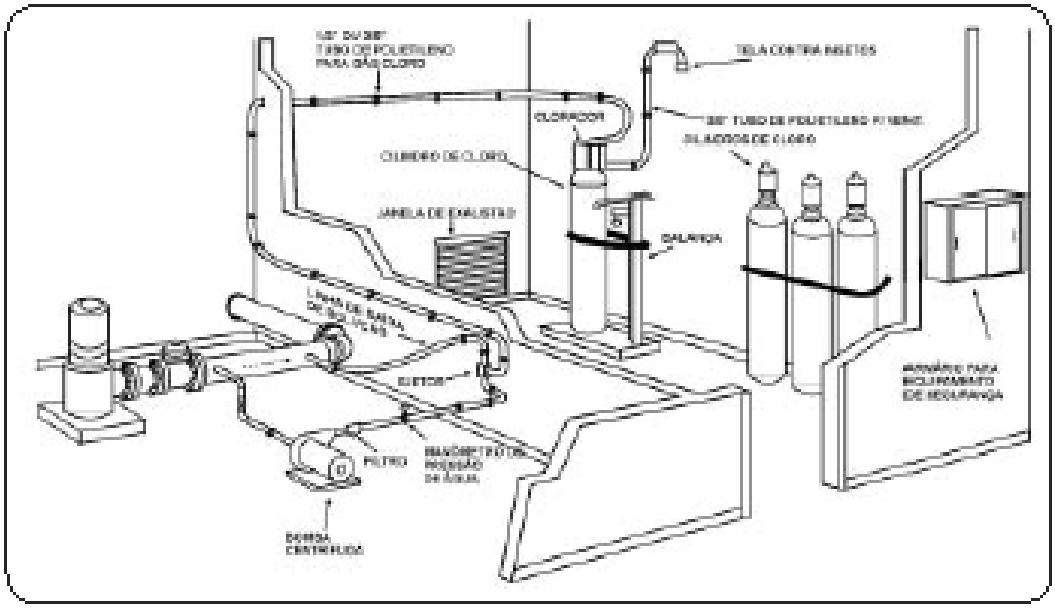
- colaborar na eliminação de matérias orgânicas;
- auxiliar a coagulação de matérias orgânicas.

O cloro é o desinfectante mais empregado e é considerado bom, porque:

- realmente age sobre os microorganismos patogênicos presentes na água;
- não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção;
- é econômico;
- não altera outras qualidades da água, depois de aplicado;
- é de aplicação relativamente fácil;
- deixa um residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de aplicado;
- é tolerado pela grande maioria da população.

O cloro é aplicado na água por meio de dosadores, que são aparelhos que regulam a quantidade do produto a ser ministrado, dando-lhe vazão constante.
Pode ser aplicado sob a forma gasosa. Nesse caso, usam-se dosadores de diversos tipos.
O acondicionamento do cloro gasoso é feito em cilindros de aço, com várias capacidades de armazenamento (figura 48).

Figura 48 . Instalação típica de cloro gasoso



Pode ainda ser aplicado sob a forma líquida, proveniente de diversos produtos que libertam cloro quando dissolvidos na água. Os aparelhos usados nesse caso são os

hipocloradores e as bombas dosadoras.
Os produtos de cloro mais empregados, suas vantagens e desvantagens estão indicadas na tabela 8.

Tabela 8 . Compostos e produtos de cloro para desinfecção de água

Principais Compostos e Produtos de Cloro Usados para Desinfecção de Água						
Nome do Composto	**Fórmula Química**	**% Cloro Disponível**	**Características**	**Embalagem**	**Prazo de Validade**	**Nome Comercial**
Hipoclorito de Sódio	NaOCl	10% - 15%	Solução aquosa, alcalina, de cor amarelada, límpida e de odor característico.	Recipientes opacos de materiais compativeis com o produto. Volumes variados.	1(um) mês. Decompõe-se pela luz e calor, deve ser estocado em locais frios e ao abrigo da luz.	Hipoclorito de Sódio.
Hipoclorito de Cálcio	Ca(OCl)2	Superior a 65%	Coloração branca, pode ser em pó ou granulado.	Recipientes plásticos ou tambores metálicos com revestimento.	6 meses	Hipoclorito de Cálcio
Cloro	Cl2	100%	Gás liquefeito sob pressão de coloração verde amarelado, e de odor irritante.	Cilindros ver-ticais de aço de 68Kg e horizontais de 940Kg.		Cloro Gasoso.
Cal Clorada	CaOCl	35% - 37%	Pó branco.	Embalagens de 1 a 50 quilogramas. Sacos de polipropileno. Manter em local seco e ao abrigo da luz.	Pouco estável. Perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês.	Cloreto de Cal.
Água Sanitária	Solução aquosa à	2% - 2,5% durante o	Solução de coloração	Embalagem de	Verificar no rótulo do	Água sanitária

	base de hipoclorito de sódio ou de cálcio.	prazo de validade.	amarelada.	1 litro, plástico opaco.	produto.	ou Água de lavadeira.

Observação: Todos os produtos citados na tabela acima devem ser manuseados com equipamentos de proteção individual (EPIs).

- fluoretação das águas

Com a descoberta da importância dos sais de flúor na prevenção da cárie dental, quando aplicados aos indivíduos na idade suscetível, isto é, até aos 14 anos de idade, e em ordem decrescente de efetividade à medida que aumenta a idade da criança, generalizou-se a técnica de fluoretação de abastecimento público como meio mais eficaz e econômico de controle da cárie dental.

As aplicações no abastecimento de água fazem-se por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio, o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico.
Os sistemas públicos de abastecimento de água fluoretada deverão obedecer os seguintes requisitos mínimos:

- abastecimento contínuo da água distribuída à população, em caráter regular e sem
- interrupção;
- a água distribuída deve atender aos padrões de potabilidade;
- sistemas de operação e manutenção adequados;
- controle regular da água distribuída.

A concentração de íon fluoreto varia, em função da média das temperaturas máximas diárias, observadas durante um período mínimo de um ano (recomenda-se cinco anos). A concentração ótima situa-se em torno de 1,0mg/l.
Após 10 a 15 anos de aplicação do flúor na água, para cada criança é efetuado um levantamento dos dentes cariados, perdidos e obturados, denominado índice **cpo**, para avaliação da redução de incidência de cáries.
A extinta Fundação Sesp foi a primeira entidade a aplicar a fluoretação de água no Brasil e também foi a pioneira na aplicação da fluorita, sal encontrado no nosso país e de uso fácil onde já existe tratamento de água com sulfato de alumínio.

Foto 3 . Cone de saturação

- estações compactas

São unidades pré-fabricadas, que reúnem todas as etapas necessárias ao processo de limpeza da água. Normalmente são transportadas e montadas na localidade de implantação do sistema. É necessário a construção de uma Casa de Química.

- vantagens da instalação de estações compactas:
  - redução nos prazos de implantação do sistema;
  - possibilidade de deslocamento da Estação para atender a outros sistemas.

- materiais utilizados na fabricação:
  - normalmente são confeccionadas em chapas de aço com proteção e fibra de vidro.

Foto 4 . ETA compacta com casa de química

- dessalinizadores de água

A água salobra ou do mar transforma-se em água potável pela tecnologia de osmose inversa para dessalinização da água.
A osmose é um fenômeno natural físico-químico, é o nível final de processos de filtração disponíveis com a utilização de membranas.
Pequenas localidades do Nordeste têm resolvido seus problemas de abastecimento de água com os dessalinizadores.

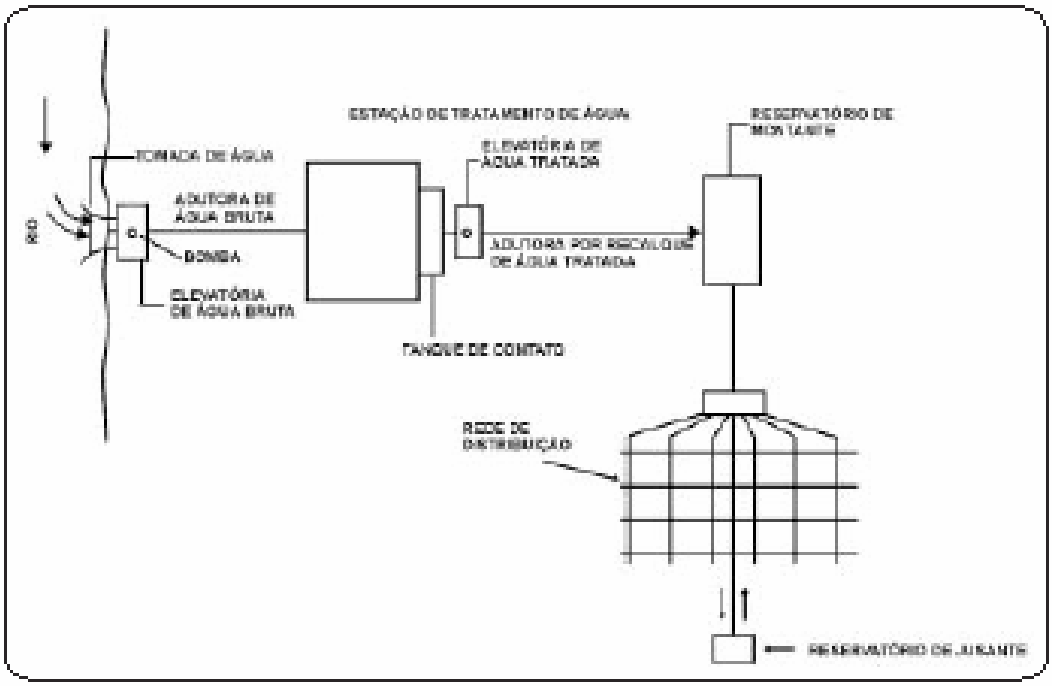
10.1.5. Reservação

- a reservação é empregada com os seguintes propósitos:
  - atender às variações de consumo ao longo do dia;
  - promover a continuidade do abastecimento no caso de paralisação da produção de água;
  - manter pressões adequadas na rede de distribuição;
  - garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio.

- de acordo com sua localização e forma construtiva os reservatórios podem ser:
  - reservatório de montante: situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;

- reservatório de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição;
- elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em conseqüência de condições topográficas;
- apoiados, enterrados e semi-enterrados : aqueles cujos fundo estão em contato com o terreno.

Figura 49 . Reservatório de montante e jusante



- materiais utilizados na construção de reservatórios:
  - concreto armado;
  - aço;
  - fibra de vidro;
  - alvenaria;
  - argamassa armada.

Os reservatórios são sempre um ponto fraco no sistema de distribuição de água. Para evitar sua contaminação, é necessário que sejam protegidos com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, ladrão e indicador de nível.

Foto 5 . Reservatório em concreto armado apoiado

Sua limpeza e desinfecção deve ser realizada rotineiramente.
Quanto à capacidade de reservação, recomenda-se que o volume armazenado seja igual ou maior que 1/3 do volume de água consumido referente ao dia de maior consumo.

10.1.6. Rede de distribuição de água

É o conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais, destinados a distribuir a água de forma contínua, a todos os usuários do sistema.
Quanto ao tipo as redes são classificadas em:
. rede ramificada
Consiste em uma tubulação principal, da qual partem tubulações secundárias. Tem o inconveniente de ser alimentada por um só ponto.

Figura 50 . Rede ramificada

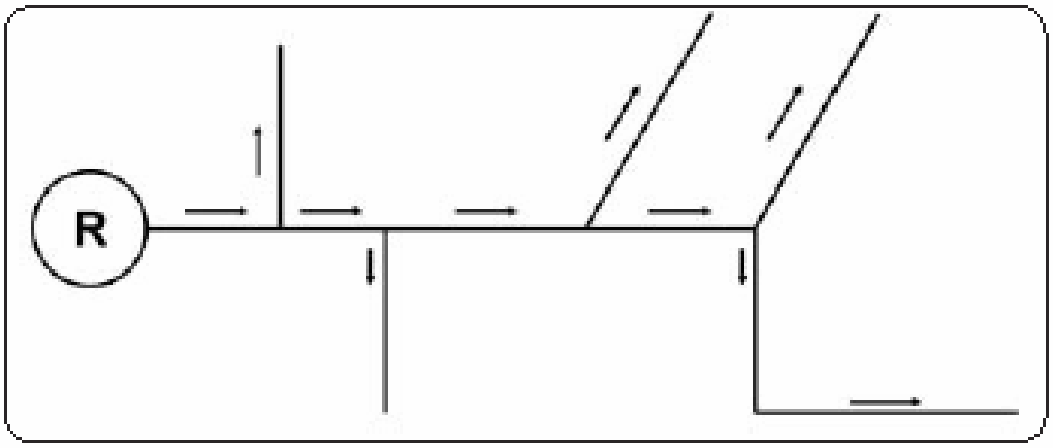
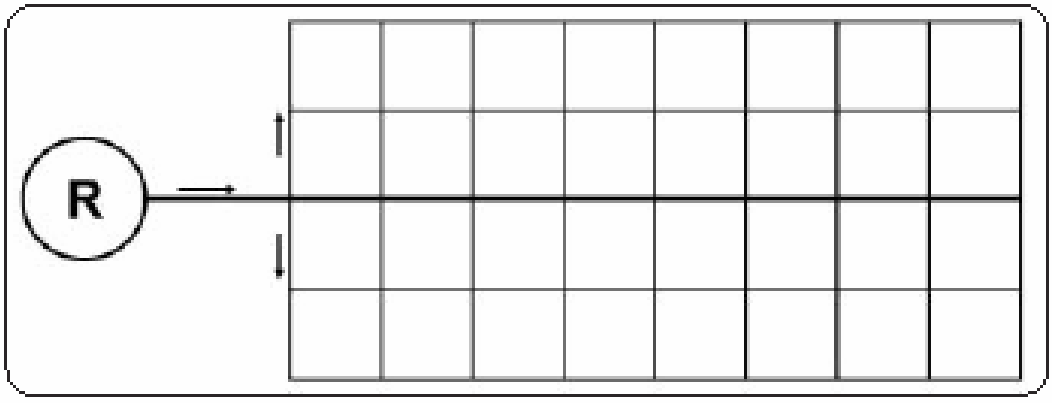


Figura 51 . Rede malhada sem anel



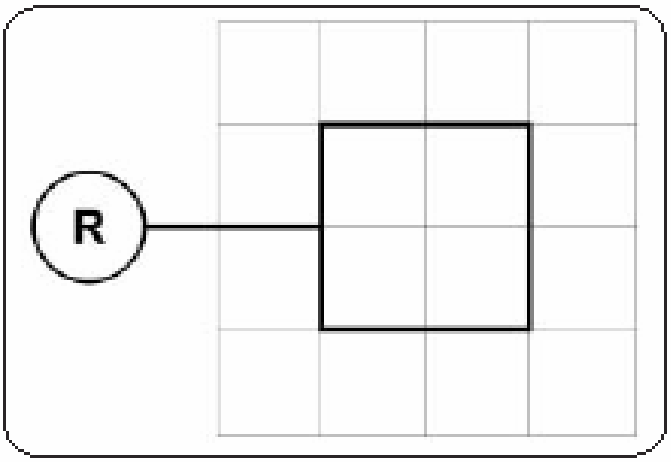
- rede malhada sem anel

Da tubulação principal partem tubulações secundárias que se intercomunicam, evitando extremidades mortas.

- rede malhada com anel

Consiste de tubulações mais grossas chamadas anéis, que circundam determinada área a ser abastecida e alimentam tubulações secundárias. As redes em anéis permitem a alimentação de um mesmo ponto por diversas vias, reduzindo as perdas de carga.

Figura 52 . Rede malhada com anel



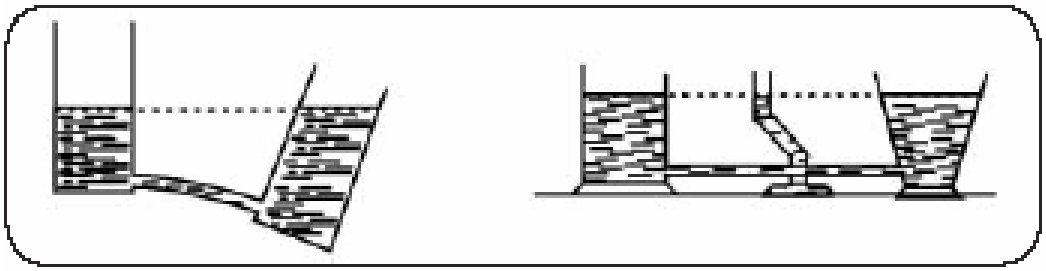
O tipo de rede a ser implantada depende basicamente das características físicas e topográficas, do traçado do arruamento e da forma de ocupação da cidade em estudo.

- funcionamento das redes de abastecimento de água

As redes de distribuição funcionam como condutos forçados, ou seja, conduzem água sob pressão, obedecendo o princípio dos vasos comunicantes - princípio de Bernouille

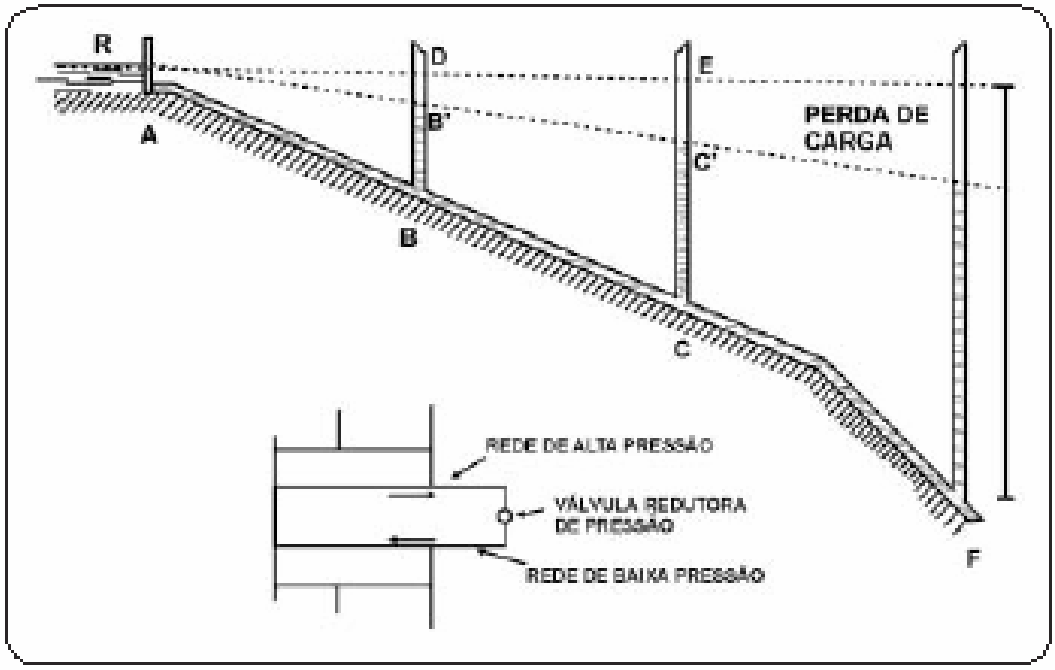
> - Em um conjunto de vasos que se intercomunicam, quando a água estiver em repouso, atingirá o mesmo nível em todos os tubos.

Figura 53 . Vasos comunicantes



No entanto, estando a água em regime de escoamento ocorrem perdas de carga nas tubulações e conexões, deixando de atingir o mesmo nível em todos os pontos.

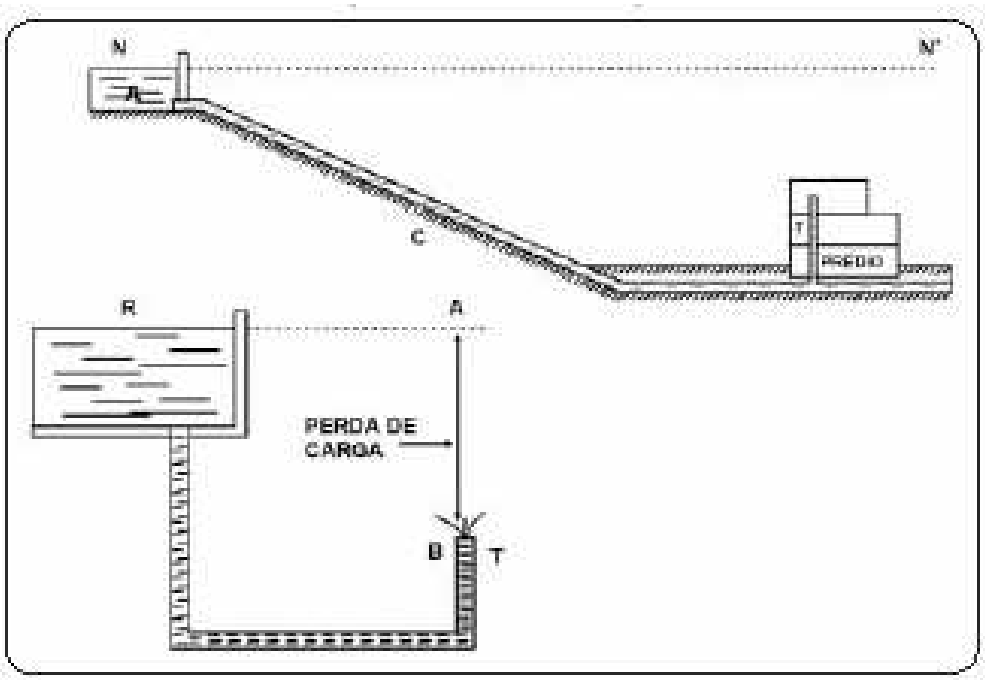
Figura 54 . Vasos comunicantes líquido em regime de escoamento



- variação de perda de carga

Para duas tubulações do mesmo material e do mesmo diâmetro, dentro das quais passe a mesma vazão de água, a perda de carga é maior no tubo de maior comprimento.
A perda de carga é proporcional ao comprimento da tubulação. A perda de carga para um determinado diâmetro de uma tubulação, é obtida multiplicando-se a perda de carga equivalente a um metro desta tubulação pelo seu comprimento total.
Para duas tubulações do mesmo material, do mesmo comprimento e de mesmo diâmetro, a perda de carga é maior no tubo em que ocorre maior vazão.
Para duas tubulações, feitas do mesmo material, com o mesmo comprimento, dentro das quais passe a mesma vazão, a perda de carga é maior no tubo de menor diâmetro.
Diversos autores calcularam e organizaram tabelas para as perdas de carga em diversas situações de vazão, diâmetro de tubulações e material.
As perdas de carga são dadas em metros por 1.000 metros, em metros por metro, etc.
Multiplicando-se a perda de carga unitária pelo comprimento do tubo, tem-se a perda ao longo de toda a tubulação.

Figura 54 . Perda de carga



- dimensionamento de uma rede de distribuição

  - Redes ramificadas (vazão por metro linear de rede):

1) Cálculo da vazão máxima de consumo:

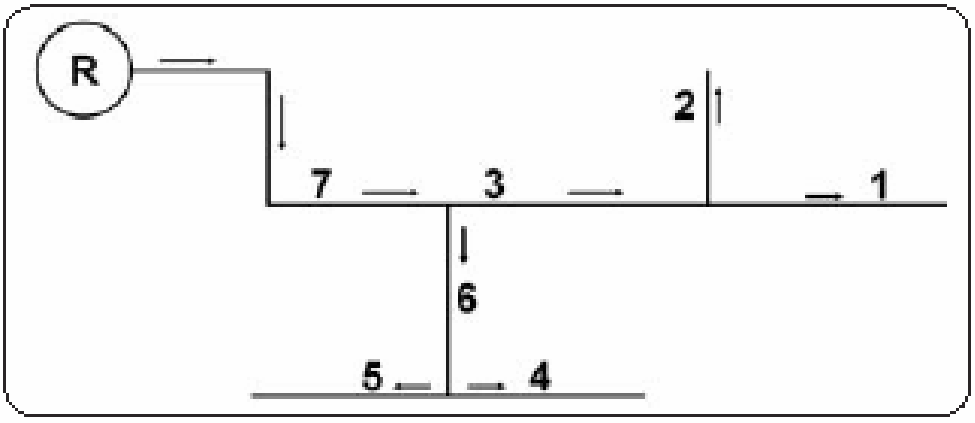
$$Q = \frac{P \times C \times k1 \times k2}{86.400}$$

Q = vazão máxima (l/s);
P = população a ser abastecida;
C = consumo *per-capita* (l/hab.dia);
K1 = coeficiente do dia de maior consumo;
K2 = coeficiente da hora de maior consumo.
. cálculo da vazão por metro linear de rede

$$q = \frac{Q}{L}$$

q = vazão por metro linear de rede (l/s x m);
L = comprimento total da rede (m);
Q = vazão máxima (l/s).

Figura 55 . Rede ramificada - trechos

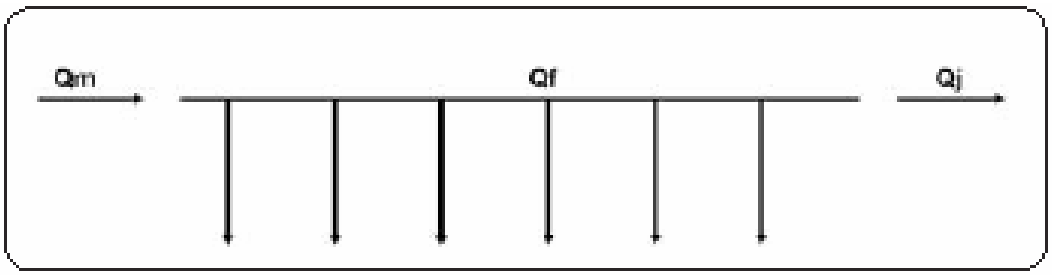


- cálculo das vazões por trechos da rede de distribuição:

Q1 = q x L1;
Q2 = q x L2;
Q3 = (q x L3)+ Q1 + Q2;
Q4 = q x L4;
Q5 = qx L5;
Q6 = (q x L6)+ Q4 + Q5;
Q7 = (q x L7) + Q3 + Q6;

Onde,
Qi = vazão em cada trecho (l/s);
q = vazão por metro linear de rede (l/s x m);
L = comprimento do trecho (m).
. cálculo da vazão de dimensionamento dos trechos - Vazão Fictícia

Figura 56 . Vazões dos trechos



Qm = Qj + (q x L)
Qm + Qj
Qf + Qj
Qf = 2

Onde:
Qf = vazão fictícia;
Qm = vazão de montante do trecho;
Qj = vazão de jusante ao trecho.

Obtidas as vazões fictícias em cada trecho, os diâmetros poderão ser determinados por exemplo, pela tabela abaixo, com base na vazão de dimensionamento obtida para o respectivo trecho.

Tabela 9 . Dimensionamento da Tubulação

D (mm)	V. max. (m/s)	Q. max (l/s)
20	0,40	0,11
25	0,45	0,22
40	0,55	0,62
50	**0,60**	**1,20**
60	**0,70**	**2,00**
75	**0,70**	**3,10**
100	**0,75**	**5,90**
125	**0,80**	**9,80**
150	**0,80**	**14,10**
175	**0,90**	**21,70**
200	**0,90**	**28,30**

Onde:
D = diâmetro interno da tubulação;
V = velocidade;
Q = vazão.

- cálculo da perda de carga

Determinada a vazão fictícia, obtido o diâmetro da tubulação em cada trecho e definido o material da tubulação, a perda de carga no trecho poderá ser determinada pelas tabelas de perda de carga em canalizações, usando-se a fórmula Universal da perda de carga ou Hazen Willians.

- construção das Redes

As redes devem ser executadas com cuidado, em valas convenientemente preparadas. Na rua, a rede de água deve ficar sempre em nível superior à rede de esgoto, e, quanto à localização é comum localizar a rede de água em um terço da rua e a rede de esgoto em outro.
O procedimento depende ainda de estudo econômico. Há situações nas quais o mais aconselhável é o lançamento da rede por baixo de ambas as calçadas.
O recobrimento das tubulações assentadas nas valas deve ser em camadas sucessivas de terra, de forma a absorver o impacto de cargas móveis.
A rede de distribuição deve ser projetada de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto.
No projeto da rede de distribuição deve ser previsto a instalação de registros de manobra, registros de descarga, ventosas, hidrantes e válvulas redutoras de pressão.

- materiais das tubulações e conexões
  - PVC linha soldável;
  - PVC linha PBA e Vinilfer (DEFOFO);
  - Ferro Fundido Dúctil revestido internamente com argamassa de cimento e areia;
  - Aço;
  - Polietileno de Alta Densidade (PEAD);
  - Fibra de vidro.

Foto 6 . Rede de distribuição em PVC PBA

10.1.7. Estações elevatórias

São instalações destinadas a transportar e elevar a água. Podem apresentar em sua forma, dependendo de seu objetivo e importância, variações as mais diversas.

- principais usos:
  - captar a água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos;
  - aumentar a pressão nas redes, levando a água a pontos mais distantes ou mais elevados;
  - aumentar a vazão de adução.

Foto 7 . Estação elevatória de água tratada

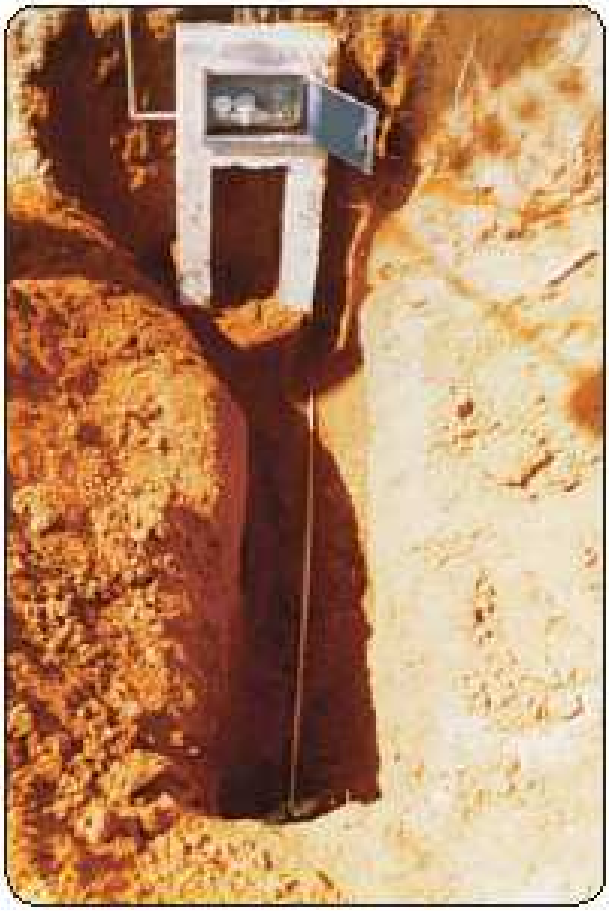
10.1.8. Ligações domiciliares

A ligação das redes públicas de distribuição com a instalação domiciliar de água é feita através de um ramal predial com as seguintes características:

- colar de tomada ou peça de derivação: faz a conexão da rede de distribuição com o ramal domiciliar;
- ramal predial: tubulação compreendida entre o colar de tomada e o cavalete. Exceto casos especiais o ramal tem diâmetro de 20mm (figura 61);
- cavalete: conjunto de tubos, conexões e registro do ramal predial para a instalação do hidrômetro ou limitador de consumo, que devem ficar acima do piso (foto 8).

Figura 57 . Ramal predial

Foto 8 . Instalação de ramal predial em PVC com micromedidor (hidrômetro)



10.2. Instalações domiciliares

É objetivo primordial da saúde pública que a população tenha água em quantidade e qualidade em seu domicílio. Quanto mais próxima da casa estiver a água, menor será a probabilidade de incidência de doenças de transmissão hídrica.

Nem todos têm possibilidade financeira de ter, de início, água encanada em seu domicílio, começando por instalar uma torneira no quintal, que é um grande passo e, progressivamente, leva a água para dentro de casa.

A instituição de hábitos higiênicos é indispensável. É necessário orientar a população que nunca teve acesso a água encanada dentro do domicílio, para sua utilização de forma adequada.

Em áreas onde a esquistossomose é endêmica, deve-se ter cuidado especial com a água de banho e, sempre que esta não for tratada, será necessário fervê-la antes de seu uso, como medida eficiente para evitar a doença.

A lavagem apropriada dos utensílios de cozinha para evitar contaminação de alimentos é mais um passo a favor da saúde.

Estes hábitos serão facilitados pela instalação, no domicílio, de melhorias sanitárias convenientes.
Os inspetores, auxiliares e agentes de saneamento estão aptos a orientar a população sobre a construção e manutenção das melhorias sanitárias.

10.3. Reservatórios domiciliares para água

Os reservatórios domiciliares são pontos fracos do sistema, onde a água está mais sujeita à contaminação. Só se deveria admitir as caixas d.água nos domicílios, em sistemas de abastecimento intermitentes. O reservatório deve ter capacidade para abastecer o domicílio,
pelo menos pelo período de um dia, e ser devidamente tampado (figura 58).
Para saber que tamanho o reservatório deve ter é preciso saber:

- *Per capita*;
- número de pessoas a serem atendidas.

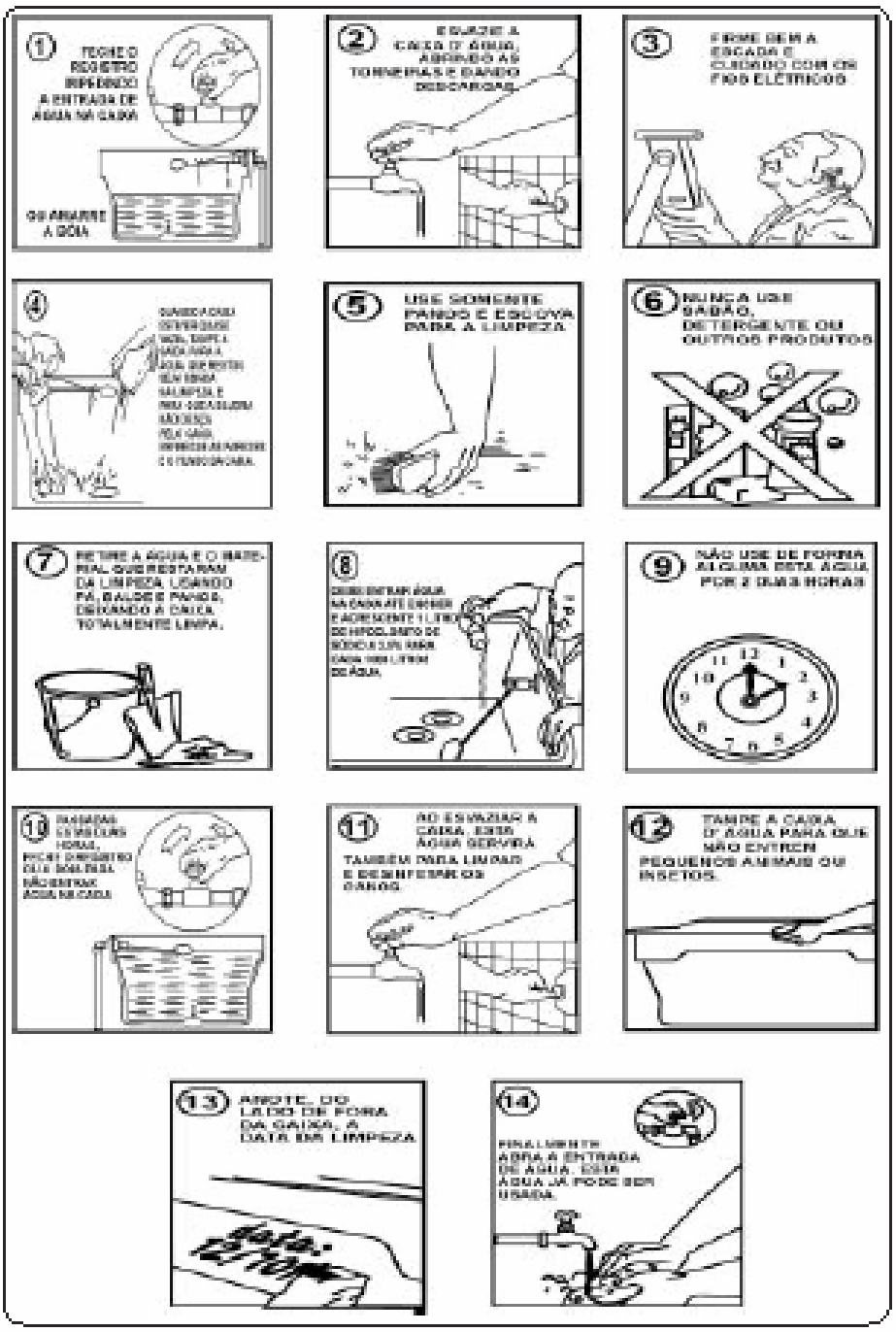
Por exemplo:
per capita = 150 l/hab.dia;
número de pessoas = 5.

- Capacidade do reservatório:

Por exemplo:
abastecimento contínuo (água abastece dia e noite) = 5 x 150 = 750 litros;

abastecimento descontínuo (água abastece algumas horas do dia) = 5 x 150 x 2 = 1.500 litros.

Figura 58 . Instruções para limpeza e desinfecção da caixa d.água



10.4. Ligações cruzadas

Chamam-se ligações cruzadas as possíveis intercomunicações do sistema de água potável com o de esgotos, possibilitando a contaminação do primeiro. As ligações cruzadas podem ser a causa de inúmeras epidemias.
Esta intercomunicação pode ocorrer:

- pela existência de vazamentos nas redes de água e de esgotos;
- pela simples intercomunicação da rede de água com a rede de esgotos, como conseqüência de erros de construção;
- por caixas-d.água subterrâneas mal protegidas, em nível inferior às caixas coletoras de esgotos dos prédios;
- por aparelhos sanitários domiciliares, como os bidês;
- por torneiras de pias e lavatórios mal localizados, com bocais de saída da água dentro das pias, de modo que uma vez a pia ou o lavatório cheio com água servida pode haver o retorno para a rede de água, em conseqüência da sifonagem, desde que na rede haja subpressão. Os bocais das torneiras devem ficar pelo menos a 5cm acima do nível máximo da água;
- em certos centros urbanos com sistema de abastecimento precário, os prédios
- recorrem aos injetores. Os injetores, pela sucção que provocam diretamente na rede, podem, em certos casos, levar a uma ligação cruzada;
- em certas indústrias ou mesmo em prédios residenciais que possuem abastecimento
- de água não tratada e são ligados também a sistemas públicos, pode, por defeito de construção, ocorrer interconexões.

Existem desconectores para caixa e válvulas de descarga. Em princípio, todo aparelho de uso de água, no qual se possa dar a interconexão, deve ter um desconector entre a parte do fluxo de água da rede e o terminal de uso.

10.5. Chafarizes, banheiros e lavanderias públicas

As redes, normalmente, não cobrem toda a cidade, cujo ritmo de crescimento as melhorias não conseguem acompanhar.
A água é, antes de medida de saúde pública, uma necessidade primordial. Assim, a população passa a servir-se da primeira água que encontra, com risco de saúde.
É interessante notar que a população que fica fora dos limites abrangidos pelo abastecimento de água é geralmente a mais pobre, portanto, a mais necessitada de ter resolvido o problema de seu abastecimento de água.

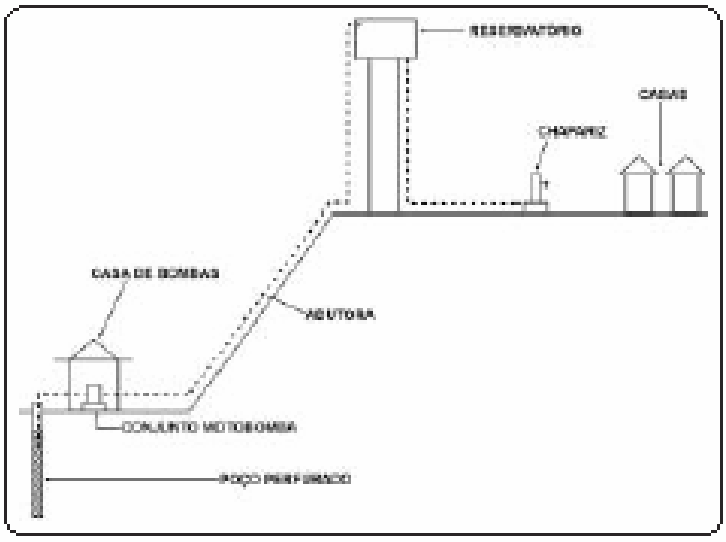
O ideal é ter água encanada em casa. Na impossibilidade temporária de obtê-la, é preciso que a população tenha, pelo menos, onde se abastecer de água satisfatória e suficiente, levando em conta as condições peculiares locais.

Para resolver esse problema, constroem-se torneiras, banheiros e lavanderias públicas, localizadas em pontos estratégicos, de acordo com a necessidade da população e a capacidade do sistema.
Torneiras, lavanderias e banheiros públicos requerem trabalho permanente de educação e esclarecimento para seu uso conveniente e sua manutenção. Torneiras quebradas, falta de asseio e lamaçais são algumas das conseqüências dessa falta de orientação das populações.

10.6. Poços chafarizes

Em área periférica de uma cidade, onde a rede não fica próxima, o problema tem que ser resolvido com a perfuração de poço raso ou profundo.
Os poços chafarizes requerem a co-participação da comunidade para sua implantação e posterior manutenção e operação.
Os poços chafarizes vêm sendo usados em muitas áreas periféricas, com bons resultados. Constam, essencialmente, de poço escavado ou tubular profundo, protegido, dispondo de bomba manual ou elétrica, adutora, reservatório e um chafariz (figura 63).
O esquema de manutenção e operação varia; em algumas localidades, a própria comissão do bairro encarrega-se delas; em outras, as prefeituras cuidam da operação, sendo sempre indispensáveis a supervisão e a assistência da autoridade sanitária competente.
Atenção especial deve ser dada à manutenção preventiva dos equipamentos e instalações.

Figura 59 . Conjunto poço, elevatória, adutora, reservatório e chafariz



10.7. Meios elevatórios de água

Quando se deseja retirar a água de um poço, de uma cisterna ou elevar a água de um ponto para outro mais alto, recorre-se a um meio elevatório.
Os meios elevatórios usados são os mais diversos, dos quais citaremos alguns.

10.7.1. Balde com corda

É o mais simples de todos. É impróprio, porque incorre no risco de contaminar a água do poço ou cisterna pela utilização de baldes contaminados ou sujos. A introdução e a retirada do balde no poço obrigam a freqüente abertura da tampa, com os conseqüentes efeitos danosos.

10.7.2. Sarilho

Com o auxílio do sarilho pode-se descer a maiores profundidades.

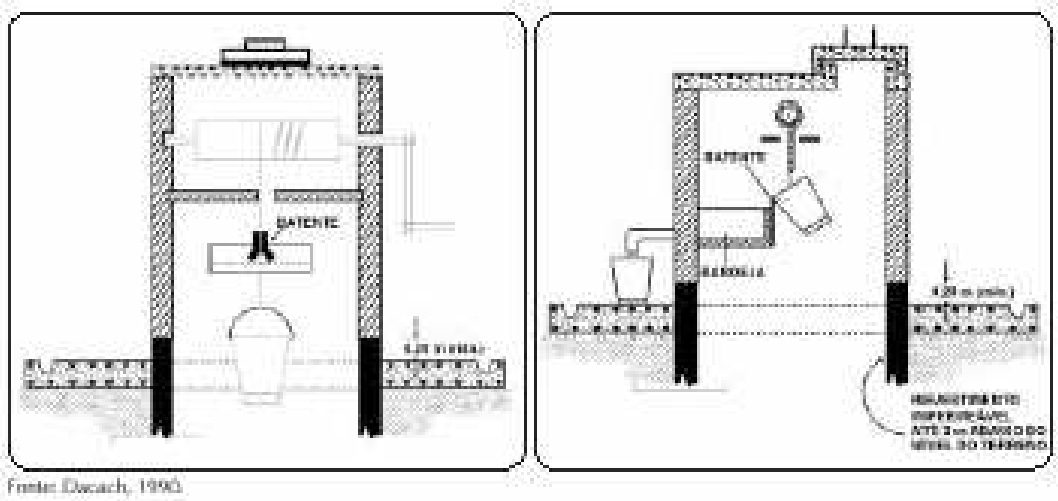
10.7.3. Sarilho simples

O sarilho simples onde se enrola uma corda que tem amarrada na extremidade um balde, oferece os mesmos riscos do sistema comum de balde com corda.

10.7.4. Sarilho protegido

O sistema sarilho-corda-balde pode ser melhorado e vir a constituir um meio elevatório sanitariamente satisfatório. Para isso, é necessário armar, acima do poço, uma casinha que proteja completamente a boca do mesmo. O Sarilho é encerrado nessa casinha e apoiado nas duas paredes, ficando de fora somente a manivela. A água é captada no poço por um balde, que é elevado por meio de uma corda enrolada no sarilho. Quando o balde chega acima do poço esbarra num dispositivo que, com a continuidade do esforço feito sobre a manivela, inclina o balde e o obriga a derramar a água numa calha. Esta leva a água para fora da casinha, onde pode ser armazenada em um recipiente (figura 60 e 61).
Tomando no conjunto, um sistema desses pode ser mais caro do que uma bomba; contudo, em regiões de poucos recursos financeiros, mas de recursos suficientes - madeira, tijolos, etc. O sistema será viável.

Figuras 60 e 61 . Sarilho com proteção sanitária



Fonte: Ducach, 1980.

10.7.5. Bombas hidráulicas

Podem ser grupadas em:

a) Bombas de deslocamento, que são as de êmbolo e as de engrenagem;
b) Bombas a velocidade, que são as centrífugas, sem e com ejetores;
c) Bombas a compressor ou *air-lift*.

Escolha da Bomba

Veja a tabela 10 (Comparação dos diversos tipos de bombas usadas em pequenos abastecimentos de água).

Basicamente a escolha do tipo de bomba depende de:

- profundidade da água no poço;
- altura de recalque;
- locação (situação, distância) da bomba com relação ao poço e ao reservatório;
- facilidades de reparo e obtenção de peças;
- possibilidades locais de manutenção e operação;
- qualidade da água - limpa ou suja;
- durabilidade;
- custo da bomba e custo de operação e manutenção;
- energia disponível e seu custo (manual, catavento, motor a gasolina, a óleo diesel, motor elétrico);
- eficiência da bomba.
- bombas de deslocamento

  - bomba aspirante ou de sucção: a mais simples das bombas de êmbolo é a bomba aspirante ou de simples sucção. O êmbolo movimenta-se dentro de um cilindro onde vem ter a água através do tubo de sucção. O cilindro tem uma válvula na base que, fechando sobre o tubo de sucção, controla a entrada da água. A válvula de base só abre para dentro do cilindro. Existe mais de uma válvula no próprio êmbolo. Ligado ao cilindro, em sua base, está o tubo de sucção e, na parte superior, uma torneira por onde sai a água bombeada.
  O êmbolo é movido por uma alavanca (braço) ou por um volante, que é articulado na haste presa ao êmbolo.

  - Funcionamento: o êmbolo move-se dentro do cilindro por um movimento de vaivém. A sucção da água do poço, através do tubo de sucção, é devida ao vácuo provocado no cilindro pelo êmbolo em seu movimento de subida e a expulsão da água pela torneira é conseqüente à compressão provocada pela descida do êmbolo.
    - Na primeira etapa: o êmbolo encosta na base do cilindro;
    - Na segunda etapa: levanta-se o êmbolo, pressionando-se o braço para baixo ou girando o volante conforme o caso. Ao levantar o êmbolo, cria-se entre ele e a base do cilindro um vácuo e, por ação da pressão atmosférica, abre-se a válvula da base para o interior do cilindro;
    - Na terceira etapa: movendo-se o êmbolo para baixo, força-se o fechamento da válvula da base de abertura da válvula do próprio êmbolo;
    - Na quarta etapa: movendo-se o êmbolo para cima, a água contida na parte superior do êmbolo força o fechamento de sua válvula e a saída da água pela torneira. Ao mesmo tempo, abre-se a válvula da base e repetem-se as etapas.

- Bomba aspirante premente ou de sucção e recalque: é uma bomba que suga e recalca ao mesmo tempo. É, em linhas gerais, a mesma bomba de sucção, com a diferença de que próximo à base do cilindro sai uma tubulação de recalque.
Esta tem uma válvula que abre unicamente para o interior da tubulação e é impedida de abrir para dentro do cilindro, por um reparo.

- . funcionamento:
  - Primeira etapa: levantando o êmbolo que está situado em baixo, junto à base, forma-se abaixo dele, no cilindro, um vácuo que faz com que a válvula da base se abra e com a continuação a água penetre no cilindro;
  - Segunda etapa: descendo o êmbolo, a água força o fechamento da válvula de recalque, provocando a entrada da água na tubulação de recalque;
  - Terceira etapa: levantando de novo o êmbolo, abre-se a válvula da base e a água da tubulação de sucção penetra no cilindro. Por outro lado, pela pressão da água no tubo de recalque, fecha-se a válvula de recalque;
  - Quarta etapa: repete-se a segunda.

  A sucção da água pela bomba de êmbolo é obtida em conseqüência do vácuo provocado no cilindro pelo levantamento do êmbolo. Isto porque, tendo sido feito o vácuo no cilindro e existindo sempre, pelo menos, a pressão atmosférica sobre o lençol de água, esta força a entrada da água no tubo de sucção, indo deste para o cilindro, até que se restabeleça o equilíbrio.

  Vácuo absoluto significa ausência de pressão, isto é, zero atmosfera e a pressão atmosférica é de 10,333m ao nível do mar. Conclui-se, daí que a sucção máxima teórica possível ao nível do mar é de 10,333m.
  Com o aumento da altitude, diminui o limite teórico à razão de 1,0m para cada 1.000m de altitude. Na realidade, nunca se pode contar com a sucção teórica, já que há perdas em virtude de:
  - vácuo no cilindro, que nunca é perfeito;
  - perdas na entrada da água pela válvula de pé;
  - perdas em conseqüência de atritos da água na tubulação;
  - perdas nas conexões.

O limite prático de sucção é de 7,5m a 8,0m ao nível do mar.

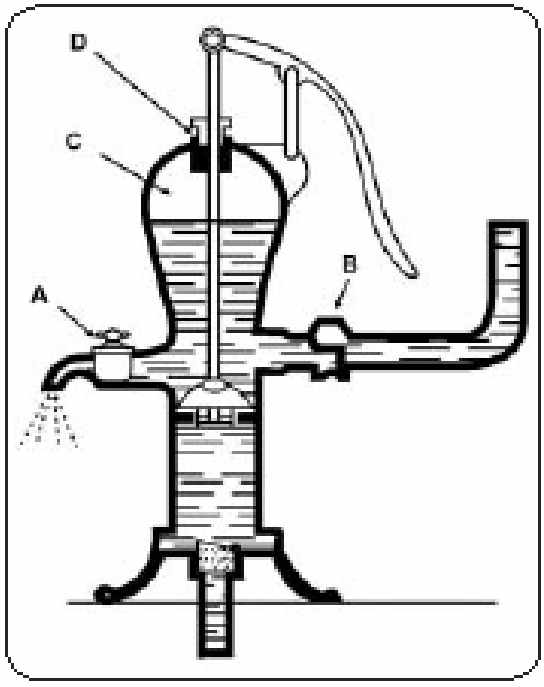
- cilindro intermediário: para tirar a água do poço no qual ela se encontre a profundidade maior que o limite prático de sucção, intercala-se na tubulação de sucção um cilindro intermediário, caso, evidentemente, se tenha escolhido uma bomba de sucção e recalque. O princípio de funcionamento do cilindro intermediário é o mesmo da bomba aspirante premente. O cilindro intermediário

pode ser aberto ou fechado. Para reparar um cilindro fechado, tem-se que retirar todo o cilindro do poço. Para reparar-se um cilindro aberto, retira-se apenas o êmbolo.

- bombas de sucção e recalque com êmbolo de duplo efeito: existem bombas que sugam e recalcam a água nos dois cursos (podem ser horizontais) ascendentes ou descendentes do êmbolo, devido ao formato deste e também à disposição especial das válvulas. São chamadas de duplo efeito. Apresentam maior eficiência e regularidade na vazão (figura 66).

- força motriz: a força motriz empregada para acionar uma bomba de êmbolo pode ser manual, a catavento, a motor de explosão ou elétrico. No caso de bomba manual, o esforço é aplicado através de uma alavanca ou braço, ou através de um volante.

Figura 62 . Bomba manual de sucção e recalque - bomba de êmbolo



A = Torneira;
B = Válvula de retenção;
C = Câmara de ar;
D = Bucha.

Quando a força motriz é fornecida por um catavento, o braço da bomba é substituído por uma haste.

Nas bombas movidas por motores de explosão ou elétricos, o esforço é aplicado, obrigatoriamente, sobre um volante.

- cata-vento: o emprego do catavento é bastante difundido sendo, no entanto, de preço elevado o de fabricação industrial. Em alguns estados do Nordeste, encontram-se cataventos improvisados manufaturados, que dão bom rendimento e tem boa durabilidade (figura 63).
  Alguns cuidados devem ser observados. O catavento só é aplicável onde realmente haja vento suficientemente forte e durante todos os dias do ano (sem que seja necessário o vento soprar todo o dia); isto porque temos necessidade de água durante todo o ano.

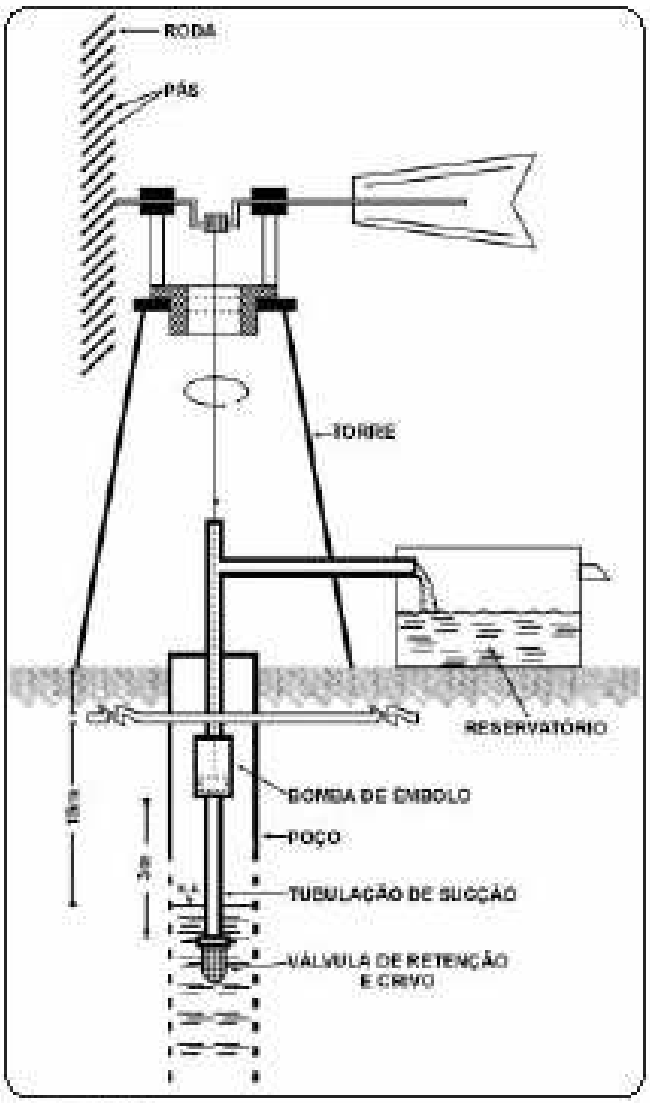
A seguir, transcrevemos resultados obtidos em experimento realizado pela Fazenda Energética de Uberaba/MG, publicado no Boletim nº 1 - .Bombeamento d.água: Uso de cata-vento.

Quadro 4 . Tipo de bombeamento d.água por uso de cata-vento - experimento

Equipamento	
a) Dados do Fabricante: • Cata-vento completo com bomba hidráulica • Marca - Kenya • Freio: manual e automático (para ventos com velocidade superior a 30 km/hora) • Torre de sustentação : 9 metros • Desnível : até 40 metros (sucção + recalque) • Velocidade mínima do vento para acionamento: 5 km/hora • Vazão aproximada: 2.000 litros/hora	**b) Condições de instalação na Faz. Energética:** • Local : retiro • Desnível : 18 metros (sucção +recalque) • Finalidade: abastecimento de água para bovinos. A água é elevada até um reservatório construído ao lado do poço cisterna. A distribuição para os bebedouros localizados nas pastagens é feita por gravidade, e o controle do nível d.água em cada bebedouro é feito por bóias. • Altitude : 790 metros • Latitude : 19º : 43' • Longitude : 47º : 55'

Resultados obtidos – março/88 a fevereiro/89			
Mês	Bombeamento médio	Velocidade do vento (km/hora)	
	Litros/Dia	Média no mês	Máxima no mês
Janeiro	8.360	13,4	32,3
Fevereiro	6.580	11,0	30,9
Março	8.850	12,3	23,7
Abril	7.800	11,7	36,8
Maio	6.690	11,0	35,0
Junho	11.960	14,4	34,7
Julho	15.200	15,1	36,1
Agosto	15.180	16,8	37,8
Setembro	16.460	16,4	40,9
Outubro	11.940	15,1	40,5
Novembro	8.960	13,4	32,9
Dezembro	7.970	11,7	29,5

Figura 63 . Esquema de cata-vento



Fonte: Dacach, 1994

- cuidados na instalação e na manutenção de bombas a êmbolo:
  - a bomba deve ser provida de uma tubulação de sucção e recalque, quando for o caso. Os tubos de sucção e recalque devem ser de diâmetros pouco maiores ou iguais aos de entrada e saída da bomba;
  - a tubulação de sucção deve ter diâmetro um ponto acima do da tubulação de recalque;
  - deve-se ter uma válvula de pé, que retenha água na tubulação de sucção;

- no caso em que as tubulações de sucção e recalque sejam maiores que a entrada e saída da bomba, elas são conectadas à mesma por reduções cônicas;
- deve-se evitar ao máximo as conexões, tais como: curvas, tees, etc, usando só as indispensáveis;
- na saída para o recalque, devem ser instalados um registro (de gaveta, de preferência) e uma válvula de retenção para proteção de bomba e ajuda nos casos de sua retirada de uso. A fim de possibilitar, quando necessário, a retirada da bomba, do registro ou da válvula de retenção para reparos, são inseridas luvas de união, nas tubulações e próximas à bomba ou às conexões, quando se empregam tubos de ferro galvanizado ou de plástico, e peças com flanges, nos casos de ferro fundido ou de aço;
- deve-se ter o cuidado de escorvar a bomba com água limpa antes de colocá-la para funcionar;
- substituir as válvulas sempre que estiverem gastas, para evitar maiores estragos nas bombas;
- selecionar cuidadosamente no catálogo a bomba que mais se aproxima das suas necessidades quanto à vazão, à elevação, à qualidade da água, e ao tipo de instalações e condições de trabalho.

- cuidados na instalação de bombas de êmbolo em poço raso:
  - verificar se o nível dinâmico do poço em época de estiagem é igual ou inferior à sucção prática para a altitude do lugar onde vai ser instalada a bomba.
  Máximo prático ao nível do mar: de 7,60m a 8,00m;
  - sempre que se tenha mais de 8,00m deve-se usar o cilindro intermediário;
  - a bomba deve estar bem fixa em suporte apropriado ou na tampa do poço.
  As oscilações prejudicam a bomba;
  - a gaxeta ou guarnição da sobreporca deve ser apertada o suficiente, a fim de evitar-se a saída de água ou a entrada de ar. O aperto da porca de bronze do pistão deve ser feito com cuidado, para que a haste não se empene ou cause danos durante o curso;
  - antes de pôr a bomba em funcionamento pela primeira vez ou depois de a mesma ter passado muito tempo fora de uso, deve-se molhar as guarnições de couro dos êmbolos e das válvulas;
  - as juntas devem ser bem vedadas e cobertas com zarcão, para que se evite vazamentos que não devem existir em parte alguma da tubulação;
  - para reduzir a oscilação da bomba e da tubulação, coloca-se dentro do poço e acima do nível da água, uma travessa de madeira, onde é afixada a tubulação de sucção. O movimento do tubo de sucção danifica as juntas e permite a entrada de ar, diminuindo a escorva da bomba e a sucção da água.;

- a válvula de pé deve estar no máximo a 30cm do fundo do poço e com recobrimento mínimo de 30cm de água;
- as flanges e as juntas devem ser bem apertadas;
- movimento da haste deve ser uniforme.

- . instalação de bombas de êmbolos em poços profundos:

Aplicam-se todas as observações feitas em relação a poços rasos.
O emprego da bomba de êmbolo com cilindro intermediário para poços profundos só se ustifica quando o nível da água no poço, com relação á superfície do solo, for superior ao limite prático de sucção para a altitude do lugar onde está localizado o poço.
O corpo da bomba tem que ser, forçosamente, fixado sobre a tampa do poço.
O cilindro intermediário deve ser colocado logo acima do nível da água no poço, a fim de diminuir a sucção e facilitar a inspeção.
A vareta deve ser colocada dentro do tubo de sucção, desde a bomba até o cilindro intermediário.. bombas de engrenagem: o segundo grupo de bomba de deslocamento é o das bombas de engrenagem, no qual podemos, também, incluir as bombas helicoidais.
A bomba de engrenagem consiste em um sistema de duas engrenagens encerradas em uma carcaça. As duas engrenagens giram em sentido contrário uma da outra. As engrenagens girando para frente criam, atrás de si, um vácuo que faz sugar a água da tubulação de sucção para dentro da carcaça, lançando-a para a frente, para o recalque.
A bomba helicoidal é composta por um parafuso sem fim, encerrado em uma carcaça.
Quando em movimento giratório, cada passo do parafuso deixa, atrás de si, um vácuo que provoca sucção da água do poço ao mesmo tempo que empurra a que encontra pela frente.
São bombas em que a altura da elevação é pouca; seu uso é limitado, em abastecimento de água, à elevação da água de cisternas ou nos casos em que a vazão e a altura da elevação exigidas sejam poucas.
Recentemente, têm sido empregadas para a elevação de esgotos (baixa altura, grandes vazões).
As bombas de engrenagem são de construção robusta e simples, de fácil manejo e duráveis; empregam-se em postos de gasolina ou em casos similares quando se lida com líquidos de fácil evaporação.

- bombas de velocidade

São essencialmente constituídas de um rotor ou impulsor, que gira dentro de uma carcaça. A água penetra pelo centro da bomba e sai pela periferia, guiada por palhetas.

- funcionamento: o princípio de funcionamento da bomba centrífuga é o mesmo da força centrífuga. A água como todo corpo pesado, quando sujeita a movimento giratório, tende a escapulir pela tangente do círculo que representa seu movimento.
  Cheio o rotor da bomba e iniciado o movimento, a água é lançada para o tubo de recalque, criando, assim, um vácuo no rotor que provoca a sucção da água do poço através do tubo de sucção.

As considerações quanto à sucção prática máxima são as mesmas já feitas para bomba de êmbolo.

- força motriz: a força motriz empregada deve vir de um motor elétrico a explosão e em alguns casos de energia solar.
- localização da bomba: a bomba deve ser localizada o mais próximo possível do manancial e protegida contra as enchentes quando destinada a bombear água de rios. Quanto maior a distância da bomba ao ponto de sucção, maiores serão as perdas de carga na sucção. O rendimento de uma bomba aumenta com a redução da altura e distância de sucção. A altura de sucção prática é limitada.
- casa de bombas: as bombas e seus equipamentos de comando, devem ser instalados

em local apropriado, chamado .casa de bombas., com objetivo de se evitar os danos causados pela exposição ao tempo, e para proteção dos operadores. Certos tipos de bombas com proteção e blindagem apropriada dispensam a casa de bombas.

- base: a bomba deve ser assentada sobre uma base de concreto, devidamente afixada por parafusos chumbados.
- alinhamento: após o assentamento da bomba, é necessário verificar o nivelamento

e o alinhamento, para que se possa evitar a deformação e o estrago das peças.

- tubulação de recalque: deve existir um registro à saída da bomba e, uma válvula de

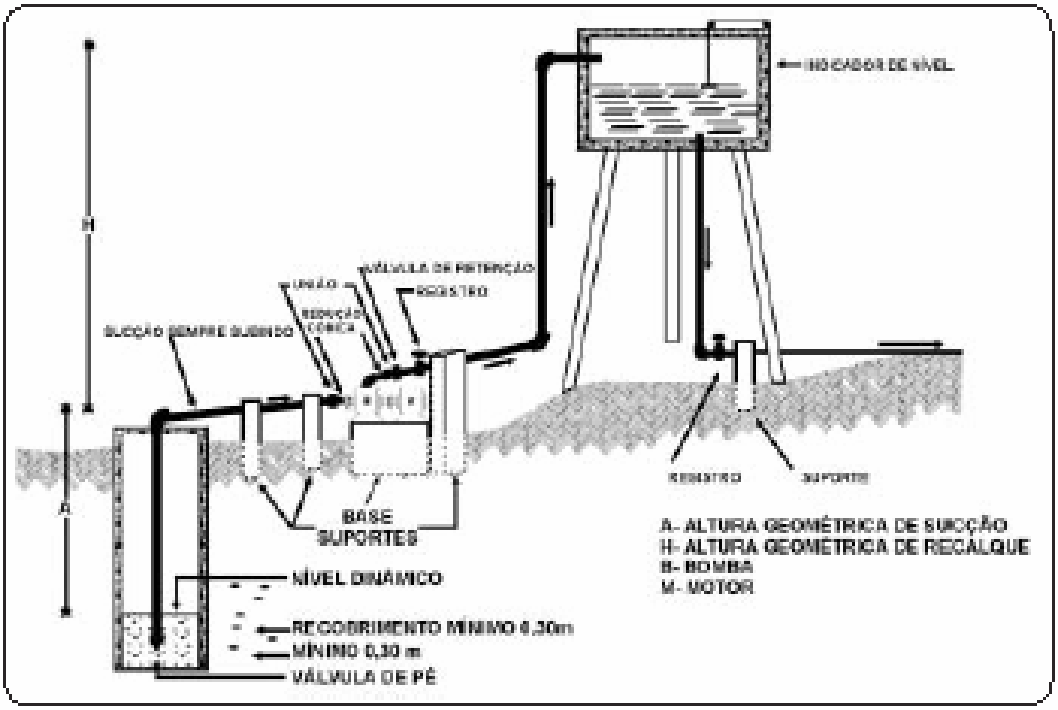
retenção. Nos casos de tubos galvanizados, deverá haver uma luva de união antes do registro, para permitir a retirada da bomba e de outras peças que necessitem de reparos. No caso da tubulação de ferro fundido ou de aço, as peças devem ser flangeadas.

- sucção: quando uma parte da tubulação de sucção é aproximadamente horizontal, a inclinação deve ser dada de modo a que haja sempre elevação do poço para a bomba, com a finalidade de evitar bolsa de ar e cavitação.
- sucção e recalque: o diâmetro da tubulação de sucção deve ser pouco maior que o da tubulação de recalque. Para ligar as tubulações de sucção e de recalque da bomba são necessárias reduções, na maioria das vezes.
- cuidados com a tubulação: é necessário o máximo cuidado com a estanqueidade das tubulações. Os tubos, devem ter suporte próprio; não devem ser forçados nem ter apoio na carcaça da bomba, sob pena de mau funcionamento e de estrago da bomba.
- rotor : o rotor deve girar no sentido indicado pela seta na carcaça.
- válvula de Pé: é indispensável o emprego de válvula de pé. Antes da instalação, devendo-se verificar seu funcionamento.

- funcionamento:

- fechar o registro da tubulação de recalque; caso exista registro na sucção, este deve permanecer sempre aberto;
- encher completamente a tubulação de sucção e o funil, com água. Muitas instalações possuem um *by pass* que liga, por meio de um tubo de pequeno diâmetro, a tubulação de recalque à tubulação de sucção. O by pass tem forçosamente um registro, que deve ser aberto no momento de partida da bomba;
- retirar o ar da bomba, girando o eixo com a mão para a frente e para trás, até que não saia mais ar pelo funil;
- fechar o registro do funil e dar partida no motor. Verificar a pressão;
- fechar o registro do *by pass*;
- abrir, devagar, o registro da tubulação de recalque.

Figura 64 . Esquema de uma instalação de sucção e recalque com poço de sucção

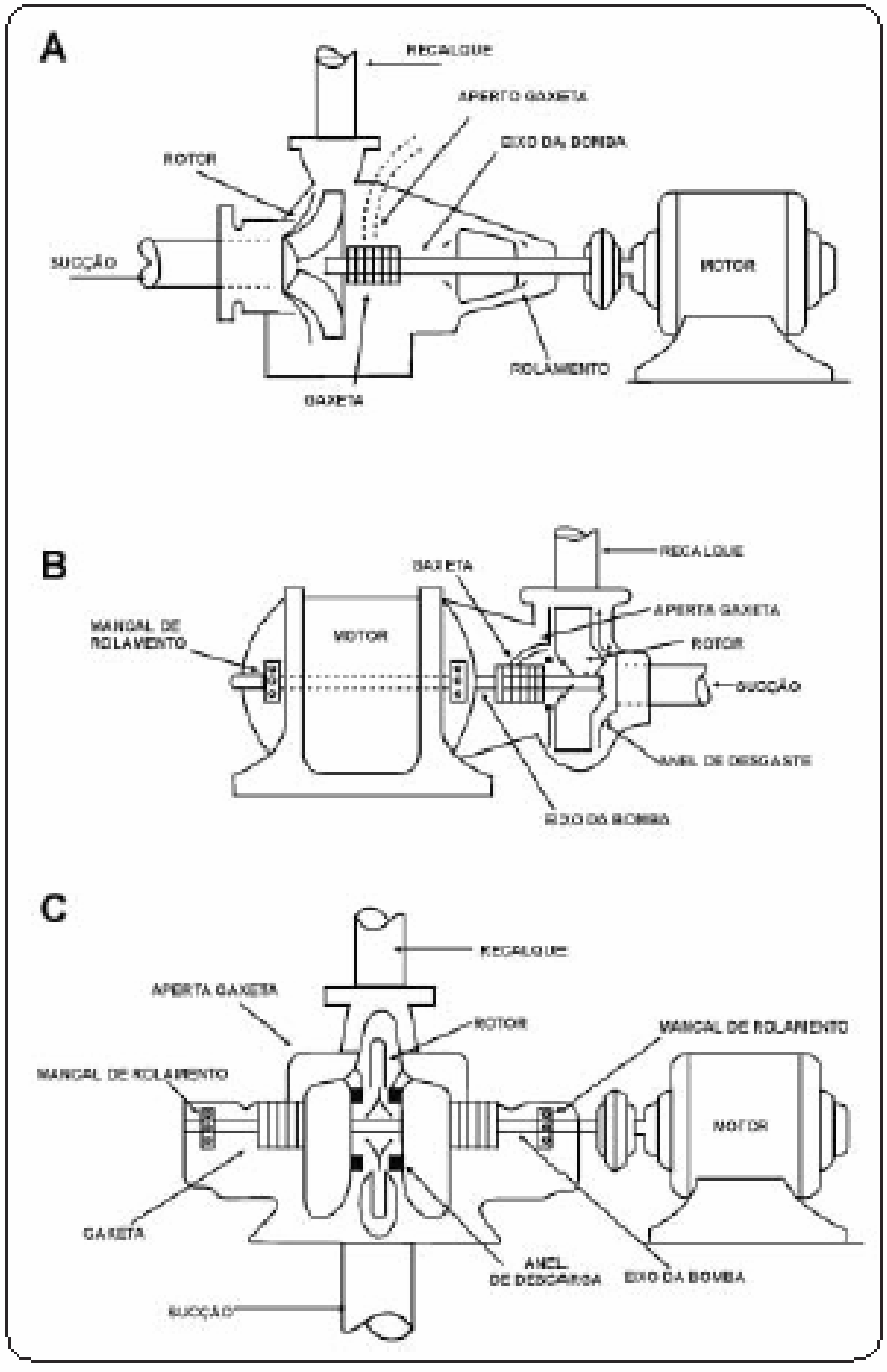


- principais peças de uma bomba centrífuga:
  - impulsor ou rotor: suga e impele a água. Recebe a água no centro e lança-a na periferia. De acordo com a finalidade a que se destina, pode ser um rotor fechado, para água limpa, ou aberto, para água que carreia sujeiras, esgoto, areia, etc. Pode ser de simples aspiração, quando a água

penetra por um lado só, ou de dupla aspiração, quando penetra por ambos os lados.

- eixo da bomba: peça sobre a qual se fixa o rotor;
- carcaça: parte que envolve o rotor e tem a função de guiar a água da sucção para o rotor e, deste, para o recalque;
- anéis de desgaste: peças colocadas entre o rotor e a carcaça; têm por fim evitar o escapamento de água para fora;
- casquilhos: colocados entre os eixos e a carcaça, na parte externa para fechar a caixa de gaxeta;
- caxetas de fibrocimento: ficam em uma espécie de caixa; destinam-se a vedar a entrada de ar na carcaça ou a saída da água;
- aperta-gaxeta: tubo de pequeno diâmetro ligado ao recalque da bomba e à gaxeta. tem por função apertar as gaxetas e lubrificá-las com água.

Figura 65 . Bombas centrífugas



Quadro 5 . Falhas mais comuns das bombas centrífugas e suas correções

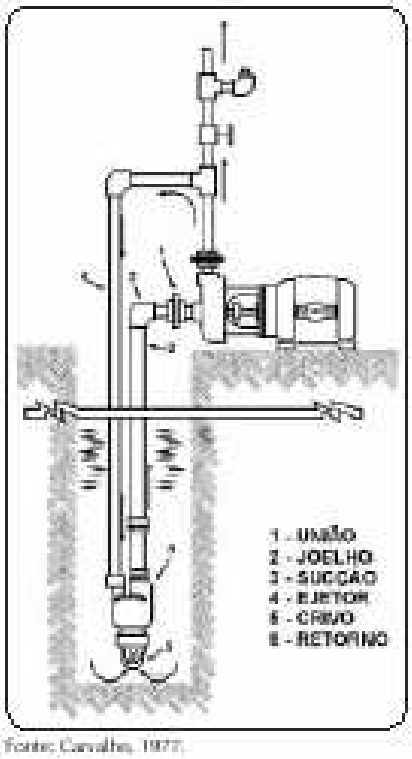
Falhas e possíveis causas	Correções
1. Quando a bomba não eleva água:	
1.1. A bomba não está escorvada;	Encha completamente o funil, a bomba e o tubo de sucção; verifique a válvula de pé.
1.2. A rotação é baixa;	Verifique a voltagem e amperagem. Verifique se não há fase em aberto.
1.3. A altura manométrica de elevação é superior à da capacidade da bomba;	Verifique se está sendo respeitada a altura prática de sucção; se não está havendo nenhum estrangulamento do tubo; se a elevação é maior do que a especificação na bomba. Diminua curvas e conexões desnecessárias. Aumente o diâmetro de sucção e recalque.
1.4. O rotor está obstruído; Desmonte a carcaça e limpe o rotor.	Desmonte a carcaça e limpe o rotor
1.5. A rotação do rotor está em sentido contrário ao devido;	Verifique pela seta na carcaça se o rotor está girando no sentido correto. Caso contrário, corrija. Em motor elétrico, inverta a ligação de duas fases, sem alterar o esquema. Em motor a explosão, inverta a posição do rotor.
1.6. Existe ar na tubulação de sucção;	Verifique e corrija.
2. Quando a bomba eleva pouca água:	
2.1. Há pouca rotação;	Verifique como em 1.2.
2.2. Existe ar no tubo de sucção;	Verifique se há entrada de ar na tubulação de sucção e corrija. Verifique a altura da água que recobre a válvula de pé, no mínimo 30cm.
2.3. Penetra ar pela carcaça;	Em caso positivo, corrija. Em bomba na qual as gaxetas estejam convenientemente ajustadas, deverá haver ligeiro jorro de água. Caso não haja, é provável que exista entrada de ar; aperte as gaxetas.
2.4. As gaxetas estão defeituosas; Verifique e as substitua.	Verifiqe e as substitua.
2.5. O rotor está parcialmente obstruído;	Verifique e limpe-o.

2.6. Os anéis de desgaste estão defeituosos;	Verifique e corrija ou os substitua.
2.7. A válvula de pé está defeituosa, parcialmente cerrada;	Verifique e corrija.
2.8. A altura de sucção é muito elevada;	Verifique como em 1.3.
2.9. A altura de recalque é muito elevada;	Verifique como em 1.3.
2.10. A rotação do rotor está em sentido errado.	Verifique e corrija.
3. Pressão menor que a indicada:	
3.1. A rotação é baixa;	Verifique como em 1.2.
3.2. O ar ou os gases são aspirados;	Verifique, em laboratório, se uma redução de pressão igual à efetuada pela sucção sobre o líquido provoca bolhas. Se o gás está naturalmente na água (não sendo defeito da sucção, reduza a sucção ou instale câmara de separação de gases na sucção e esvazie de quando em vez.
3.3. Os anéis de desgaste estão gastos;	Verifique como em 2.6.
3.4. O rotor está avariado;	Verifique como em 2.5.
3.5. As gaxetas estão defeituosas;	Verifique como em 2.4.
3.6. O rotor é de diâmetro pequeno.	Certifique-se com o fabricante.
4. Quando a bomba funciona e para:	
4.1. O escorvamento está incompleto	Complete-o.
4.2. Existe ar na sucção;	Verifique se a altura da água que recobre a válvula de pé é suficiente.Vazão do poço menor que a da bomba: estrangule o recalque, fechando o registro. Verifique outras causas como em 1.6 e 2.2.
4.3. Os anéis de desgaste deixam passar o ar;	Verifique como em 2.6.
4.4. Existem ar ou gases no líquido;	Verifique como em 3.2.
5. Quando a bomba consome energia demais:	
5.1. Há queda de tensão demasiada na linha de transmissão;	Verifique as perdas.
5.2. A rotação está muito elevada;	Verifique a especificação elétrica do motor

5.3. A altura de elevação é menor do que a calculada e conseqüentemente a bomba dá vazão maior;	Estrangule o recalque.
5.4. O sentido de rotação do rotor está errado;	Verifique como em 1.5.
5.5. O líquido é mais pesado que a água;	Se depois de reduzir todas as perdas não obtiver resultado satisfatório, só mudando o motor.
5.6. A gaxeta está muito apertada.	Verifique se há pequeno jorro pela carcaça, caso contrário, afrouxar as gaxetas.
6. Quando há defeitos de instalação:	
6.1. Da tubulação sustentada pela carcaça;	Verifique e corrija.
6.2. Dos anéis gastos;	Verifique e corrija.
6.3. Das gaxetas gastas;	Verifique e corrija.
6.4. Do eixo da bomba torto, não coincidente ou não paralelo ao do motor.	Verifique e corrija.

O melhor meio de obter-se um serviço satisfatório é, em primeiro lugar, adquirir equipamentos de boa qualidade e que satisfaçam às especificações; cuidar bem da manutenção e da operação, seguindo fielmente o que preceituam os catálogos e as normas de operação que os acompanham.
Cuidado especial deve ser dado ao engraxamento dos mancais, que não deve faltar nem ser excessivo. A cada três meses, desmontar a caixa dos mancais, limpá-los bem, secá-los, engraxá-los convenientemente e remontá-los.
Substituir com a freqüência necessária os anéis de desgaste e as gaxetas bombas centrífugas com ejetor: o ejetor é um dispositivo usado para aumentar a altura de sucção de uma bomba centrífuga. Na tubulação de recalque é feita uma tomada com um tubo de diâmetro bem menor; este tubo, que tem a outra extremidade estrangulada por um bico, vem ter à tubulação de sucção por um ponto onde esta também possui um estrangulamento (venturi).
Em um poço raso o injetor fica instalado externamente, conectando-o à tubulação de recalque e ao tubo de sucção próximo à bomba.
Constituem dispositivos simples, que pouco oneram o sistema; são de fácil operação e manutenção, sendo, contudo de baixo rendimento energético.

Figura 66 . Bomba centrífuga com ejetor



Fonte: Carvalho, 1977.

- bombas turbina: seu princípio de funcionamento é o mesmo da bomba centrífuga.

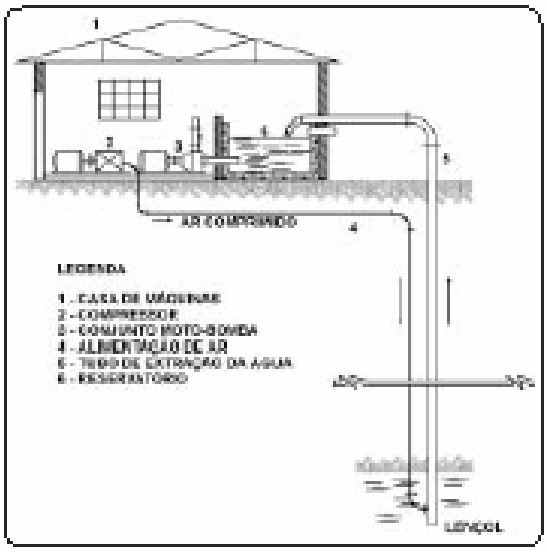
Consistem em uma série de rotores em posição horizontal, acoplados em série, sobre um eixo vertical. Classificam-se em estágios, tantos quantos forem os rotores.
Quando a água passa pelo primeiro rotor é impulsionada e aumenta de pressão.
No estágio seguinte, o rotor recebe a água com a pressão já aumentada que, ao passar por ele, recebe novo aumento de pressão, e assim por diante.
O número de estágios vai depender da elevação e da pressão que se queira dar à água.
A cabeça da bomba é fixada na tampa do poço e dá movimento à bomba por meio de um eixo. Podemos ter três situações diferentes:

- motor de eixo vertical ao qual é diretamente acoplado o eixo da bomba;
- motor de eixo horizontal que transmite o movimento à cabeça da bomba por meio de uma bengala;
- motor de eixo horizontal que transmite o movimento à cabeça da bomba por meio de um sistema de correias.

c) bombas utilizando compressor *air-lift*: consistem no emprego do ar para elevação da água de um poço de pequeno diâmetro. Um tubo de pequeno diâmetro fica ligado por um lado a um compressor e penetra, pela outra extremidade, dentro do poço revestido. Posto em funcionamento o compressor, o ar que vem dele penetra no poço pelo tubo e mistura-se com a água que, com isso, fica mais leve e sobe. O tubo de ar pode ser

localizado interna ou externamente no tubo de sucção. À saída do recalque deve existir um reservatório para retirar o ar da água.
O .*air-lift*., como o ejetor, apresenta facilidade de operação e manutenção, sendo, entretanto, de baixo rendimento.

Figura 67 . Esquema de uma instalação de *air-lift*



Fonte: Carvalho, 1977.

10.7.6. Curvas características de uma bomba

A bomba que se destina a serviços de maior responsabilidade deve ser escolhida pelas suas curvas características, sendo de diversos tipos as que aparecem nos catálogos dos fabricantes, umas relacionam eficiência com altura de elevação, outras com vazão e outras, ainda, com velocidade do rotor (rpm = rotações por minuto).
Deve-se escolher a bomba que dê maior eficiência para a altura de elevação e vazão desejadas. Quanto maior a eficiência, maior o rendimento e, portanto, menor o gasto de energia para a execução de um mesmo trabalho.

10.7.7. Bóias automáticas

A falta de água, estando a bomba em funcionamento, faz com que ela trabalhe a seco, com graves riscos para o conjunto motobomba. Para evitar essa possibilidade, diversos dispositivos de segurança foram inventados; um deles é a bóia automática.
Quando a vazão no poço de sucção é menor do que a da bomba, havendo, portanto, o perigo desta trabalhar a seco, usam-se bóias automáticas que se elevam ou se abaixam, acompanhando o nível da água do poço. As bóias automáticas desligam automaticamente o circuito elétrico que alimenta o motor da bomba, quando o nível da água no poço de sucção fica abaixo do nível de segurança preestabelecido; e fazem

ligar automaticamente a bomba, quando o nível da água no poço de sucção chega ao nível superior preestabelecido para início de funcionamento. São dispositivos de segurança que visam a proteger a vida dos motores, resultando em economia de despesas.

10.7.8. Casa de bombas

O conjunto motobomba deve ser encerrado em um recinto, que se denomina .casa de bombas. e que tem por finalidade proteger o conjunto motobomba e seus equipamentos de proteção e partida contra intempéries; também permite a proteção do operador nos casos em que este deva estar presente.
A casa de bombas deve atender aos seguintes requisitos:

- ser construída assegurando-se que esteja fora do alcance das enchentes, evitando-se assim danos ao conjunto motobomba, por ocasião desse fenômeno;
- ter espaço necessário para operar com comodidade e suficiente para facilitar reparos. Ter saídas suficientemente amplas para retirada das peças. Os catálogos dos fabricantes de equipamentos fornecem as dimensões dos conjuntos, conexões e demais elementos que possam equipar a casa de bombas;
- ter boa drenagem e possibilidade de esgotamento. Às vezes, há necessidade de recorrer-se a uma drenagem superficial;
- ter ventilação adequada. No caso de conjuntos com motor a explosão ou diesel, a saída de gases do motor deve ser direcionada para fora do recinto;
- estar protegida contra incêndio;
- estar protegida contra a chuva;
- ter proteção térmica contra excesso de calor;
- ser construída dentro dos requisitos de segurança, de estrutura e de proteção sanitária.

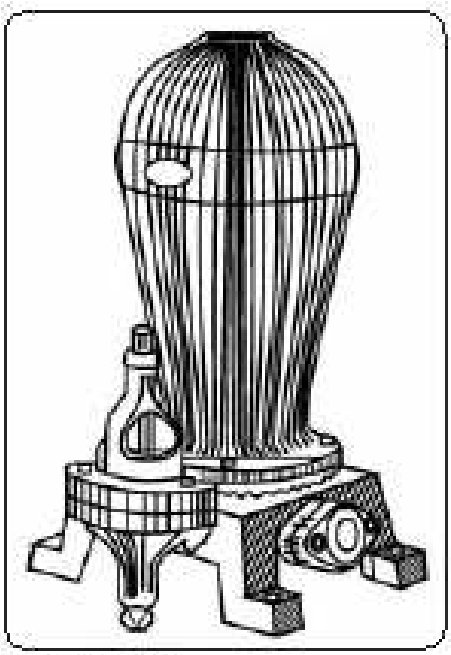
10.7.9. Carneiro hidráulico

É um equipamento que emprega a energia que provém do golpe de uma massa de água em movimento, repentinamente detida, ou seja do .golpe de aríete.
O equipamento necessita de grande vazão de alimentação em relação à vazão de recalque, e de ser instalado em nível abaixo da fonte de suprimento.

- características:
  - trabalho ininterrupto;
  - baixo custo;

- rendimento variável;
- longa duração - pouco desgaste.

Figura 68 . Carneiro hidráulico



Fonte: Dacach, 1980.

- Funcionamento

A água, descendo pela tubulação de alimentação escoa através de uma válvula (válvula externa), até atingir certa velocidade, quando, então, a pressão dinâmica eleva a válvula, fechando-a bruscamente. O golpe de aríete resultante abre uma segunda válvula interna, permitindo a entrada da água na câmara, causando a compressão do ar ali existente; este, reagindo, fecha a válvula interna e impulsiona a água, que sai então pela tubulação de recalque. Quando a pressão se equilibra, fecha-se automaticamente a válvula interna e abre-se a externa. Reinicia-se, assim, novo ciclo. Essa operação repete-se de 25 a 100 vezes por minuto, permitindo o recalque de apreciável quantidade de água.
O rendimento depende principalmente da altura de queda e de recalque.

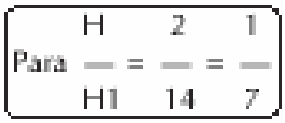
- altura da queda (H): distância vertical entre o nível da água no manancial e o local onde o carneiro hidráulico será instalado;
- altura de recalque (H1): distância vertical entre o local onde o carneiro hidráulico será instalado e o nível da água no reservatório de distribuição.

Na prática, pode-se adotar:

Valor de: H H1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9
Encontraremos: r=	0,70	0,60	0,50	0,40	0,35	0,34	0,32	0,31

Exemplo:
Dados:

Vazão do manancial = 100 litros/minuto;
Altura de queda disponível : H= 2,0 metros;
Altura de recalque desejada: H1= 14,0 metros.
Resolução:



e, consultando a tabela acima, determinamos o valor de r = 0,34.

Portanto, a quantidade de água possível de se recalcar para as condições impostas será:
Q = 100 x 0,34 = 34,0 litros/minuto.
Os fabricantes de carneiros hidráulicos fornecem catálogos onde estão indicadas as especificações técnicas dos modelos existentes, devendo sere consultados para a adequada escolha do equipamento mais conveniente a situação desejada.

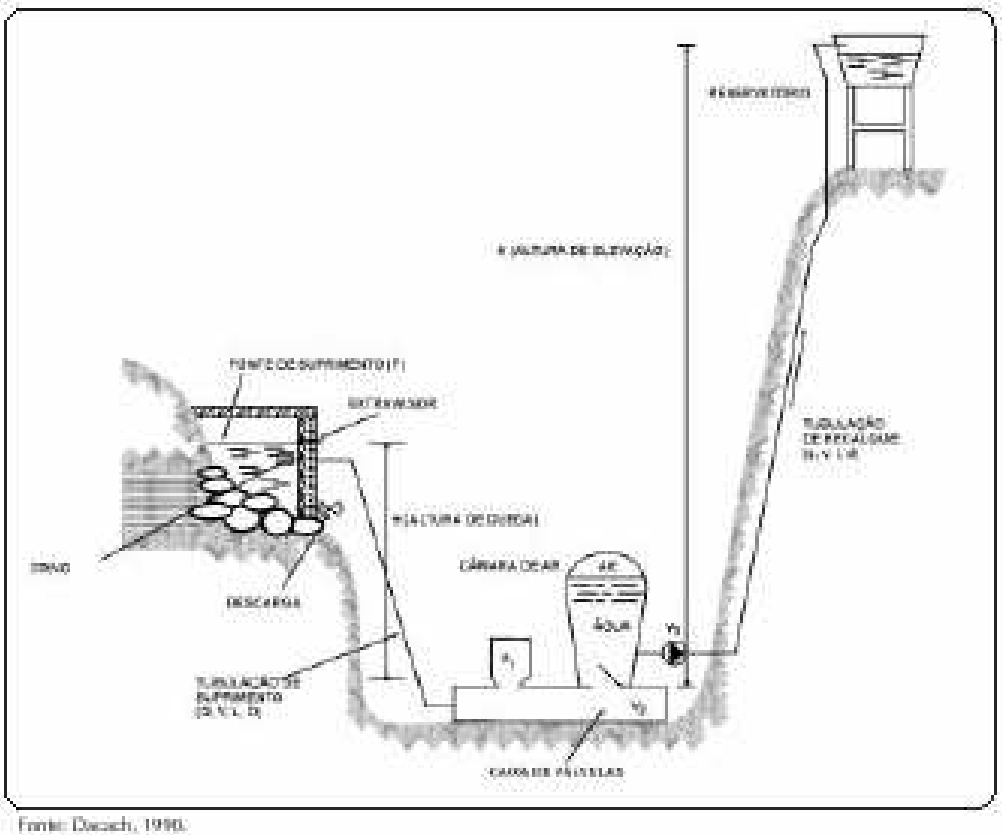
Dados necessários para a instalação de um Carneiro Hidráulico:

- vazão do manancial;
- altura de queda disponível;
- altura de recalque desejada.
- distância entre o manancial e o local de instalação do carneiro hidráulico = comprimento da tubulação de alimentação.
- distância entre o local de instalação do carneiro hidráulico e o reservatório a ser abastecido = comprimento da tubulação de recalque.
- recomendações:

O comprimento da tubulação de alimentação deve ser aproximadamente igual à altura de recalque mais dez por cento, com a condição de que possua no mínimo, um comprimento equivalente a cinco vezes a altura de queda disponível.

A tubulação deve ser instalada de forma a fazer uso do mínimo possível de curvas ou outras peças que possam aumentar a perda de carga no sistema de alimentação ou recalque.
Deve ser instalada uma válvula de retenção na tubulação de recalque, a uma distância de 0,50m a partir do carneiro hidráulico.
Cuidados especiais devem ser observados, com intuito de que o ar seja mantido dentro da câmara de aríete. Existem modelos de carneiros hidráulicos que possuem dispositivos especiais para a admissão contínua de ar, que são os mais recomendados. Para os modelos
que não possuem os dispositivos para admissão contínua de ar, recomenda-se perfurar a tubulação de alimentação com uma broca de um a dois milímetros, a uma distância de 10 a 20 centímetros do carneiro hidráulico.
Quando a tubulação de alimentação for longa (ultrapasse 75 metros), deve ser instalada ao longo da mesma, um ou mais tubos na posição vertical, preferencialmente nos pontos de inflexão (pontos altos do caminhamento), com a extremidade superior aberta e a uma altura superior ao nível da água no manancial.

Figura 69 . Desenho esquemático da instalação de um carneiro (aríete) hidráulico



Fonte: Dacach, 1990.

10.7.10. Sistema fotovoltaico (energia solar)

Consiste no fornecimento de água por um sistema padrão de bombeamento solar compreendendo os módulos fotovoltaicos, e um conjunto motobomba, que pode ser submerso, de superfície ou de cavalete. Não são usadas baterias, e a água pode ser armazenada em reservatórios.
Pode ser utilizado para fornecimento de água para consumo humano melhorando as condições de vida nos seguintes locais:

- vilas distantes dos grandes centros e desprovidas de energia elétrica;
- casas de fazenda;
- áreas indígenas desprovidas de energia elétrica, etc.

Foto 9 . Conjunto de módulos fotovoltaicos e bomba submersa instalados em poço tubular profundo.

11. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Desinfecção de tubulações de sistema público de abastecimento de água . NBR 10156.* Rio de Janeiro, 1987.
_____ . *Elaboração de projetos de reservatórios de distribuição de águas para abastecimento público . P-NB 593.* Rio de Janeiro, 1997.
_____ . *Elaboração de projetos hidráulicos de redes de distribuição de água potável para abastecimento público . P-NB 594.* Rio de Janeiro, 1997.
_____ . *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água . NB 587.* Rio de Janeiro, 1989.
_____ . *Hipoclorito de Cálcio . EB-2187.* Rio de Janeiro, dez. 1991
_____ . *Hipoclorito de Sódio . EB 2132.* Rio de Janeiro, ago. 1991.
_____ . *NB 592.* Rio de Janeiro, 1989.
_____ . *Projeto de águas para abastecimento público . NB 591.* Rio de Janeiro, 1991.
_____ . *Projeto de captação de bombeamento de água para abastecimento público . NB 589.* Rio de Janeiro, 1990.
_____ . *Projeto de poço para captação de água subterrânea . NB 588.* Rio de Janeiro, 1990.
_____ . *Projeto de sistemas de bombeamento de água para abastecimento público . NB 590.* Rio de Janeiro, 1990.
_____ . *Segurança de escavação a céu aberto . NB 942. Rio de Janeiro, 1985.*

BARROS, R. T. V. et al. *Saneamento*. Belo Horizonte : Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221 p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental Para Os Municípios, 2).

BONHENBERGER, J. C. *Sistemas públicos de abastecimento de água.* Viçosa *:* Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Viçosa, 1993.

BONHENBERGER, J. C., MESSIAS, J. T*. Tabelas da perda de carga Unitária-Fórmula de Darcy-Weissbach*. Viçosa : Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, 1990.

BRASIL. Conama. Resolução 20, de 18 de junho de 1986. *Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional.* Online. Disponível na Internet

http://www.lei.adv.br/conama01.htm

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Monitorização das doenças diarréicas gudas :* diarréia . epidemiologia. Brasília, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 36, de 19 janeiro de 1990. Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano. *Diário Oficial da União,* Brasília, v.128, n.16, p.1651, 23 jan. 1990. Seção 1.
_____ . Portaria n. 134, de 24 de setembro de 1992. Dispõe sobre o registro de produto saneante domissanitário . .água sanitária.. *Diário Oficial da União,* Brasília, v.130, n.186, p.13512, 28 set. 1992. Seção 1.
_____ . Portaria n. 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Republicada *Diário Oficial da União,* Brasília, v.139, n.38E, p.39, 22 fev. 2001. Seção 1.

CARTILHA de saneamento : água. Rio de Janeiro : Secretaria de Saneamento e Assistência : Centro de Publicações Técnicas da Aliança : Missão Norte Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil : USAID, 1961.

CARVALHO, D. F. *Instalações elevatórias . bombas.* Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Civil : IPUC, 1977. 355 p. il.

CARVALHO, J. R. *Fluoretação de águas de abastecimento público:* utilização do Fluossilicato de Sódio. Passos, MG : Coordenação Regional de Minas Gerais da Fundação Nacional de Saúde, 1994.

CASTRO, P. S., VALENTE, F. *Aspectos técnicos-científicos do manejo de bacias hidrográficas.* Viçosa : Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, 1997.

CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de águas.* São Paulo, 1998. Cap. 3 e 5.
_____ . *Operação e manutenção de ETA* . vol. 2. São Paulo, 1973. (Patrocinado pelo convênio BNH/ABES/cetesb, 8).

DACACH, N. G. *Saneamento básico.* 3.ed. Rio de Janeiro : Editora Didática e Científica, 1990.

Di BERNARDO, L. *Métodos e técnicas de tratamento e água . vol. 2.* Rio de Janeiro : ABES, 1993. Cap. 15.

EXPERIMENTO realizado pela Fazenda Energética de Uberaba-MG. *Boletim*, N.1 . Bombeamento d.água : uso de catavento.

MANUAL técnico de instalações hidráulicas e sanitárias. São Paulo : PINI, 1987.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. *Guias para la calidade del água potable . vol. 3.* Washington : 1987. Anexo 3. p. 76-83.

PEREIRA Neto, J. T. *Ecologia, meio ambiente e poluição.* Viçosa : Departamento de
Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, 1993.
PUPPI, I. *Estruturação sanitárias das cidades.* Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 1981. 330 p. il.

RICHTER, C., AZEVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de água : tecnologia atualizada.* São Paulo : Editora Edgard Blucher, 1991.

SAUDERS, R. J. *Abastecimento de água em pequenas comunidades :* aspectos econômicos e políticos nos países em desenvolvimento. Rio de Janeiro : ABES: BNH : Brasília :
Codevasf, 1983. 252 p.

STANDART Methods for the Examination of water and wastewater . 19. ed. Washington: 1995. p. 1060-9060.

TÉCNICA de abastecimento e tratamento de água . vol. 2 : tratamento de água. 3. ed. São Paulo : Cetesb : Ascetesb, 1987.

VIANNA, M. R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água.* Belo Horizonte : Instituto de Engenharia Aplicada, 1992.

(Fonte - Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde - Funasa – Manual de Saneamento. 3. ed. rev. 2004 – p. 408).