



MANUAL DE SANEAMENTO



3 Abastecimento de água

3.1 Introdução

A água constitui um elemento essencial à vida vegetal e animal. O ser humano não pode prescindir de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender às suas necessidades, para a proteção de sua saúde e para seu o desenvolvimento de uma maneira geral.

Deve-se levar em conta que, com frequência, a água encontrada na natureza possui impurezas que podem torná-la imprópria para o consumo. Portanto, para ser considerada potável, isto é, com qualidade adequada ao consumo humano, deve atender a padrões de qualidade definidos por legislação própria. Daí a importância da provisão de serviços apropriados de saneamento básico, a exemplo dos serviços de abastecimento de água, reconhecidos para a proteção da saúde da população e a melhoria de sua qualidade de vida.

Para que tais benefícios sejam atingidos, são necessários esforços de diversas naturezas. De um lado, observa-se a importância de abordagens tecnológicas apropriadas na concepção, projeto, implementação, operação e manutenção das unidades e sistemas. De outro lado, porém, o saneamento encontra-se na esfera das políticas públicas, área de atuação do Estado, e demanda formulação, avaliação, organização institucional e controle social.

A carência de instalações suficientes de abastecimento de água para as populações constitui uma das maiores dívidas sociais ainda persistentes no mundo. Permanece um contingente considerável da população mundial ainda carente de acesso a esse bem, apesar do mesmo ser um direito indiscutível do ser humano.

O problema primordialmente colocado sobre a questão da água, nos dias atuais, e que aparece normalmente como ambiental é, antes, um problema social. A poluição dos mananciais ou a escassez de água são problemas socialmente construídos e, logo, requerem uma solução do mesmo tipo. A água é um patrimônio comum da humanidade, ou seja, trata-se de um bem de interesse difuso, o qual o poder público, a sociedade e o cidadão devem proteger.

3.2 Importância do abastecimento de água

A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde pública e nas condições de vida de uma comunidade, através do controle e prevenção de doenças, da promoção de hábitos higiênicos, do desenvolvimento de esportes e da melhoria da limpeza pública. Reflete-se, também, na adoção de medidas que resultam em melhoria do conforto e da segurança coletiva, como as instalações de combate a incêndios.

Assim, os serviços de abastecimento de água constituem um importante investimento em benefício da saúde pública que se amplia com a implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários. Tem sido constatado também que a implantação de sistemas adequados de abastecimento de água e de destino dos dejetos, a par da diminuição das doenças transmissíveis pela água, contribuem, também, para a diminuição da incidência de outras doenças, não relacionadas diretamente aos excretos ou à falta de abastecimento de água.

A implantação do abastecimento de água resulta num aumento de vida média da população atendida, numa diminuição da mortalidade em geral, em particular a infantil, e numa redução do número de horas improdutivas ocasionadas por afastamento por doenças.

A influência da água, do ponto de vista econômico, se reflete diretamente no desenvolvimento industrial, por constituir insumo em muitas indústrias, como as de bebidas e alimentos.

3.3 Conceitos

Levar água potável a uma comunidade deve ser a primeira ação sanitária e social que um programa de saneamento deve implementar. O abastecimento de água constitui o ponto central de um conjunto de ações para promover o saneamento e, conseqüentemente, a saúde pública.

Diversas são as maneiras de categorizar o abastecimento de água. Uma bastante usual consiste em classificar o abastecimento quanto a sua abrangência de atendimento que pode ser individual e coletiva.

O abastecimento individual é mais usual em áreas rurais e em áreas periféricas de centros urbanos com população dispersa. Trata-se de uma solução em que a produção e o consumo de água atendem a um único domicílio.

O abastecimento coletivo é mais característico de áreas com populações concentradas, notadamente as áreas urbanas. Em geral, a produção e o consumo são realizados em locais distintos. Sob o ponto de vista sanitário, este tipo de abastecimento é o recomendado por permitir a proteção do manancial, a supervisão das unidades do sistema, o controle da qualidade da água consumida e propiciar a redução de recursos humanos e financeiros.

Quanto à modalidade de funcionamento, o abastecimento de água pode ser classificado em sistema de abastecimento de água e solução alternativa, este último, por sua vez, subdivide-se em solução alternativa individual e coletiva.

O sistema de abastecimento de água para consumo humano é um dos componentes do saneamento básico e consiste em um conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. No geral é composto das seguintes unidades: captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição, estações elevatórias e ramal predial (Figura 1).

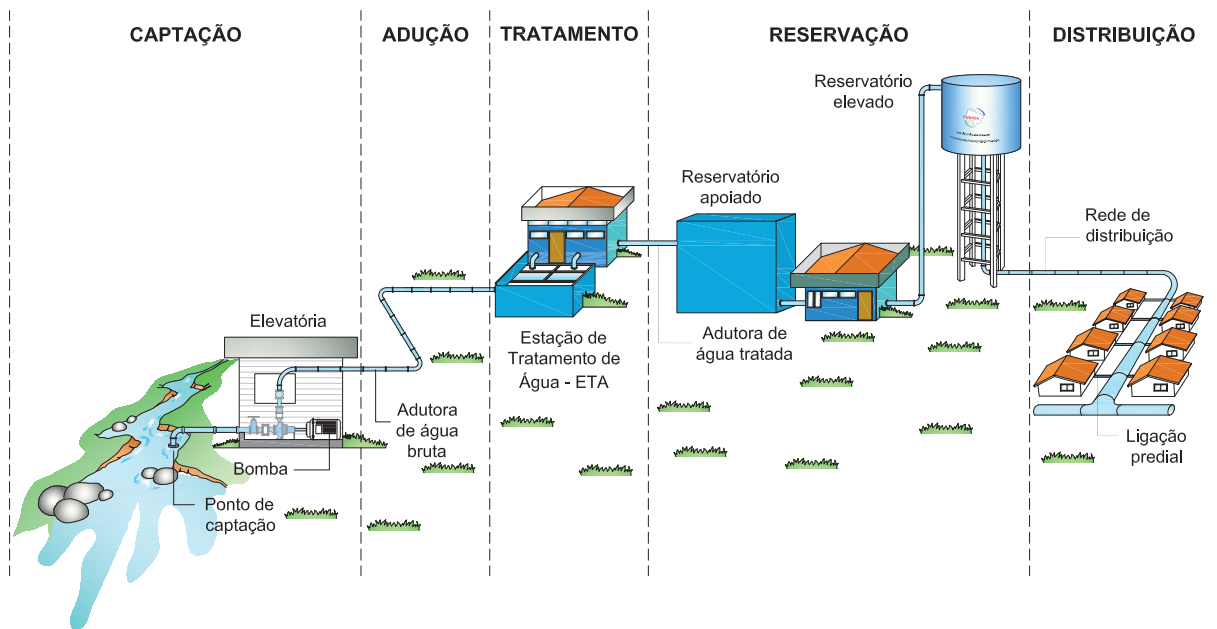


Figura 1 - Unidades de um sistema de abastecimento de água.

A solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano destina-se a fornecer água potável a partir de captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição. A solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano destina-se a atender domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares. O Quadro 1 sintetiza as categorias de instalações para o abastecimento de água.

Quadro 1 - Síntese das categorias de instalações para o abastecimento de água.

Modalidade de funcionamento	Abrangência do atendimento	Distribuição por rede	Exemplo
Sistema de abastecimento	Coletiva	Distribuição por rede	Sistema abastecedor de uma cidade
Solução alternativa	Coletiva	Desprovida de rede	Chafariz, lavanderia e/ou banheiro comunitário
	Individual	Desprovida de rede	Poço raso individual

3.4 Necessidades de água

As atividades humanas, econômicas ou não, demandam recursos hídricos para a produção industrial, agropecuária, geração de energia, segurança, lazer, alimento e higiene, ou seja, para a própria sobrevivência. Os principais usos da água têm gerado conflitos de demanda e os sinais de escassez tornaram-se cada vez mais frequentes com reflexos desastrosos para a sociedade. Grandes cidades e polos de produção agrícola enfrentam atualmente o desafio crescente do uso racional e preservação deste recurso natural.

A demanda para consumo humano aumenta a cada ano, elevando a pressão sobre a disponibilidade dos mananciais, obrigando a busca de fontes distantes e, em alguns casos, a transposição de bacias para atendimento das necessidades crescentes. São fatores preponderantes ao aumento da demanda: o crescimento populacional, o aumento da industrialização e o grande volume de perdas em sistemas de abastecimento de água.

São classificados como usos consuntivos, ou seja, aqueles que resultam na redução das reservas hídricas, o abastecimento humano, o abastecimento industrial, a irrigação e a pecuária. São usos não consuntivos: geração de energia hidrelétrica, navegação, recreação, harmonia paisagística, assimilação de efluentes e pesca.

3.4.1 Água, saúde e meio ambiente

Quando se trabalha com recursos hídricos deve-se considerar os riscos associados ao consumo de água. Estes podem ser coletivos ou individuais, imediatos ou em médio e longo prazo. Durante o ciclo da água, as contaminações podem ocorrer de forma isolada ou generalizada, reduzindo a qualidade da água e o seu uso pode estar parcialmente ou totalmente inadequado.

A água contaminada por elementos químicos ou microbiológicos pode provocar transtornos em poucas horas ou várias semanas após a ingestão. A exposição aos riscos relacionados com o uso da água ocorre nas atividades de consumo de alimentos e bebidas, recreação, exposição a águas residuais, aerossóis e usos médicos.

Os riscos de médio e longo prazo são principalmente de origem química e podem produzir diversos efeitos e intoxicação durante meses, anos ou décadas. Os casos de intoxicação humana em longo prazo com praguicidas ou produtos orgânicos geralmente estão relacionados com os lugares de trabalho das pessoas. Quando certas substâncias tóxicas, tais como chumbo, cádmio e mercúrio, são lançadas no meio ambiente, podem ingressar na cadeia alimentar.

As doenças de origem biológica relacionadas com a água podem estar associadas ao uso inadequado da água ou déficit da mesma. O Quadro 2 exemplifica os cinco grupos de doenças associadas à água, forma de transmissão e prevenção.

Quadro 2 - Doenças relacionadas com o abastecimento de água.

Grupo de Doenças	Forma de transmissão	Principais doenças e agente etiológico	Formas de prevenção
(A) Doenças diarreicas e verminoses	Ingestão de água com contaminantes, má higiene dos alimentos e a forma de tratamento dos dejetos.	Cólera (<i>Vibrio cholerae</i>) Giardíase (<i>Giardia lamblia</i>) Criptosporidíase (<i>Cryptosporidium parvum</i>) Febre tifoide (<i>Salmonella typhi</i>) Febre paratifoide (<i>Salmonella paratyphi</i> dos tipos "A", "B" ou "C") Amebíase (<i>Entamoeba histolytica</i>) Hepatite infecciosa (vírus: "A" e "B") Ascaridíase (<i>Ascaris lumbricoides</i>)	A educação sanitária, o saneamento e a melhoria do estado nutricional dos indivíduos. Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para uso e consumo humano. Proteção de contaminação dos mananciais e fontes de água.
(B) Doenças da pele	Relacionadas com os hábitos de higiene.	Impetigo (<i>Staphylococcus aureus</i>) Dermatofitose e micoses (fungos dos gêneros <i>Trichophyton</i> , <i>Microsporum</i> e <i>Epidermophyton</i>) Escabiose (<i>Sarcoptes scabiei</i>) Piodermite (<i>Sarcoptes scabiei</i>)	Não permitir banhos de banheira, piscina ou de mar. Lavar frequentemente as mãos com água e sabão.
(C) Doenças dos olhos	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis a sua disseminação.	Conjuntivites (vírus e bactérias)	Evitar aglomerações ou frequentar piscinas de academias ou clubes e praias. Lavar com frequência o rosto e as mãos, uma vez que estas são veículos importantes para a transmissão de micro-organismos patogênicos.
(D) Transmitidas por vetores	As doenças são propagadas por insetos cujos ciclos possuem uma fase aquática.	Malária (<i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. falciparum</i> , <i>P. malariae</i>) Dengue (DENV 1, 2, 3 e 4) Febre amarela (vírus do gênero <i>Flavivirus</i>) Filariose (<i>Wuchereria bancrofti</i>)	Eliminar os criadouros de vetores com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros). Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos.
(E) Associada à água	O agente etiológico penetra pela pele ou é ingerido.	Esquistossomose (<i>Schistosoma mansoni</i>) Leptospirose (Bactéria do gênero <i>Leptospira</i>)	Evitar o contato com águas infectadas. Proteger mananciais. Adotar medidas adequadas para disposição do esgoto. Combate do hospedeiro intermediário. Cuidados com a água para consumo humano. Cuidados com a higiene, remoção e destino, adequados de dejetos.

Fonte: Adaptado de Heller e Casseb, 2001.

3.5 Sistema de abastecimento de água e solução alternativa

Para que a água chegue ao seu destino, seja para abastecer individualmente uma família ou uma comunidade, são necessários estudos e procedimentos que resultem na construção de um sistema ou de uma solução alternativa de abastecimento de água.

Em se tratando de centros urbanizados, a solução mais econômica e definitiva é a implantação de um sistema de abastecimento de água. Sob o ponto de vista sanitário, esta 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, principalmente em situações pontuais, enquanto se aguardam soluções definitivas.

3.5.1 Concepção

Entende-se por concepção o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes, para a caracterização completa do sistema de abastecimento de água que se pretende projetar. A concepção é elaborada na fase inicial do projeto, com estudo de arranjos, sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes do sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, para a escolha da concepção básica.

O estudo mais aprofundado dos dados pode conduzir a mais de uma solução. Nesta etapa é possível analisar dentre as alternativas aquela considerada mais viável, baseada em critérios sociais, econômico-financeiros, institucionais, ambientais e de disponibilidade de infraestrutura.

Dentre os diversos fatores que podem condicionar a escolha da alternativa apropriada para o abastecimento de água, cita-se: o porte da localidade a ser atendida; densidade demográfica; definição do manancial; topografia; características geológicas e geotécnicas; instalações existentes; energia elétrica; recursos humanos; condições econômico-financeiras.

3.5.2 Consumo de água

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene e outros usos, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças.

Tradicionalmente classifica-se o consumo de água num sistema público de abastecimento em quatro grandes categorias: doméstico, comercial, industrial e público.

3.5.2.1 Consumo doméstico ou residencial

Corresponde à utilização de água na residência, na área interna e externa da habitação. Considera-se como consumo doméstico a água usada para ingestão, higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupa, lavagem de utensílios domésticos, descarga de vasos sanitários, higiene e limpeza em geral da moradia, rega de jardins, uso com animais de estimação, piscinas, lavagem de veículos, entre outros.

O consumo de água em uma habitação depende de um grande número de fatores, que podem ser agrupados em seis classes:

- **Características climatológicas do local** - temperatura e umidade relativa do ar, intensidade e frequência de precipitação da chuva;
- **Renda familiar**;
- **Características da habitação** - área do terreno, área construída do imóvel, número de habitantes;
- **Características do abastecimento de água** - pressão na rede, qualidade da água;
- **Forma de gerenciamento do sistema de abastecimento** - micromedição, tarifas;
- **Características culturais da comunidade**.

3.5.2.2 Consumo comercial

Diversas são as atividades comerciais que utilizam a água. O consumo nesta categoria é bastante heterogêneo e depende geralmente do tipo e porte do comércio, como: bares, padarias, restaurantes, lanchonetes, hospitais, hotéis, postos de gasolina, lava-rápidos, clubes, lojas, prédios comerciais, *shoppings centers*, entre outros.

3.5.2.3 Consumo industrial

O consumo da categoria industrial também é bastante heterogêneo, podendo variar de pequenas indústrias artesanais até grandes consumidores de água como as indústrias de bebida. O uso da água em uma instalação industrial pode ser classificado em cinco categorias:

- **Uso humano** - refere-se ao banheiro, banho e alimentação (inclusive lavagem de utensílios), de modo que esse consumo depende essencialmente do número de funcionários e do seu regime de trabalho;
- **Uso doméstico** - considera-se a água utilizada em limpeza geral e manutenção da área do estabelecimento e, em alguns casos, a água utilizada em utilidades (torre de resfriamento, equipamento para irrigação e outros);
- **Água incorporada ao produto** - como exemplo de água incorporada ao produto, pode-se citar a água incorporada a xampus e outros produtos de higiene pessoal, água incorporada a bebidas e água incorporada a alimentos;
- **Água utilizada no processo de produção** - para os casos de água utilizada no processo de produção e não incorporada ao produto, tem-se água para geração de vapor, água para refrigeração, água para preparação de argamassa de cimento, água para lavagem de roupas em lavanderias, entre outros;
- **Água perdida ou para usos não rotineiros** - considera-se consumo ocorrido sem relação com a atividade de produção da empresa, os seguintes: água para incêndio, água para lavagem de reservatórios, água perdida por vazamentos e para usos não identificados.

3.5.2.4 Consumo público

Consta desta classificação a parcela de água utilizada na irrigação de parques e jardins, lavagem de ruas e passeios, edifícios e sanitários de uso público, fontes ornamentais, piscinas públicas, chafarizes e torneiras públicas, combate a incêndios, limpeza de coletores de esgotos, entre outros. De um modo geral, os consumos públicos são de difícil mensuração e cada caso deve ser particularmente estudado.

3.5.2.5 Perdas e desperdícios

Mesmo havendo disponibilidade de água para atender às demandas e exigências legais, é uma obrigação ética dos responsáveis pelas instalações de abastecimento de água garantir que esse uso seja equilibrado, ou seja, que seja utilizada a quantidade estritamente necessária, sem usos supérfluos. Para tanto, duas parcelas do conjunto de usos da água devem ser minimizadas: as perdas e os desperdícios.

A diferença de água que entra no sistema e o consumo autorizado, ou seja, toda a água que é captada ou importada que não foi fornecida para os usuários diversos de forma autorizada, exportada ou utilizada no combate a incêndios, são perdas. São divididas em perdas reais e perdas aparentes.

As perdas reais são as perdas físicas de água que ocorrem desde o momento da retirada do manancial (ou importada) até a ligação predial. Estão incluídas neste conceito as perdas na distribuição. As perdas aparentes são aquelas associadas às imprecisões de medição e ao consumo não autorizado.

O conjunto das perdas eleva sobremaneira os custos com energia elétrica, insumos para o tratamento, mão de obra, indenizações, aumenta a produção de esgoto doméstico, provoca paradas do sistema para manutenção, piora a qualidade do serviço ao usuário, põe em risco a saúde pública e afeta diretamente a disponibilidade do recurso hídrico para os diversos usos e manutenção do equilíbrio ecológico do meio, bem como resultam em perdas de receitas operacionais e em desequilíbrio financeiro do prestador de serviço.

Os desperdícios que ocorrem no interior das instalações prediais podem ser combatidos por campanhas educativas, por modelos tarifários que punam os consumos elevados e pela adoção de equipamentos sanitários de baixo consumo, como caixas de descarga de volume reduzido e lavatórios acionados com temporizadores.

3.5.2.6 Consumo per capita

O consumo médio de água por pessoa por dia ou consumo *per capita*, corresponde à média dos volumes diários, consumidos no período mínimo de um ano. É expresso geralmente em litros por habitante dia (l / hab . dia).

Em sistemas de abastecimento de água, o consumo *per capita*, além de considerar os consumos domésticos, comerciais, públicos e industriais, deve prever as perdas no sistema. Os valores das demandas de água adotados para dimensionamento do sistema de abastecimento devem ser baseados em condições locais, considerando-se o consumo das ligações medidas e não medidas e o volume de perdas no sistema.

3.5.2.6.1 Com medição

No caso de comunidades que contem com sistema público de abastecimento de água, as demandas devem ser determinadas através de dados de operação do próprio sistema. Os estabelecimentos residenciais, comerciais e públicos, devem ter seus consumos avaliados com base no histórico das economias medidas e através de uma estimativa de consumo para as economias não medidas, cujos critérios devem ser fixados de comum acordo com as entidades intervenientes. Inexistindo meios para determinar os consumos, as demandas devem ser definidas com base em dados de outras comunidades com características análogas à comunidade em estudo.

A previsão do consumo de água é um dos fatores de fundamental importância para o projeto, planejamento e gerenciamento do sistema de abastecimento de água, uma vez que a operação dos sistemas e as suas ampliações e/ou melhorias estão diretamente associadas à demanda de água.

Os dimensionamentos das tubulações, estruturas e equipamentos, são realizados em função das vazões de água, que, por sua vez, dependem do consumo médio por habitante, da estimativa do número de habitantes, das variações de demanda e de outros consumos que podem ocorrer na área em estudo.

3.5.2.6.2 Sem medição

Para uma população se abastecer ou ser abastecida sem ligações domiciliares não existe parâmetros determinados para consumo *per capita*, entretanto, a depender do caso e do tipo da solução provisória proposta, pode-se adotar os consumos descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo médio *per capita* para populações desprovidas de ligações domiciliares.

Situação	Consumo médio <i>per capita</i> (L/hab.dia)
Abastecida somente com torneiras públicas ou chafarizes.	30 a 50
Além de torneiras públicas e chafarizes, possuem lavanderias públicas.	40 a 80
Abastecidas com torneiras públicas e chafarizes, lavanderias públicas e sanitário ou banheiro público.	60 a 100
Abastecida por cisterna.	14 a 28

Para comunidades ainda não providas de sistema de abastecimento de água (com ligações domiciliares) e onde, por algum motivo, não foi possível determinar o consumo *per capita* a ser utilizado no projeto, prevendo-se a distribuição por ligações domiciliares, pode-se usar como referência a Tabela 2, que apresenta valores para o consumo *per capita* em função da população.

Tabela 2 - Consumo médio *per capita* para populações dotadas de ligações domiciliares.

Porte da comunidade	Faixa de população (habitantes)	Consumo médio <i>per capita</i> (L/hab.dia)
Povoado rural.	< 5.000	90 a 140
Vila.	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena localidade.	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade média.	50.000 a 250.000	120 a 220
Cidade grande.	> 250.000	150 a 300

3.5.2.7 Variações de consumo

Os fatores que afetam o consumo de água citados anteriormente promovem 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:

- **Variações anuais** - o consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional;
- **Variações mensais** - as variações climáticas promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima maior tende a ser o consumo verificado;
- **Variações diárias** - ao longo do ano, haverá um dia em que se verifica o maior consumo. É utilizado o coeficiente do dia de maior consumo (k_1), 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 por norma no Brasil para k_1 é 1,20;
- **Variações horárias** - ao longo do dia verificam-se valores distintos de “picos” de vazões horárias. Entretanto, haverá uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (k_2), 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 k_1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto k_2 é usado no dimensionamento da rede de distribuição. O valor usualmente adotado por norma no Brasil para k_2 é 1,50.

3.5.3 Estudo da população

O estudo populacional é importante por influir diretamente no dimensionamento de um projeto de sistema de abastecimento de água. Conforme o caso, a população de estudo pode ser dividida em:

- **População residente** - formada pelas pessoas que têm o domicílio como residência habitual;
- **População flutuante** - proveniente de outras comunidades, transfere-se ocasionalmente para a área considerada, impondo ao sistema de abastecimento de água consumo unitário similar ao da população residente. A população flutuante é relevante na caracterização do consumo e deve ser estimada no planejamento e projeto do sistema de abastecimento de água;
- **População temporária** - proveniente de outras comunidades ou de outras áreas da comunidade em estudo, transfere-se para a área abastecível, impondo ao sistema consumo unitário inferior ao atribuído à população, enquanto presente na área, e em função das atividades que aí exerce.

3.5.3.1 Alcance do projeto

Uma instalação para abastecimento de água deve estar preparada para suprir um conjunto amplo e diferenciado de demandas. Assim, o dimensionamento racional de cada uma de suas unidades deve considerar o período futuro de alcance do sistema e não apenas a realidade presente. A este período de tempo dá-se o nome de período do projeto ou alcance do projeto, ou ainda, horizonte do projeto.

A definição do alcance do projeto é uma questão de grande importância pois, sob o ponto de vista econômico, diferentes alcances podem determinar diferentes desempenhos financeiros, ou seja, quanto maior for o alcance do projeto, maior tende a ser o custo da obra.

O alcance pode ser previsto de uma maneira global ou individualizado por unidade do sistema e, a depender dos estudos e do porte do empreendimento, costuma se situar na faixa entre 10 a 30 anos, sendo comum adotar-se o período de 20 anos.

3.5.3.2 Previsão de crescimento populacional

Diversos são os métodos aplicáveis no estudo demográfico, destacando-se: método dos componentes demográficos, métodos matemáticos e método de extrapolação gráfica. O método dos componentes demográficos considera variáveis como fecundidade, mortalidade e migração; neste são formuladas hipóteses de comportamento futuro. Nos métodos matemáticos a previsão da população é estabelecida por meio de equação, com parâmetros obtidos a partir de dados conhecidos. O método de extrapolação gráfica consiste no traçado de uma curva arbitrária que se ajusta aos dados já observados de populações de outras comunidades com características semelhantes às do estudo, mas que tenham uma população maior.

Os métodos matemáticos são bastante utilizados em simulações de previsões populacionais em projetos de saneamento. O Quadro 3 traz as equações aplicáveis aos métodos matemáticos aritmético, geométrico e da curva logística. É importante destacar que independente do método escolhido, os resultados da projeção populacional devem ser coerentes com a densidade populacional da área em questão (atual, futura ou de saturação).

O método aritmético pressupõe uma taxa de crescimento constante para os anos que se seguem, a partir de dados populacionais conhecidos. Admite que a população varie linearmente com o tempo e pode ser utilizado para a previsão de um período pequeno de 1 a 5 anos. Para previsão por período muito longo, torna-se acentuada a discrepância com a realidade histórica, uma vez que o crescimento é pressuposto ilimitado.

O método geométrico considera o crescimento populacional função da população de cada instante e também é utilizado para estimativas de menor prazo.

No método da curva logística o crescimento populacional segue uma relação que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação.

Quadro 3 - Métodos matemáticos utilizados na projeção populacional.

Método	Fórmula da Projeção	Coefficiente
Projeção aritmética	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção geométrica	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$ ou $i = e^{K_g} - 1$
Crescimento logístico	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{k_1 - (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_2) / P_0$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$

Onde:

P_0, P_1, P_2 = populações nos anos t_0, t_1, t_2

P_t = população estimada no ano t (hab)

P_s = população de saturação (hab)

K_a, K_g, K_1, i, c = coeficientes

Exemplo 1 – Calcular a população de uma cidade para o ano 2020 e 2030, utilizando os métodos de previsão populacional aritmético, geométrico e curva logística, considerando as seguintes populações dos anos descritos a seguir:

$t_0 = 1990$ $P_0 = 10.585$ hab

$t_1 = 2000$ $P_1 = 23.150$ hab

$t_2 = 2010$ $P_2 = 40.000$ hab

a) Projeção aritmética

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0} = \frac{40000 - 10585}{2010 - 1990} = 1470,75$$

População para 2020 (t = 2020)

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0) = 10585 + 1470,75 \cdot (2020 - 1990) = 54.707 \text{ hab}$$

População para 2030 (t = 2030)

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0) = 10585 + 1470,75 \cdot (2030 - 1990) = 69.415 \text{ hab}$$

b) Projeção geométrica

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0} = \frac{\ln 40000 - \ln 10585}{2010 - 1990} = 0,0665$$

População para 2020 (t = 2020)

$$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)} = 10585 \cdot e^{0,0665 \cdot (2020 - 1990)} = 77.758 \text{ hab}$$

População para 2030 (t = 2030)

$$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)} = 10585 \cdot e^{0,0665 \cdot (2030 - 1990)} = 151.326 \text{ hab}$$

c) Projeção da curva logística

$$P_s = \frac{2 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$$

$$P_s = \frac{2 \cdot 10585 \cdot 23150 \cdot 40000 - 23150^2 \cdot (10585 + 40000)}{10585 \cdot 40000 - 23150^2} = 66709$$

$$c = \frac{P_s - P_2}{P_0} = \frac{(66709 - 10585)}{10585} = 5,3022$$

$$K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right] = \frac{1}{2000 - 1990} \cdot \ln \left[\frac{10585 \cdot (66709 - 23150)}{23150 \cdot (66709 - 10585)} \right] = -0,1036$$

População para 2020 (t = 2020)

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{k_1 \cdot (t - t_0)}} = \frac{66709}{1 + 5,3022 \cdot e^{-0,1036 \cdot (2020 - 1990)}} = 53.930 \text{ hab}$$

População para 2030 (t = 2030)

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{k_1 \cdot (t - t_0)}} = \frac{66709}{1 + 5,3022 \cdot e^{-0,1036 \cdot (2030 - 1990)}} = 61.535 \text{ hab}$$

3.5.4 Mananciais

Mananciais são reservas hídricas ou fontes utilizadas no abastecimento de água. De maneira geral, quanto à origem, podem ser classificados em manancial superficial e subterrâneo.

As águas meteóricas na forma de chuva, neve, granizo, neblina e orvalho, podem ser aproveitadas como fonte de abastecimento, mas necessitam de uma superfície para sua captação.

3.5.4.1 Manancial superficial

As águas que escoam e se acumulam na superfície da Terra podem vir a constituir um manancial para um sistema de abastecimento de água. Um manancial de superfície ou superficial compreende as águas doces dos córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais como açudes e lagos represados.

As águas oceânicas podem, em situações bastante especiais, constituir mananciais de superfície. São utilizadas geralmente em regiões onde a água doce é escassa ou de difícil acesso, como países do Oriente Médio, Austrália e Caribe, e também em navios transatlânticos e submarinos. Nestes casos, a água doce é obtida através de processos de dessalinização, em que o principal problema das tecnologias empregadas em grande escala na sua produção é conseguir diminuir o custo final, pois, tipicamente, consome grande quantidade de energia e depende de plantas de produção cara e específicas. Portanto é sempre mais cara em relação à água doce de rios ou subterrânea.

3.5.4.2 Manancial subterrâneo

São os mananciais que se encontram abaixo da superfície terrestre, compreendendo os aquíferos (lençóis) freáticos e profundos, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, poços escavados ou tubulares, galerias de infiltração, barragens subterrâneas ou pelo aproveitamento das nascentes (fontes de encosta).

3.5.4.3 Aproveitamento das águas meteóricas

As águas meteóricas são aquelas encontradas na atmosfera em quaisquer de seus estados físicos. Ao precipitar na forma de chuva, neve, granizo e orvalho, podem ser aproveitadas para o consumo.

As águas de chuva são as mais usualmente aproveitadas e serão melhor abordadas no item captação de água de chuva, entretanto, existem diversos estudos para o aproveitamento de água a partir da umidade do ar na forma de neblina e orvalho.

O aproveitamento de água contida em neblina ou névoa tem sido estudado, avaliado e aplicado em diferentes partes do mundo, como Colômbia, Chile, Equador, Croácia, Espanha, Namíbia, Cabo Verde e África do Sul, entre outras. Trata-se uma tecnologia sustentável e de baixo custo. Geralmente é empregada em lugares com pouca precipitação e nas cercanias de grandes massas de água que forneçam evaporação maciça necessária para a formação de nuvens, ou seja, lagos ou oceanos.

A coleta é realizada através de uma malha plástica, suspensa e orientada perpendicularmente ao fluxo do vento. Quando as gotas de água em suspensão que formam a neblina se chocam com o tecido dessa malha, sofrem uma alteração na energia superficial que promove a formação de gotículas maiores, que aderem, aglutinam e escorrem pela malha e, por tubulação são conduzidas ao armazenamento facilitando o seu aproveitamento.

3.5.4.4 Escolha do manancial

Na implantação de um sistema de abastecimento de água, a escolha do manancial se constitui na decisão mais importante. Para sua seleção deve-se considerar todos os mananciais que apresentem condições sanitárias satisfatórias e que, isolados ou agrupados, tenham vazão suficiente para atender à demanda máxima prevista para o alcance do plano. Portanto, essa seleção deve ser realizada mediante estudos técnicos, econômicos e ambientais, comparando-se as diversas alternativas viáveis.

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

- **1º 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;
- **2º critério** - vazão mínima do manancial, necessária para atender a demanda por um determinado período de anos;
- **3º critério** - mananciais que exigem apenas desinfecção: inclui as águas subterrâneas;
- **4º critério** - mananciais que exigem tratamento simplificado: compreendem as águas de mananciais protegidos, com baixos teores de cor e turbidez, passíveis apenas de filtração e desinfecção;
- **5º 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.

3.5.4.5 Medições de vazão

A vazão corresponde ao volume de água que escoar por uma determinada seção de um conduto aberto ou fechado na unidade de tempo. Pode ser expressa em várias unidades, como metro cúbico por hora (m^3/h), metro cúbico por segundo (m^3/s), litros por segundo (l/s), litros por minuto (l/min), litros por hora (l/h) e litros por dia (l/d):

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} \quad (01)$$

A vazão aproximada de uma corrente do tipo médio pode ser determinada através do conhecimento da velocidade da água e da área da seção transversal de um trecho da veia líquida. Pode ser representada pela equação da continuidade:

$$Q = A \cdot V \quad (02)$$

onde:

Q = vazão (m³/s)

A = área da seção de escoamento (m²)

V = velocidade média na seção (m/s)

A velocidade corresponde à distância percorrida por um corpo num determinado intervalo de tempo:

$$V = \frac{\text{Distância percorrida}}{\text{Tempo}} \quad (03)$$

3.5.4.5.1 Em fontes de encostas

O método mais simples para medição de vazão em fonte de encosta consiste em canalizar água para uma única saída e por meio de um tubo, recolher a água em um recipiente de volume conhecido (tambor, barril, balde, etc.) e medir o tempo necessário para encher completamente o recipiente.

Exemplo 2 – Determinar a vazão de uma fonte que enche completamente um tambor de 200 litros em 50 segundos.

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} = \frac{200 \text{ l}}{50\text{s}} = 4,0 \text{ l/s}$$

3.5.4.5.2 Em córregos

Existem diversos métodos de medição de vazão em rios e córregos, sejam diretos e indiretos (convencionais e não convencionais). Podem compreender desde um simples objeto lançado na água para permitir a estimativa da velocidade percorrida pelo mesmo em uma determinada distância, até métodos mais precisos como molinetes, doppler acústicos (ADCP - *Automatic Doppler Current Profiler*) e em casos mais específicos, por satélites.

a) Método prático com flutuador

Este método prático, porém pouco preciso, inicia-se com a determinação da velocidade, soltando-se um flutuador (rolha de cortiça, bola de borracha, pedaço de madeira, entre outros) para percorrer na linha média da corrente, dois pontos de referência (A e B) com distância conhecida, marcando-se o tempo gasto nesse percurso. Para determinação prática da seção transversal de um córrego ao longo de um trecho aproximadamente constante, escolhe-se uma seção (F-F) intermediária entre os pontos A e B e determina-se a largura que a corrente aí apresenta. Proceda-se a uma sondagem ao longo da seção (F-F), utilizando-se varas, paus, ou escalas graduadas, determinando-se a média dessa profundidade (Figura 2). Calcula-se a área da seção como se fosse retângulo, multiplicando-se a largura pela profundidade.

Exemplo 3 – Determine a vazão do córrego sabendo-se que um flutuador de isopor leva 20 segundos para percorrer 10 metros de distância (entre os pontos A e B) até alcançar a seção transversal de estudo com 4,00 metros de largura, onde foram encontradas as seguintes profundidades 1,00 m, 1,20 m e 0,80 m.

Passo 1 – Determinação da velocidade:

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

Passo 2 – Determinação da área da seção transversal do córrego:

$L = 4,00 \text{ m}$ (largura da seção transversal)

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

A área média da seção transversal, $A = 4,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} = 4,00\text{m}^2$

Passo 3 – Determinação da vazão:

$$Q = A \cdot V = 4,00 \text{ m}^2 \cdot 0,50 \text{ m/s}$$

$$Q = 2,00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } Q = 2.000 \text{ l/s.}$$

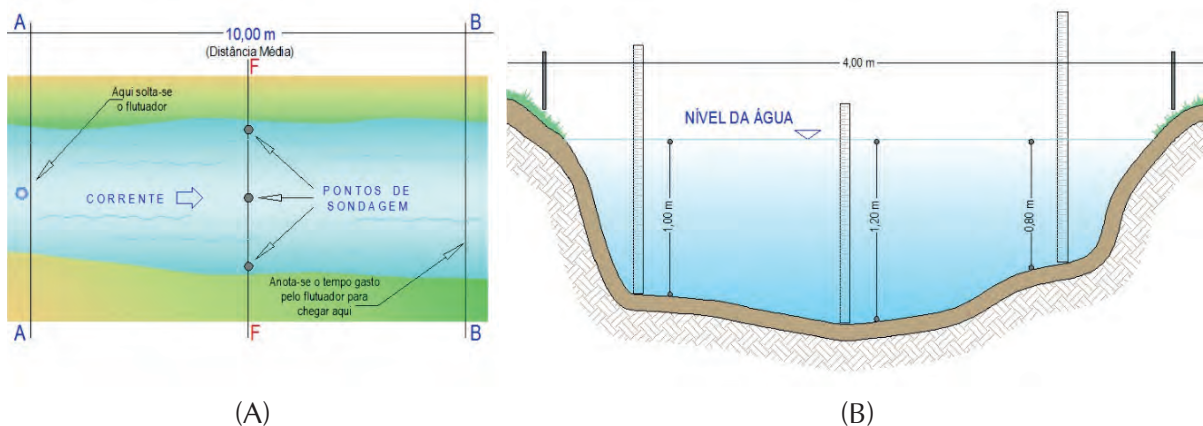


Figura 2 - Planta (A) e seção transversal de córrego (B).

b) Método com aplicação do vertedor de madeira.

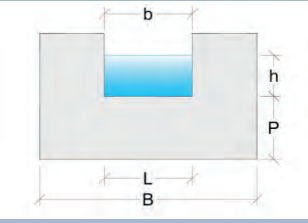
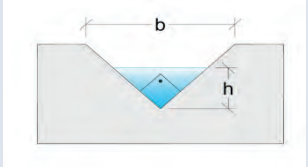
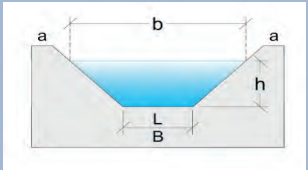
Vertedores ou vertedouros são dispositivos utilizados para medir e/ou controlar a vazão em escoamento por um canal. Aplica-se em canais de irrigação, estações de tratamento de água e esgotos, barragens, medição de vazão em córregos, entre outros. As formas geométricas mais comuns da abertura de vertedouros são retangulares, triangulares, trapezoidais, circulares e parabólicas. Os principais elementos de um vertedor são:

- Soleira: parte superior da parede em que há contato com a lâmina vertente;
- Carga sobre a soleira (h): distância vertical entre o nível da soleira e o nível d'água a montante, aproximadamente igual a seis vezes a carga. No geral, a uma distância de 1,50 m;

- Altura do vertedor (P): diferença de nível entre a soleira e o fundo do canal de chegada;
- Largura da soleira (L): dimensão da soleira através da qual há o escoamento;
- Largura do vertedor (B): largura da lâmina líquida ou do nível d'água (b) e bordas laterais (a).

O Quadro 4 mostra as principais formas e características dos vertedouros com paredes finas.

Quadro 4 - Principais formas e características dos vertedouros.

Vertedouro	Fórmula	Desenho
Retangular	$Q = 1,838.L.h^{3/2}$ (Fórmula de Francis)	
Triangular	$Q = 1,4.h^{5/2}$ (Fórmula de Thompson)	
Trapezoidal	$Q = 1,86.L.h^{3/2}$ (Fórmula de Cipolletti)	

Um método prático para medição de vazão em correntes líquidas com até 3,00m de largura, consiste na instalação de um vertedouro de seção triangular perpendicularmente ao fluxo corrente, barrando-a e obrigando a passagem da água através da seção. Em um dos lados do vertedouro coloca-se uma escala graduada em centímetros, na qual se faz a leitura do nível alcançado pela água (Figura 3). Para determinação da vazão da corrente, toma-se a leitura na escala graduada e a fórmula para cálculo de vazão em vertedouro triangular.

Exemplo 4 – Determine a vazão do córrego sabendo-se que a altura da lâmina d’água do vertedouro triangular é de 30 cm.

Altura da lâmina d’água do vertedouro triangular $h = 30$ cm ou $h = 0,30$ m

$Q = 1,4 \cdot h^{5/2} = 1,4 \cdot 0,30^{5/2} = 0,0690$ m³/s ou 69 l/s.

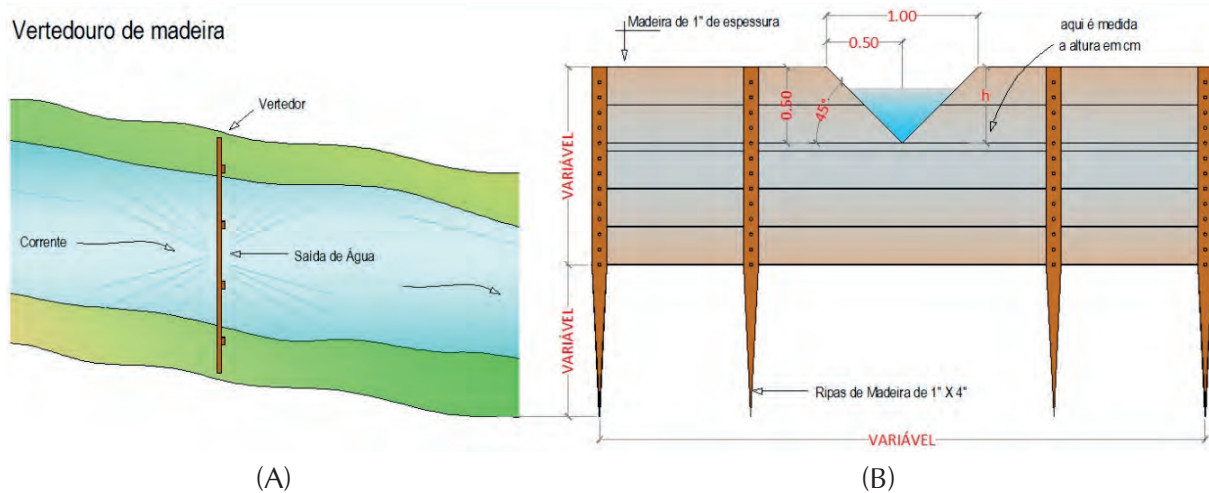


Figura 3 - Vertedouro de madeira em planta (A) e na seção transversal (B).

3.5.4.5.3 Em poços

Para determinação da vazão de poços tubulares, destinados a alimentar sistemas de abastecimento de água, faz-se necessária a realização e interpretação de testes específicos, chamados de testes de produção e testes de aquífero.

Os testes de aquífero destinam-se a obter os parâmetros hidrogeológicos do aquífero: condutividade hidráulica, transmissividade hidráulica e coeficiente de armazenamento. Estes parâmetros, convenientemente utilizados, permitem a elaboração de modelos de previsão que informam sobre a capacidade do manancial subterrâneo de prover as demandas requeridas.

Esses testes são normalmente realizados em etapa única com duração comum de 12 a 48 horas de bombeamento, durante as quais são observados os rebaixamentos do nível da água dentro do poço bombeado (nível dinâmico) e também o rebaixamento do nível da água dentro de um ou mais poços de observação, nas proximidades, chamados poços piezômetros. Nesses procedimentos são requeridas bombas submersas, dispositivos de medição de vazão automáticos como escoadores de orifício circular, hidrômetros ou medidores ultrassônicos; além de medidores de nível de água elétricos manuais. Normalmente os testes de aquífero são recomendáveis em poços que captam aquíferos porosos (rochas sedimentares).

O teste de produção destina-se a determinar a vazão máxima possível a ser extraída do poço ao longo de sua vida útil, ou ao longo do alcance do projeto do sistema. Essa vazão de produção do poço é chamada de vazão de exploração do poço.

A vazão de exploração de um poço tubular pode ser determinada através do teste de produção que é feito em etapa única ou de forma escalonada. Neste último caso, o teste é realizado aumentando-se a vazão de teste do poço em etapas sucessivas ao longo de um determinado tempo. O registro do rebaixamento da água dentro do poço bem como os dispositivos para a realização do teste são os mesmos acima citados para os testes de aquífero. Em função das vazões bombeadas e dos rebaixamentos encontrados no final, para cada etapa de bombeamento é construída a chamada curva característica do poço (vazão x rebaixamento), a partir da análise e interpretação da qual é determinada a vazão de produção, ou vazão de exploração do poço, que assegure o atendimento da demanda requerida e que não provoque danos ao poço ou super exploração do aquífero. Em situações onde são requeridas pequenas vazões para abastecimento (soluções individuais), ou em áreas de aquíferos de baixo potencial como os aquíferos fissurais (em rochas cristalinas), pode-se efetuar os testes de produção de uma forma mais simples como a seguinte:

- a) A vazão deve ser medida, de preferência, na época de estiagem;
- b) O teste pode ser feito com bomba ou compressor;
- c) O teste com bomba pode ser realizado da seguinte maneira:
 - Instala-se a bomba no poço com o crivo posicionado acima da principal entrada de água. A bomba deverá ter um registro na saída para regular sua descarga;
 - Bombeia-se o poço com uma vazão constante, definida em função de observações feitas durante sua construção, até que o nível da água tenda à estabilização. As medições de vazão podem ser feitas pelo método volumétrico, cronometrando-se o tempo de enchimento de um recipiente de volume conhecido como, por exemplo, um tambor de 200 ou 220 litros e latas de 18 litros.

3.5.5 Captação

É o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao abastecimento coletivo ou individual. De acordo com o tipo do manancial a ser aproveitado, podem ser utilizadas as seguintes formas de captação (Quadro 5 e Figura 4):

Quadro 5 - Formas de captação.

Fonte da água	Exemplo de formas de captação
Água de chuva	Superfície de coleta (cobertura)
Nascente de encosta	Caixa de tomada
Fundo de vales	Galeria filtrante
Lençol freático	Poço escavado
Lençol subterrâneo	Poço tubular profundo
Rios, lagos e açudes	Tomada direta (fixa ou móvel)

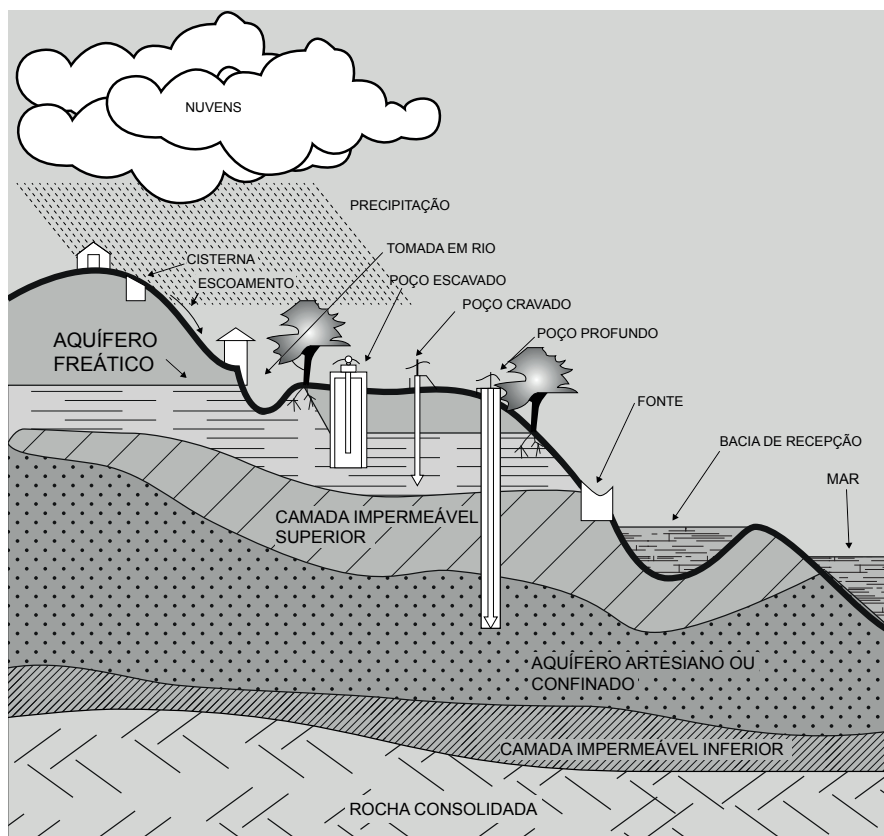


Figura 4 - Formas de captação.

3.5.5.1 Captação de água de chuva

O aproveitamento de água de chuva pode ser considerado um sistema descentralizado e alternativo de suprimento, que apresenta como vantagem a conservação dos recursos hídricos e atende ao princípio do saneamento ecológico.

A captação da água de chuva geralmente é obtida por meio da cobertura ou telhado da edificação, denominada em projeto de área de captação. Os elementos mais comuns empregados nas coberturas das edificações são: lajes, telhas cerâmicas, metálicas, plásticas e telhas ecológicas.

Conceitualmente o reservatório destinado a receber e conservar as águas pluviais é denominado de cisterna. Pode ser constituído por diferentes materiais tais como: pré-moldados de cimento, plásticos PVC ou PEAD, fibra de vidro, alvenaria e concreto armado. No mercado existem diferentes tipos de reservatórios que podem armazenar a água da chuva, com modelos paralelepípedicos, cilíndricos, cônicos, entre outros. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade ou em áreas de seca onde se procura acumular a água do período chuvoso com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber (Figura 5).

Um ponto muito importante está relacionado à coleta das primeiras águas de chuva, pois o escoamento inicial dessas águas na área de captação é suficiente para carregar poeiras, fuligens, folhas, galhos, entre outros detritos que se constituem numa possível fonte de contaminação. Assim sendo, é importante a instalação de um dispositivo de descarte dessas primeiras águas de modo a minimizar a contaminação da água a ser armazenada. Recomenda-se, no mínimo, a utilização de 1 litro por m² ou 1 mm da precipitação para o volume a ser descartado.

A adução da água precipitada é realizada pelas calhas coletoras dispostas principalmente nos beirais da cobertura; condutos fechados e demais acessórios que transportam água à cisterna.

Em placas de concreto com bomba manual de PVC (A)



Em placas de concreto com bomba manual (B)



Com dispositivo de descarte - Padrão Funasa (C)



Cisterna de PEAD (D)



Figura 5 - Tipos de cisterna mais utilizados.

Para o dimensionamento do volume da cisterna deve-se conhecer os dados pluviométricos da região, principalmente a precipitação média anual, mensal ou diária e o número de dias secos (sem chuva). O método de dimensionamento mais usual considera como parâmetros a seca máxima anual e a demanda de água potável, entendendo-se por demanda o resultado do produto entre o consumo *per capita* e número de pessoas que se pretende abastecer.

O volume da cisterna pode ser obtido pela seguinte equação:

$$V = P \cdot A \cdot c \quad (04)$$

onde:

V - volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (m³);

P - precipitação média anual, mensal ou diária (m);

A - área de coleta (m²);

c - coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

Para coberturas de telhas cerâmicas e metálicas utiliza-se o coeficiente de escoamento superficial (c) variando entre 0,8 a 0,9.

A cisterna deve sofrer desinfecção antes do uso (vide desinfecção de poço escavado). A água armazenada, quando for usada para fins domésticos, deve ser previamente fervida ou clorada.

Exemplo 5 - Calcule o volume mínimo de uma cisterna para atender uma família de cinco pessoas morando em uma casa 40 m² de cobertura, considerando-se 6 meses de previsão sem chuva uma precipitação anual de 800 mm.

Passo 1 – Determinação dos consumos:

Considerando um consumo *per capita* de 22 l / hab . dia (uso de água de chuva);

Consumo médio diário: 22 litros/pessoa x 5 habitantes = 110 litros;

Consumo médio mensal: 110 litros/dia x 30 dias = 3.300 litros;

Consumo médio anual: 3.300 litros/mês x 12 meses = 39.600 litros.

Passo 2 – Determinação da capacidade da cisterna:

Considerar somente o consumo durante o período de estiagem, correspondendo a 6 meses sem chuva.

3.300 litros/mês x 6 meses = 19.800 litros.

Passo 3 – Determinação do volume de água possível de captar.

Considerando:

A = 40 m² (área de projeção horizontal do telhado)

P = 800 mm = 0,8m (precipitação pluviométrica anual)

c = 0,8 (coeficiente de escoamento superficial)

Então,

$V = P \cdot A \cdot c = 0,8 \cdot 40 \cdot 0,8 = 25.600 \text{ L ou } 25,6 \text{ m}^3$

Portanto, verifica-se que o volume de água possível de captar é superior ao volume da cisterna demandada para atender essa família.

Preferencialmente as águas das cisternas devem ser retiradas através de bombas manuais.

3.5.5.2 Captação de nascentes

Nascente, mina d'água, olho d'água e fonte, são denominações usadas para definir um ponto onde água aflora à superfície do solo. As nascentes são elementos de suma importância na dinâmica hidrológica, pois consistem nos focos da passagem da água subterrânea para a superfície, podendo resultar na formação de canais fluviais. São bastante utilizadas no abastecimento de água, principalmente no meio rural.

a) Proteção de nascentes

A proteção de nascentes ou fontes de água se caracteriza como um conjunto de práticas que se aplicam com o objetivo de melhorar as condições de produção de água em quantidade e qualidade, reduzir ou eliminar as possibilidades de contaminação e otimizar as condições de uso e manejo.

Quando se realiza trabalhos de proteção de uma fonte de água destinada ao consumo humano, deve-se ter o cuidado de aproveitar adequadamente as nascentes e preservar a vegetação local. As estruturas protetoras das nascentes têm como objetivo evitar a contaminação logo na sua origem, seja por partículas de solo ou por matéria orgânica oriunda das plantas circunvizinhas, insetos e outros.

Em sua condição mais favorável, ou seja, quando as fontes surgem em encostas, a tarefa se resume na construção da caixa de captação ou depósito que, preferencialmente, deve ser revestido e sempre coberto. O revestimento tem por objetivo evitar a imediata contaminação da água pelas próprias partículas do solo, provenientes de desmoronamento das paredes da caixa, e a cobertura, evitar a contaminação por meio do pó trazido pelo vento, restos vegetais, ejeções de animais silvestres, desenvolvimento de algas na presença de luz, etc. As algas, apesar de promover maior oxigenação da água, ao morrer entram em decomposição e podem conferir odores desagradáveis à água.

Existem inúmeras técnicas de recuperação, proteção e utilização de nascentes. Uma bastante utilizada pelo baixo custo e simplicidade de execução, consiste no revestimento da nascente com uma mistura de solo cimento. O método utilizado consiste em limpar o entorno das nascentes manualmente, retirando-se materiais orgânicos como raízes, folhas, galhos e lama. Na sequência, preenche-se a nascente com pedras de mão ou rachão de modo a não vedar o ponto do afloramento. Este arranjo de pedras tem o objetivo de dar estabilidade à estrutura da nascente e auxiliar na filtração da água. Em seguida, instalam-se as tubulações que servem para permitir o escoamento, limpeza e extravasamento da água, sendo dispostas conforme a Figura 6. Por fim, veda-se a cabeceira com uma mistura de solo cimento.

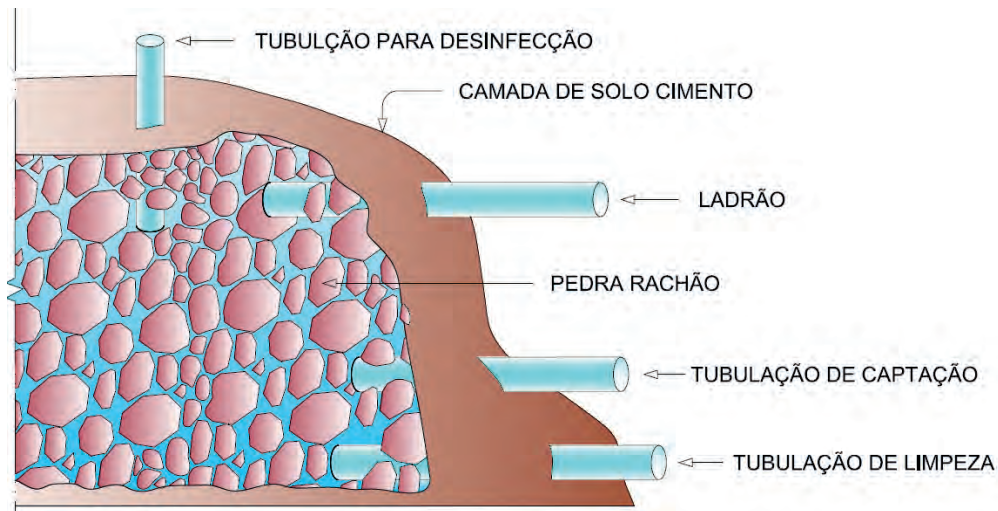


Figura 6 - Esquema de proteção de nascentes.

Fonte: Adaptado de Crispim e Pagliarini, 2012.

b) Caixa de tomada

Destina-se à captação de águas subterrâneas do lençol freático e são aplicáveis a captações de fonte aflorante ou de encosta. Deve ser adequadamente protegida e instalada no local do afloramento para recolher a água diretamente do lençol ou indiretamente através canalização simples ou com ramificações que penetrem o lençol (Figura 7).

No entorno da caixa de tomada, deverão ser executadas canaletas destinadas ao afastamento das águas de chuvas. Além das proteções citadas, a caixa de tomada deve conter: a) tubo extravasor telado; b) tubo de descarga de fundo para limpeza e tubo de abastecimento; c) abertura com tampa que permita a fazer a inspeção e limpeza; d) camada de pedra britada grossa para diminuir a entrada de areia no fundo da caixa.

A dimensão da caixa de tomada está relacionada à área onde será implantada e ao aproveitamento da água da fonte de encosta. Muito embora este tipo de caixa seja de simples execução, existem dificuldades construtivas principalmente em encostas, em que o afloramento e a umidade do terreno tendem a deixar os locais instáveis e sujeitos ao desbarrancamento. Outra possível dificuldade é quando existem vários afloramentos próximos, pois se não forem bem aproveitados ou drenados corretamente, podem comprometer a estabilidade da caixa de tomada.

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

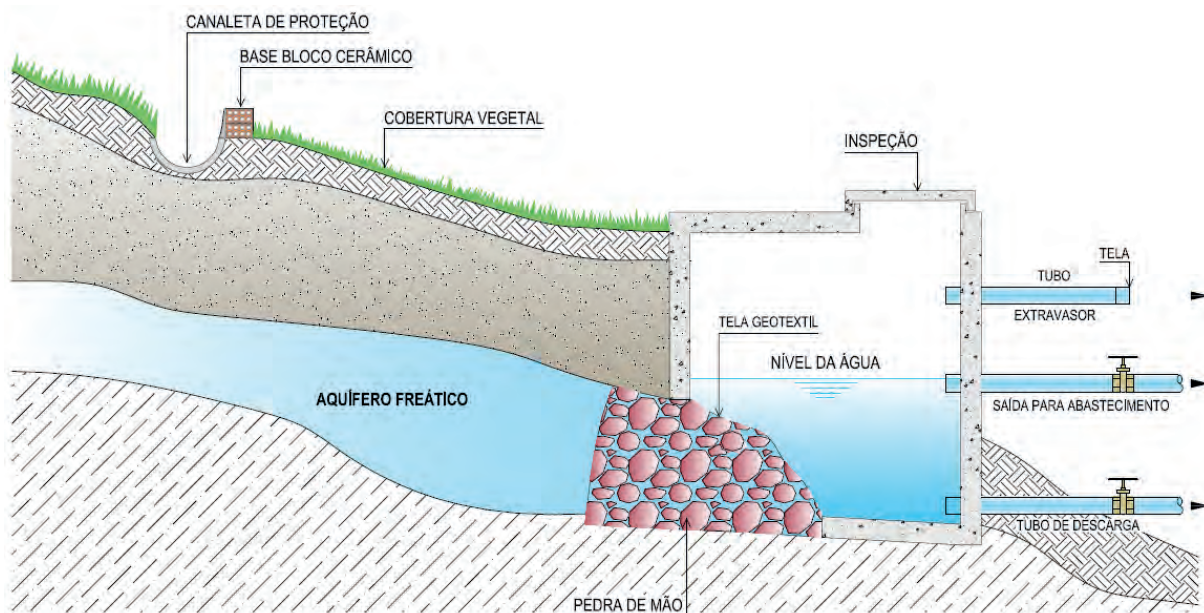


Figura 7 - Caixa de tomada em fonte de encosta.

3.5.5.3 Galeria de infiltração

Destina-se ao aproveitamento da fonte de fundo de vale. É realizada por meio de um sistema de drenagem subsuperficial, sendo possível, em certos casos, usar a técnica de poço raso para a captação da água. Normalmente, a captação é feita por um sistema de drenos formado por um coletor central conectado a coletores secundários que conduzem a água a uma caixa concentradora, para seu posterior aproveitamento.

Os drenos podem ser feitos de pedra, manilhas de concreto ou cerâmica e de tubos de PVC perfurados. Os diâmetros mais empregados são os de 10 a 20 cm; excepcionalmente, empregam-se os de 30 cm. 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 0,25 m por 100 m, declividade máxima 3,0 m por 100 m. Nos pontos de inflexão e mudança de direção dos drenos devem ser usadas caixas de inspeção.

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

A Figura 8 apresenta um desenho esquemático de uma galeria de infiltração com cortes da vala de drenagem e caixa de inspeção.

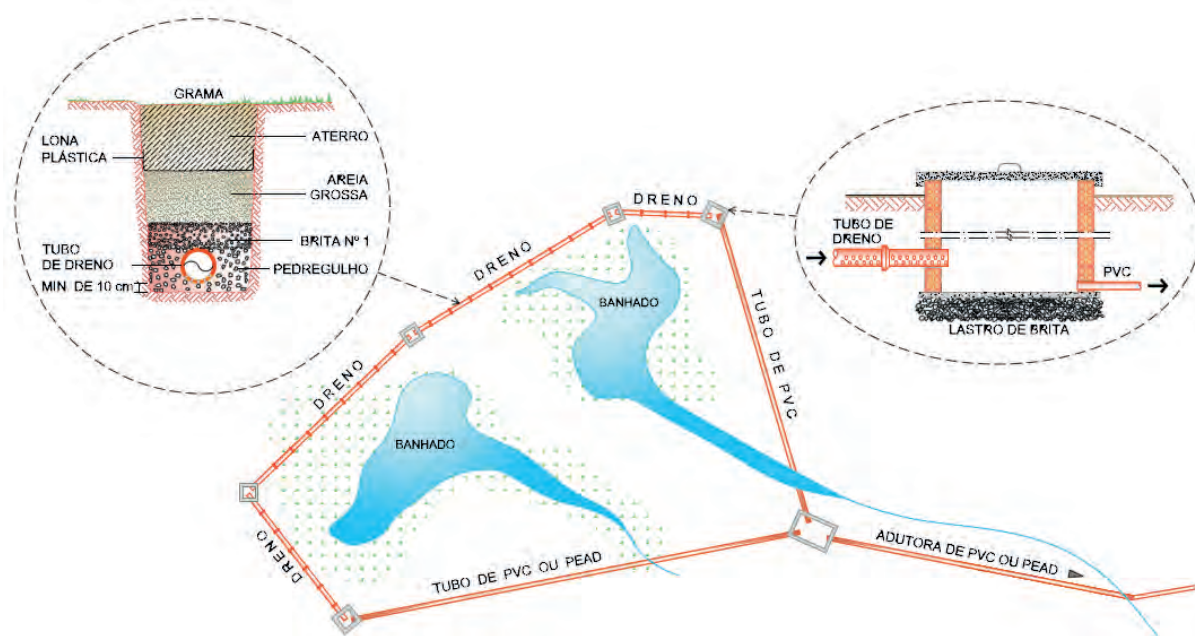


Figura 8 - Desenho esquemático de uma galeria de infiltração.

a) Cuidados na construção: 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.

b) Variantes dos sistemas de acordo com as características dos terrenos:

- 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.

3.5.5.4 Poço escavado manualmente

A escavação de poço é uma das formas mais antigas usadas pelo homem para se abastecer de água subterrânea. No Brasil, o poço escavado ainda é bastante utilizado pela população rural e recebe diversas denominações, como: cacimba, cacimbão, poço amazonas, poço caipira, poço freático, poço raso ou simplesmente poço.

O poço amazonas tem essa denominação porque foi muito utilizado na região norte do Brasil pelo Serviço Especial de Saúde Pública - SESP, como fonte de captação para sistema público de água. Originalmente, o projeto construtivo previa o revestimento lateral e até do fundo do poço, diferindo geralmente dos outros poços escavados que não apresentam essa proteção. São recomendados para o abastecimento de comunidades onde existem aquíferos granulares, pouco profundos e de baixa produtividade. A construção destes poços de grande diâmetro visa resolver o problema da baixa produtividade do aquífero, pois ao mesmo tempo é um ponto de produção e de armazenamento de um bom volume de água. Atualmente a nomenclatura “poço amazonas” vem sendo utilizada em referência a poços escavados revestidos, independente de seu diâmetro e da existência de pré-filtro.

Nos poços escavados manualmente o diâmetro mínimo usual é de 90 centímetros. Quando revestidos com tijolos cerâmicos ou manilhas de concretos, podem chegar a 5 metros de diâmetro. O revestimento é sempre recomendado para evitar o desmoronamento das paredes do poço e a presença de insetos como a barata. A profundidade pode variar dependendo do tipo do material escavado, das técnicas utilizadas, do nível do lençol freático e da existência ou não de revestimento, em geral a profundidade não supera 20 metros.

3.5.5.4.1 Locação

A construção do poço só será viável se houver indícios de água subterrânea na área pretendida e possibilidade de ser atingido o lençol. Estas 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 através de algumas indicações de ordem prática aliadas à experiência dos moradores da área.

Procedimentos a observar na locação:

- 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. Trados de pequeno diâmetro (50 a 150 mm) podem ser usados neste serviço;
- As águas subterrâneas normalmente fluem 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 de palmeiras como a carnaúba, buriti e 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;
- Dependendo do tipo do solo (condutividade hidráulica do terreno) e por medida de segurança, respeitar 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 100 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;
- 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.

3.5.5.4.2 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, todos os cuidados de segurança devem ser tomados por aqueles que estiverem 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 como: picareta, cavadeira e enxadão, ou, também, através 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 manilhas

de concreto, assentadas uma sobre a outra. Na medida em que se escava o seu interior, essas manilhas irão descer por conta do próprio peso.

Uma vez atingido o lençol, recomenda-se aprofundar um pouco mais 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. Neste caso, deve-se revestir pelo menos até três metros de altura, a fim de possibilitar a proteção sanitária do poço.

Uma importante medida na prevenção de acidentes (até mesmo fatais) é o teste indicativo da presença de gás por ocasião da limpeza. O teste se faz 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; neste caso, deve-se forçar a ventilação do poço e repetir o teste em seguida. Só se deve descer no poço quando o teste de gás for negativo.

3.5.5.4.3 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, através do 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.
 - Durante a infiltração das águas de superfície no terreno, suas impurezas ficam retidas numa faixa do solo que, 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 evitar a formação de lamaçal e impedir, também, a infiltração das águas de superfície na área.
- b) Escoamento de águas da superfície e enxurradas através da 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 e outros, através da 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.

3.5.5.4.4 Retirada da 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 que pode ter acionamento manual ou eletromecânico.

A retirada de água deve ser feita preferencialmente através de bomba hidráulica centrífuga (com motor elétrico) ou de êmbolo (de operação manual), pois permite manter o poço sempre fechado, sendo sanitariamente mais seguro (Figura 9).

O balde com corda é um meio manual bastante utilizado para retirada da água de poços e cisternas. Entretanto, é impróprio, seja pela frequente abertura da tampa ou pela possibilidade do balde ou da corda contaminarem a água.

Com o auxílio do sarilho pode-se descer a maiores profundidades. O sarilho simples consiste de uma estrutura cilíndrica na qual se enrola uma corda em sua extremidade e prende-se um balde, entretanto oferece os mesmos riscos do sistema comum de balde com corda.

É importante destacar que independente do modo que a água seja retirada do poço escavado, deve-se proceder a sua desinfecção.

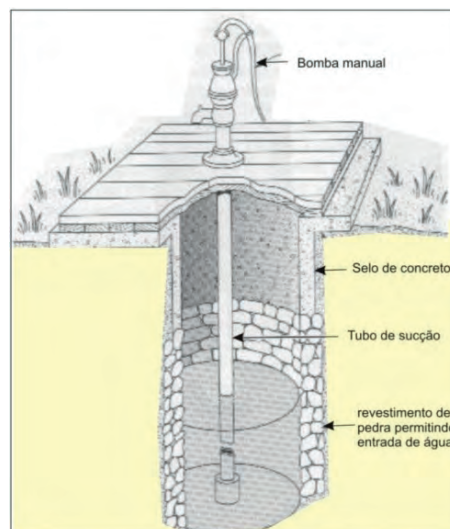


Figura 9 - Poço escavado equipado com bomba manual.

3.5.5.4.5 Desinfecção do poço

Ao término 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);
 - Cal clorada (cerca de 30% de Cl_2);

- Hipoclorito de sódio (cerca de 10% a 15% de Cl₂);
- Água sanitária (cerca de 2% a 2,5% de Cl₂).

b) Quantidade de desinfetante a usar:

- Solução a 50 mg/L de Cl₂ – tempo de contato 12 horas;
- Solução a 100 mg/L de Cl₂ – tempo de contato 4 horas;
- Solução a 200 mg/L de Cl₂ – tempo de contato 2 horas.

c) Técnica de desinfecção:

- Calcular o volume do reservatório ou do poço a ser desinfetado;
- Calcular a quantidade de 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 seu tipo, concentração, tempo de contato e o volume do poço. Para determinação da quantidade do produto a ser utilizada, aplica-se uma regra de três ou a seguinte fórmula prática:

$$Q = \frac{V \cdot d}{C} \quad (05)$$

onde:

Q = quantidade do produto (g);

d = dosagem do produto (mg/L);

V = volume de água a ser desinfetada (m³);

C = concentração do produto a base de cloro (%).

Exemplo 6 – Calcular a quantidade de hipoclorito de cálcio a 65% de cloro ativo necessária para fazer a desinfecção de um poço com um volume de 2000 litros aplicando uma dosagem de 50 mg/L e tempo de contato de 12 horas.

$$Q = \frac{2.50}{0,65} = 153,8 \text{ g de hipoclorito de cálcio}$$

O exemplo acima vale para todos os produtos à base de cloro mudando somente dosagem e a concentração do produto utilizado.

Depois de se calcular a quantidade necessária do produto, deve-se pesar e dissolver em água, com agitação. Em seguida, aplicar a solução dentro do poço e deixar em contato pelo tempo necessário de acordo com a dosagem estabelecida. 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, e observar que:

- A desinfecção com solução forte de 100 mg/L de Cl₂ 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 apresentarem 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.

3.5.5.5 Poço tubular

Os poços tubulares são aqueles que possuem pequenos diâmetros em relação à profundidade, normalmente construídos com auxílio de equipamentos mecânicos e revestidos total ou parcialmente com tubos metálicos ou de plástico. Distinguem-se poços tubulares rasos e poços tubulares profundos.

3.5.5.5.1 Poço tubular raso

Os poços tubulares rasos podem ser perfurados ou cravados.

- Os poços rasos perfurados são geralmente abertos por meio de trados, brocas e escavadeiras manuais, com diâmetros pequenos (0,15 a 0,30 m). São aconselhados para lençóis (aquíferos) freáticos de pequena profundidade, atingindo profundidades de cerca de 8 a 20 metros.
- Os poços rasos cravados são construídos a partir da cravação de tubos metálicos providos de ponteiros no terreno, por meio de percussão ou rotação. Possuem pequenos diâmetros e são usados como solução de emergência em lençóis freáticos de pequena profundidade e grande vazão. São comumente empregados em acampamentos provisórios e em situações de emergência. Devido a seu pequeno diâmetro podem ser cravados a profundidades superiores a 20 metros, dependendo das condições do terreno.

3.5.5.5.2 Poço tubular profundo

O poço tubular profundo é uma obra de engenharia projetada e construída para a captação de água subterrânea, de acordo com normas técnicas específicas, que exige mão de obra e equipamentos especiais para sua construção. É executado com perfuratrizes, à percussão, rotativas ou rotopneumáticas, mediante perfuração vertical, com diâmetros de 4" a 36" e profundidades que vão de mais de 20 metros a cerca de 4.500 metros. Podem ser totalmente ou parcialmente revestidos, com tubos e filtros, metálicos ou de plástico, dependendo das condições da geologia local.

De acordo com o tipo de aquíferos captados e com o nível de água no seu interior, os poços tubulares profundos podem ser classificados em:

- Poços tubulares freáticos - são construídos em aquíferos livres ou freáticos. O nível da água parada nestes poços (nível estático) coincide com o nível freático regional;
- Poços artesianos - são poços construídos em aquíferos confinados ou semi-confinados, nos quais a superfície potenciométrica se eleva acima do topo da camada aquífera. O nível estático destes poços é superior ao nível freático regional;
- Poços artesianos jorrantes - é um caso particular do poço artesianos no qual a superfície potenciométrica se eleva acima da superfície do terreno, ficando assim o nível estático acima da boca do poço, provocando o jorro, ou seja, o derramamento espontâneo de água.

a) Características

A quantidade de água que um poço tubular profundo pode fornecer, também chamada de vazão de exploração do poço, depende da geologia local que determina a capacidade de armazenamento e circulação da água no aquífero. Por isto a produção de água só pode ser estimada a partir de estudos hidrogeológicos que levem em consideração os registros operacionais de poços existentes na região.

Em sistemas de abastecimento público de água de pequeno e médio portes, dependendo da geologia local e da vazão a ser extraída, os diâmetros mais usuais dos poços variam entre 150 mm (6") ou 200 mm (8") e a profundidade de 60 a 300 metros ou mais, em função da profundidade do aquífero a ser explorado.

b) Métodos construtivos

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

- **Percussão**

Trata-se do método de perfuração de poços profundos mais simples e mais difundido, aplicando-se em qualquer tipo de terreno de rochas friáveis ou duras. Exige muito pouca água durante a operação. O princípio do método consiste em movimentos alternados de soerguimento e queda livre, de um conjunto pesado de ferramentas, constituído por um porta-cabo, percussor, haste de perfuração e trépano, suspenso por um cabo acionado por meio de um balancim de curso regulável. Ao cair em queda livre, o trépano rompe o material rochoso, triturando-o, ao mesmo tempo em que é girado sobre o seu próprio eixo, proporcionando um furo circular. O material desagregado pelo trépano é retirado do furo por meio de uma ferramenta tubular com válvula de pé, chamada caçamba, necessitando-se para essa limpeza do furo, de se colocar água no mesmo enquanto o poço não estiver produzindo.

Uma máquina perfuratriz percussora é composta de um guincho com três tambores, com carretel principal, carretel do revestimento, carretel da caçamba; balancim para o cabo; eixo principal; torre telescópica e unidade motriz. Esse conjunto de equipamentos é, normalmente, montado sobre um chassi feito de aço. Os acessórios da perfuração à percussão consistem de porta-cabo, percussores, hastes, trépano e cabos, além de ferramentas utilitárias diversas.

- **Rotativo**

O método rotativo de perfuração de poços exige maiores conhecimentos do operador; requer muita água durante a operação e é indicado principalmente para terrenos de rochas sedimentares. Este método é utilizado para perfuração de poços de grande profundidade.

O poço é perfurado por meio de perfuratrizes rotativas de mesa ou de cabeçote rotativo, utilizando-se um fluido de perfuração injetado por dentro das chamadas hastes de perfuração, na extremidade das quais se acopla uma broca. A partir do controle do peso e da rotação, da composição e da velocidade e viscosidade do fluido utilizado, diferentes tipos de broca cortam, trituram, desagregando as rochas, enquanto o material desagregado é carregado pelo fluido que retorna ao circuito de perfuração. O fluido de perfuração é normalmente a base de argilas do tipo bentonita ou de compostos orgânicos do tipo carboxi-metil-celulose e possui três funções básicas: resfriar a broca, promover a retirada dos fragmentos da rocha triturada do fundo do furo pelo espaço entre a coluna de hastes e a parede do poço, e formar um reboco nas paredes da perfuração, impedindo o desmoronamento e o fluxo de água para dentro do poço durante a perfuração.

Uma perfuratriz rotativa é, normalmente, equipada com os seguintes componentes: motor a explosão elétrico; sistemas mecânicos, hidráulicos, pneumáticos ou elétricos de transmissão de potência; mecanismo rotativo (mesa rotativa ou fixa, cabeçote fixo ou móvel mecânico), mastro ou torre; hastes (de perfuração e no caso de perfuratriz de mesa, haste quadrada de acionamento ou Kelly); sistema de circulação de fluido (mangueiras acopladas a uma bomba de lama ou compressor de ar, ou ambos); chassi; equipamento de *pull-down* (sistemas de cilindros hidráulicos e prendedores, correntes acionadas hidráulica, pneumática ou eletricamente, cabo ou pinhão e cremalheira); equipamento de levantamento (guincho, cabo ou equipamento de *pull-down* usado em reverso); equipamento de manuseio da haste de perfuração; e dispositivos de nivelamento acionados hidráulicamente.

A proteção do poço, após a perfuração, é feita com tubos de revestimento e filtros em aço ou PVC, destinados a impedir o desmoronamento das camadas de solo e permitir a entrada de água dentro do poço.

- **Roto-pneumático**

As perfuratrizes roto-pneumáticas podem ser usadas de duas formas: utilizando o método rotativo, em terrenos de rochas sedimentares, e o método pneumático, em terrenos de rochas cristalinas (ígneas e metamórficas). O sistema pneumático utiliza o ar comprimido, ou ar mais espuma, como fluido de perfuração e a execução do poço é muito mais rápida em terrenos de rocha mais dura (cristalino) do que os demais métodos. (Figura 10).

O método roto-pneumático consiste numa percussão de alta frequência e de pequeno curso dada por um martelo chamado de martelo pneumático, ou martelo de fundo de poço, acionado por ar comprimido, acoplado a uma broca especial de botões muito duros, chamada de bit, cujos botões são constituídos por vídea (carboneto de tungstênio). Ao mesmo tempo em que bate em alta frequência, quebrando a rocha, o martelo pneumático é rotacionado. O fluido que promove a retirada do material triturado do fundo do furo é o próprio ar comprimido, transmitido pelo compressor por dentro da coluna de perfuração, para dentro do martelo e do bit. A perfuratriz roto-pneumática é acoplada a um compressor de ar que é a unidade geradora do sistema pneumático.



Figura 10 - Perfuratriz roto-pneumática.

3.5.5.5.3 Perfil construtivo

Em relação ao perfil construtivo, os poços podem ser classificados em: revestidos e parcialmente revestidos, de acordo com o perfil litológico (Figura 11).

- a) Poços em rochas cristalinas (aquíferos fissurados) - construção de poço parcialmente revestido

Denomina-se genericamente de rochas cristalinas aquelas que permitem a construção do poço com a utilização de revestimento somente na parte do capeamento de solo ou de rocha inconsolidada. Nas rochas cristalinas, que possuem porosidade e permeabilidade quase nulas, a água é transmitida através de descontinuidades representadas pelas fraturas e fissuras, que se constituem no meio de transmissão e armazenamento da água. São rochas de natureza ígnea, metamórfica e as sedimentares muito duras, como os arenitos muito litificados e calcários. Todas estas rochas permitem que as paredes do poço se sustentem e drenem a água diretamente para o interior do poço.

- b) Poços em rocha sedimentar (aquífero poroso) - Construção de poço totalmente revestido

As rochas sedimentares são rochas de baixa coesão com espaços vazios entre os grãos que a compõem. Esta característica faz com que a água possa ser armazenada no conjunto de vazios da rocha, chamado de espaço poroso (propriedade denominada porosidade) e que possa ser transmitida devido à intercomunicação entre os espaços vazios (propriedade denominada de permeabilidade). Devido a estas características, as paredes dos poços construídos nesse tipo de rocha desmoronam, por isto estes poços devem ser totalmente revestidos com uma coluna constituída por tubos fechados que protegem as paredes do poço e tubos ranhurados, ou filtros, que permitem transmissão de água para dentro do poço.

c) Poços mistos com aquífero fissurado e poroso no mesmo poço - Construção do poço parcialmente revestido

São aqueles cuja parte superior perfurada é constituída por sedimentos, mantos de intemperismo ou rochas sedimentares friáveis, e a parte inferior, por rochas compactas, chamadas rochas cristalinas (de natureza ígnea, metamórfica ou sedimentar muito dura, como os arenitos muito litificados e calcários). Por causa desta característica geológica do terreno, a parte superior do poço é revestida, com colocação de tubos de revestimento e, ocasionalmente, filtros, e a parte inferior, no domínio das rochas cristalinas, onde o aquífero é fissural, permanece sem revestimento, uma vez que essas rochas permitem que as paredes do poço se sustentem, drenando a água diretamente para o interior do poço, após a perfuração.

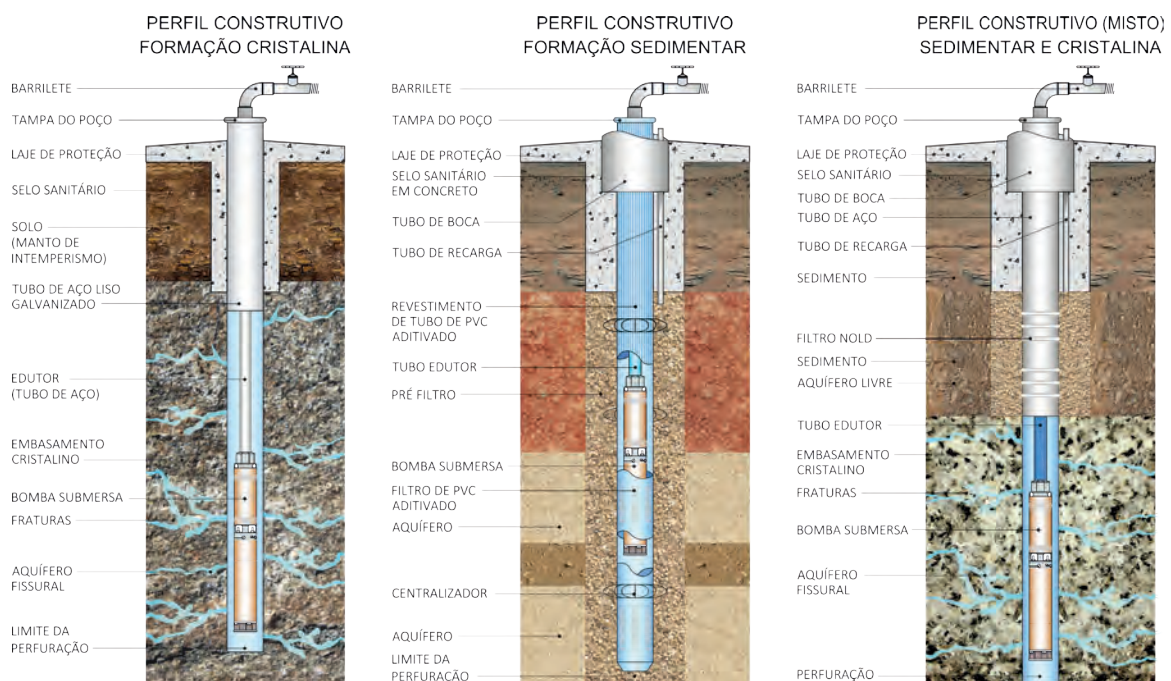


Figura 11 - Tipos de perfil construtivo de poço.

Fonte: Tecdrill, 2015.

3.5.5.4 Instalação do poço

Para a montagem do poço e dimensionamento do conjunto elevatório são necessárias as seguintes informações que devem constar no relatório técnico do poço:

- Diâmetro do poço determinado pelo diâmetro interno do tubo de revestimento;
- Vazão: vazão ótima que visa o aproveitamento técnico e econômico do poço, definida pela curva característica do poço (curva vazão x rebaixamento);
- Nível estático: nível da água no poço quando não há bombeamento;
- Nível dinâmico: nível da água no poço durante o bombeamento;

- Profundidade de instalação da bomba: definida em função da posição prevista para o nível dinâmico, correspondente à vazão de exploração. Normalmente o crivo da bomba submersa é localizado 10 metros abaixo do nível dinâmico. A bomba ainda deverá ficar posicionada acima da seção de filtros (nos casos de poços revestidos) ou acima da principal fenda produtora, nos casos de poços não revestidos, em rochas cristalinas;
- Outras: 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.

3.5.5.6 Barragem subterrânea

A barragem subterrânea é um tipo de barramento construído no aluvião de um rio ou riacho, que tem como finalidade principal impedir que a água nela acumulada continue a escoar. Após a identificação do local adequado à construção, é feita uma abertura transversal ao leito do riacho. Esta abertura pode ser feita de forma manual ou mecânica (trator de esteira ou retroescavadeira).

Em seguida é colocado material impermeável (argila, lona plástica e outros) de modo que venha impedir o fluxo natural da água subterrânea. Concluída a obra, a vala é totalmente preenchida com o próprio material que foi retirado (Figura 12).



Figura 12 - Barragem subterrânea.

3.5.5.6.1 Locais indicados para construção de uma barragem subterrânea

De preferência a barragem deve ser construída nos períodos de estiagem, quando o nível da água subterrânea estiver mais baixo, principalmente em locais onde as águas das cacimbas possuam boa qualidade ou onde existam áreas significativas de aluvião. Melhor ainda se existirem poços amazonas construídos na área, pois poderão ser aproveitados como ponto de captação da água acumulada na barragem.

3.5.5.6.2 Vantagens da barragem subterrânea

Apresenta maior rapidez na construção (três dias no máximo, se mecanizada); os custos são baixos incluindo o poço amazonas; pode ser executada com a mão de obra da própria comunidade beneficiada; é possível monitorar o nível d'água subterrânea continuamente ao longo do ano; a água nela acumulada pode ser utilizada para diversos fins: consumos humano e animal, usos domésticos, pequenas irrigações, entre outros.

3.5.5.6.3 Observações importantes

É importante que ao mesmo tempo da construção da barragem subterrânea, seja construído, na área de montante, pelo menos um poço amazonas, que terá como função principal permitir a retirada d'água subterrânea ali acumulada. O bombeamento permanente d'água vai servir para evitar a sua salinização através da renovação, principalmente na época chuvosa.

A barragem subterrânea representa um tipo de construção hídrica considerada de baixo custo, com aspectos construtivos simples e que pode ser feita pela própria comunidade. É necessária a participação de um técnico em hidrogeologia na construção de uma barragem subterrânea. Ele irá selecionar o melhor local para se construir a obra, bem como orientar o processo construtivo propriamente dito. Também vai definir a vazão da exploração do poço amazonas.

É importante que a barragem subterrânea seja construída no período de estiagem após a passagem das chuvas. É nessa época que vai acontecer um rebaixamento do nível freático da água (subterrâneo), permitindo a construção com mais facilidade.

É importante que, após a conclusão da barragem, seja feita uma arrumação de pedras na superfície e posicionado sobre o barramento. Isto servirá para represar a água e inundar a área a ser saturada da barragem.

3.5.5.7 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;
- 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;
- Elementos 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, para as partes subsequentes do sistema;
- **Caixas de areia** - são dispositivos instalados nas captações, destinados a remover as partículas carregadas pela água com diâmetro acima de um determinado valor.

3.5.5.7.1 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 13).



Figura 13 - Barragem de nível da tomada d'água.

3.5.5.7.2 Canal de derivação

Consiste no desvio parcial das águas de um rio a fim de facilitar a tomada de água (Figura 14).

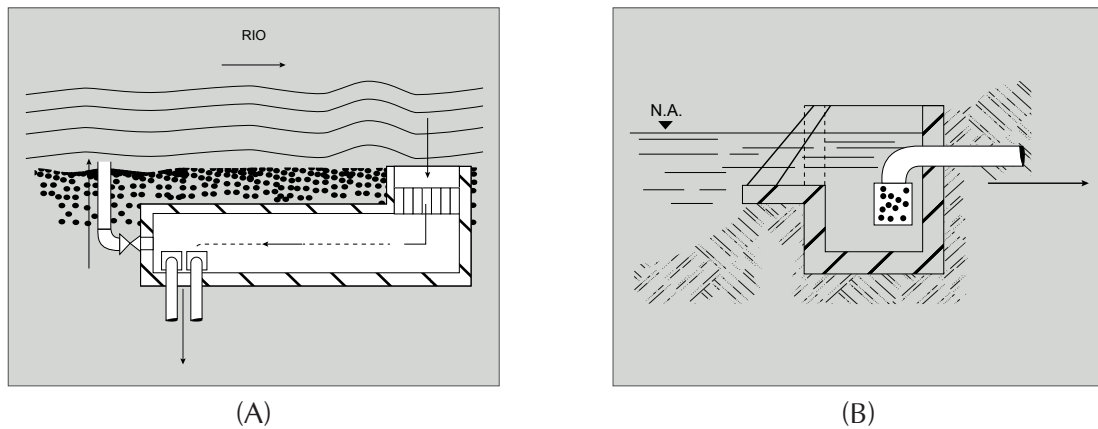


Figura 14 - Desvio parcial das águas de um rio em planta (A) e corte (B).

3.5.5.7.3 Poço de tomada

Os poços de tomada destinam-se, essencialmente, a receber as tubulações e peças que compõem o trecho de sucção das bombas. Devem ter dimensões apropriadas para facilitar o trabalho de colocação ou reparação das peças e para assegurar a entrada de água ao sistema elevatório independente do nível das águas do rio (Figura 15).

São utilizados normalmente em cursos d'água perenes sujeitos a pequenas oscilações de nível, em que não haja transporte de sedimentos (areia).

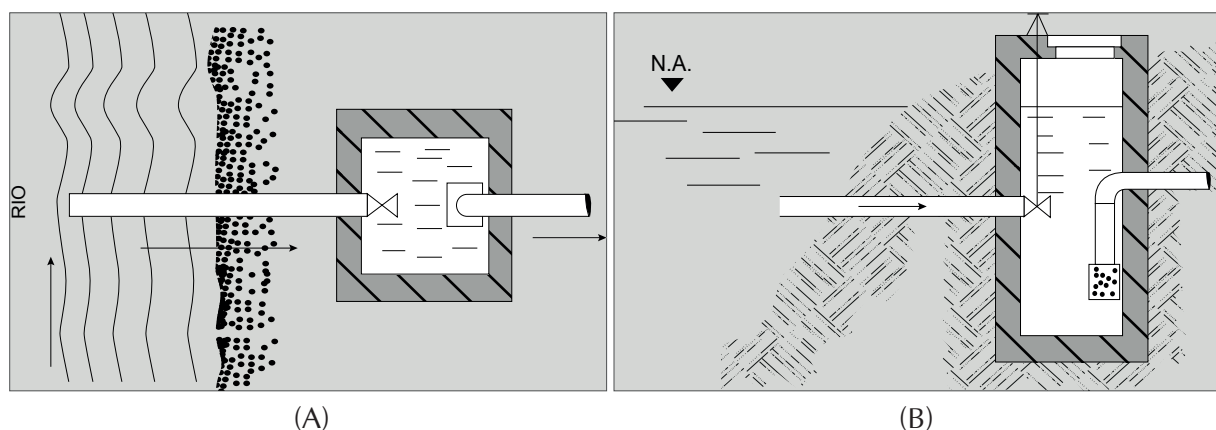


Figura 15 - Tipo de poço de tomada em planta (A) e corte (B).

3.5.5.7.4 Torre de tomada

Utilizada para captação em represas e lagos. A torre de tomada fica sempre envolvida pela água sendo dotada de várias comportas situadas em níveis diferentes. O ingresso

da água no 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 16).

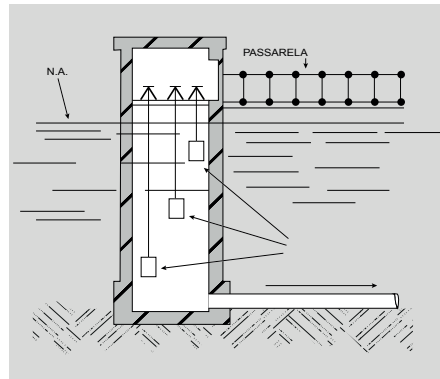


Figura 16 - Torre de tomada.

Fonte: Azevedo Neto *et al.*, 1987.

3.5.5.7.5 Tomada de água flutuante

Este sistema de captação é baseado na mobilidade dos conjuntos elevatórios e pode ser montado sobre base flutuante tipo balsa. Na operação, durante a subida ou descida da água, existe a necessidade de se encurtar ou alongar a tubulação de recalque (Figura 17).



Figura 17 - Captação flutuante em balsa metálica.

3.5.6 Adução

Adução consiste em um conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte, destinados a conduzir a água entre as unidades que antecedem a rede de distribuição. Podem ser dispostas entre: a captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA); a captação e o reservatório de distribuição; a captação e a rede de distribuição; a ETA e o reservatório de distribuição e a ETA e a rede de distribuição.

A adutora não possui derivações para alimentar diretamente os ramais prediais, mas permite derivação da adutora principal para alimentar um setor qualquer da área a ser abastecida ou outros pontos fixo do sistema, neste caso, é chamada subadutora.

3.5.6.1 Classificação das adutoras

As adutoras podem ser classificadas de acordo com a natureza da água transportada e de acordo com a energia utilizada para o escoamento da água.

3.5.6.1.1 De acordo com a natureza da água transportada

- a) Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a ETA.
- b) Adutora de água tratada: transporta a água da ETA até os reservatórios de distribuição.

3.5.6.1.2 De acordo com a energia utilizada para o escoamento da água

- a) Adutora por gravidade: quando aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução. O escoamento pode ser realizado por conduto livre ou forçado, ou ainda, pela combinação dos dois em trechos separados da mesma adutora.
 - **Em conduto livre** - mantém a superfície líquida 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 à seção plena (totalmente cheios) (Figura 18).
 - **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, em sentido descendente por gravidade e em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica (Figura 19).
 - **Combinação de condutos forçado e livre** (Figura 20).
- b) Adutora por recalque: quando utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto moto-bomba e acessórios) (Figura 21).
- c) Mista: quando utiliza parte por recalque e parte por gravidade.

Numa adutora por gravidade, em conduto forçado, podem ser previstos a instalação de peças especiais e acessórios como: registros (de parada e de descarga), válvulas redutoras de pressão e ventosas. Em adutora por recalque, há de se considerar também a instalação de válvulas de retenção e aliviadora de pressão.

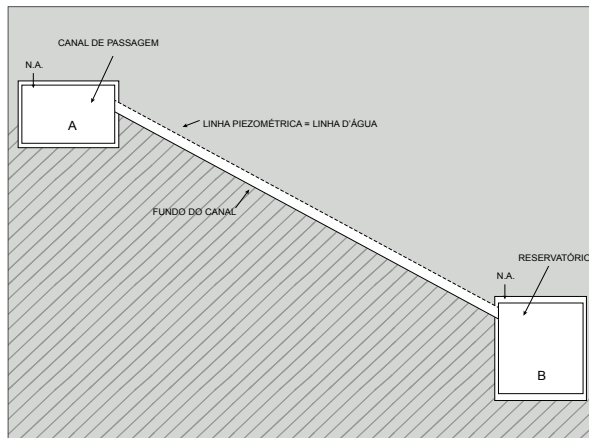


Figura 18 - Adutora por gravidade em conduto livre.

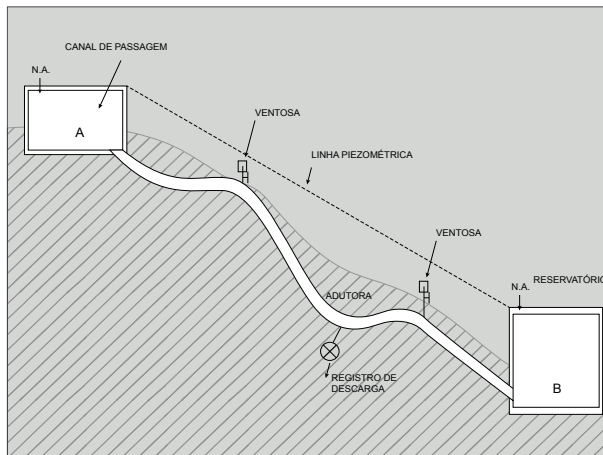


Figura 19 - Adutora por gravidade em conduto forçado.

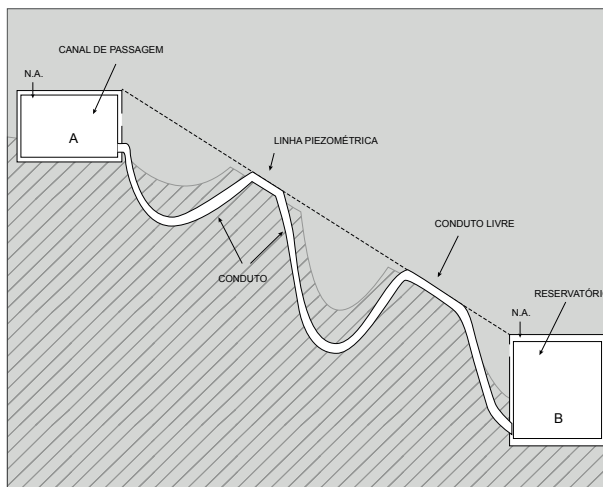


Figura 20 - Adutora por gravidade em conduto forçado e livre.

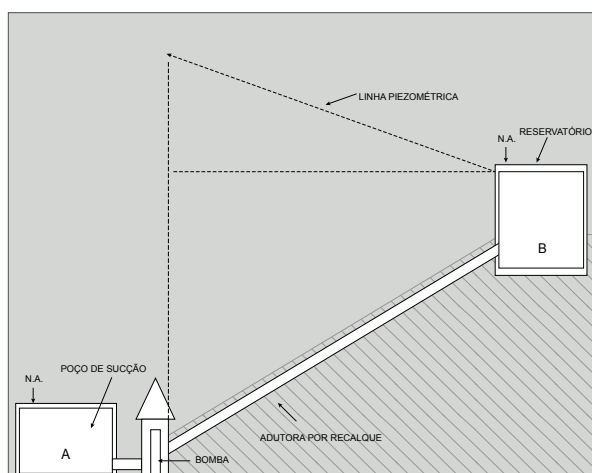


Figura 21 - Adutora por recalque.

3.5.6.1.3 De acordo com a vazão de dimensionamento

a) Sistema com reservatório de distribuição.

- Adução contínua

$$Q = \frac{K_1 \cdot p \cdot q}{86400} \quad (06)$$

- Adução intermitente

$$Q = \frac{K_1 \cdot p \cdot q}{3600 \cdot N} \quad (07)$$

b) Sistema sem reservatório de distribuição.

$$Q = k_1 \cdot k_2 \cdot p \cdot q \quad (08)$$

Onde:

Q = vazão a ser aduzida (l/s) ou (l/dia);

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo;

p = população de projeto;

q = consumo *per capita* (l/hab.dia);

N = número de horas de funcionamento do sistema.

Na determinação da vazão de adução, também devem ser consideradas as vazões de consumos específicos como, por exemplo, o consumo de água decorrente do funcionamento da Estação de Tratamento de Água (ETA).

3.5.6.1.4 Hidráulica para adutoras

Para o dimensionamento de adutoras, são apresentadas as seguintes equações:

a) **Escoamento**

- Equação da continuidade - descrita no item 3.5.4.5 pela equação (02)

$$Q = A \cdot V$$

b) **Perdas de carga distribuídas em conduto livre**

- Equação Chézy

$$V = C R_h^{1/2} I^{1/2} \quad (09)$$

- Equação de Manning

$$V = 1/n R_h^{2/3} I^{1/2} \quad (10)$$

Onde:

V = velocidade média do escoamento (m/s);

R_h = raio hidráulico (m);

I = declividade (m/m);

C = coeficiente de Chézy (depende da forma, natureza e estado da parede do conduto);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (depende também do raio hidráulico).

c) **Perdas de carga distribuídas em condutos forçados**

- Fórmula universal ou de Darcy-Weisbach

$$Q = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{ou} \quad H_f = 8f \frac{LQ^2}{\pi^2 D^5 G} \quad (11)$$

Onde:

H_f = perda de carga (m);

f = coeficiente de atrito (depende das características do escoamento e material do tubo);

L = comprimento da tubulação (m);

D = diâmetro da tubulação (m);

V = velocidade média do escoamento (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s²);

Q = vazão (m³/s).

- Fórmula Hazen-Williams

$$J = 10,65 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \quad (12)$$

Onde:

J = perda de carga unitária (m/m);

Q = vazão (m³/s);

D = diâmetro da tubulação (m);

C = coeficiente de rugosidade (depende da natureza e estado das paredes do tubo).

Esta fórmula pode também ser escrita em função da vazão ou da velocidade:

$$Q = 0,279 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot J^{0,54} \quad (13)$$

$$V = 0,355 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot J^{0,54} \quad (14)$$

d) **Perdas de carga localizadas**

$$H_l = K \frac{V^2}{2g} \quad (15)$$

Onde:

H_l = perda de carga localizada (m);

K = coeficiente de singularidade;

V = velocidade média do escoamento (m/s);

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

3.5.6.1.5 Materiais das tubulações

Os materiais mais utilizados nas construções de adutoras são: PVC; ferro fundido, cimentado internamente; aço soldado; aço com junta ponta e bolsa, junta travada; concreto armado; fibra de vidro impregnado em resinas de poliéster; polietileno de alta densidade (PEAD).

3.5.7 Tratamento da água

O tratamento de água consiste em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano.

Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser, em princípio, transformada em água potável, porém, os custos envolvidos e a confiabilidade na operação e manutenção podem inviabilizar o uso de um determinado corpo d'água como fonte de abastecimento. Existe uma relação intrínseca entre o meio ambiente e as tecnologias de tratamento, isto é, em função da qualidade da água de um determinado manancial e suas relações com o meio ambiente, há tecnologias específicas para que o tratamento seja eficientemente realizado.

A qualidade físico-química e microbiológica da água obtida no manancial definirá o método de tratamento necessário para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente no país.

As tecnologias de tratamento de água podem ser enquadradas em dois grupos: sem coagulação química e com coagulação química. Dependendo da qualidade da água bruta, ambos os grupos podem ou não ser precedidos de pré-tratamento ou requererem complementações com tratamentos específicos.

3.5.7.1 Tratamento em sistemas de abastecimento de água sem coagulante

A filtração lenta e a filtração em múltiplas etapas são as mais representativas da tecnologia que dispensa o uso de coagulante.

3.5.7.1.1 Filtração lenta

A filtração lenta é um processo de tratamento que, através da passagem da água por um meio granular, geralmente areia, possibilita a melhoria de suas características químicas, físicas e biológicas, a ponto de torná-la adequada para consumo humano, após desinfecção final. Esse processo de tratamento de águas apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias: dispensa a coagulação, não utilizando produtos químicos para esse fim; não exige equipamentos sofisticados, nem operadores altamente qualificados, além de ser de simples construção.

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, muito embora seja usado em grandes cidades ao redor do mundo.

a) Mecanismos que atuam na filtração:

- **Ação mecânica de coar** - retenção das partículas maiores nos interstícios existentes entre os grãos de areia;
- **Sedimentação** - deposição de partículas sobre a superfície dos grãos de areia;
- **Ação biológica** - feita através de uma camada gelatinosa (*Schumtzdecke*) formada pelo desenvolvimento de certas variedades de bactérias que envolvem os grãos de areia na superfície do leito filtrante que, por adsorção, retêm micro-organismos e partículas finas.

b) Aspectos construtivos:

- **Taxa de filtração** - nos projetos da **Funasa**, costuma-se adotar uma taxa que varia de 3 a 5 m³/m².dia. Existem autores que consideram de 6 a 9 m³/m².dia, entretanto não sendo possível determinar experimentalmente, a taxa de filtração a ser adotada não deve ser superior a 6 m³/m².dia;
- **Sistema de drenagem** - situado no fundo do filtro, tem por objetivo coletar e conduzir a água filtrada. Constitui-se de um dreno principal, passando pelo centro do filtro, o qual recebe os drenos laterais (Figura 22);
- **Camada suporte** (seixos rolados):
 - Altura: 0,30 m;
 - Tamanho: 2" a 3/4" com 17,5cm; 3/4" a 3/8" com 7,5 cm e pedrisco 5,0 cm;
- **Leito de areia:**
 - Espessura: entre 0,90 m e 1,20 metros;
 - Classificação granulométrica: tamanho efetivo entre 0,25 e 0,35 mm coeficiente de uniformidade menor que 3;
- **Altura da lâmina de água sobre o leito filtrante:**
 - Geralmente entre 0,90 m 1,20 metros.

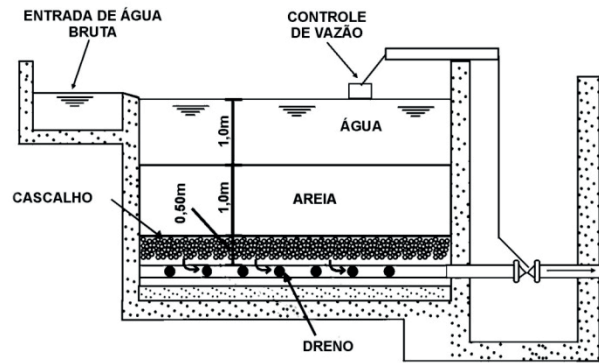


Figura 22 - Corte do filtro lento detalhado.

Fonte: Adaptado de Heller e Casseb, 2001.

c) Aspectos operacionais

A entrada e saída da água nos filtros são controladas 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 operação, nos filtros com carga hidráulica constante, a camada superior da areia vai colmatando gradativamente, reduzindo conseqüentemente a vazão da água filtrada.

Quando atingida a perda de carga do projeto ou com a queda considerável da vazão, deve-se proceder à 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 23).

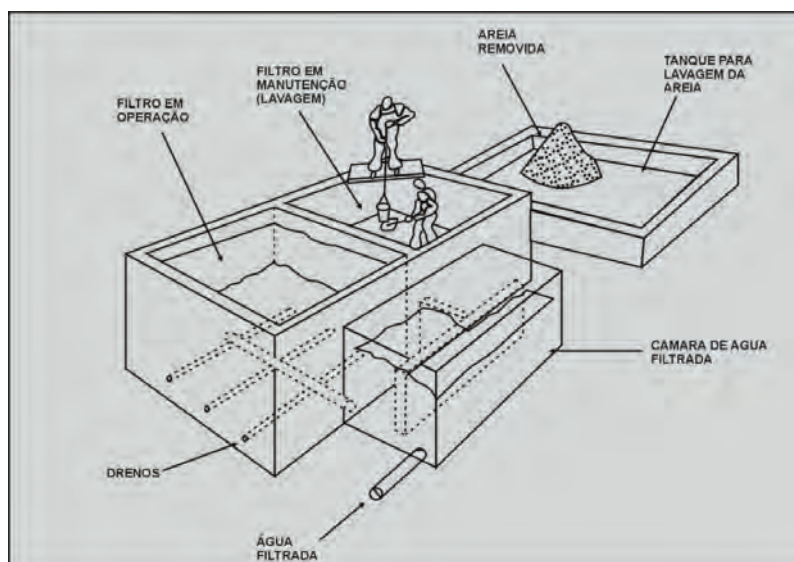


Figura 23 - Limpeza do filtro lento.

Fonte: Vianna, 1992.

d) Vantagens dos filtros lentos:

- Operação simples;
- Custos operacionais baixos;
- Boa eficiência na remoção de micro-organismos patogênicos;
- Boa eficiência na remoção de turbidez.

e) Desvantagens dos filtros lentos:

- Funcionam com taxas de filtração muito baixas e ocupam grandes áreas;
- Necessidade de remoção e lavagem da areia periódicas;
- Não recomendável para águas com elevada turbidez (> 50 uT).

Tabela 3 - Tabela de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos.

Diâmetro do dreno Principal em polegadas	Taxa de filtração m ³ /m ² .dia			
	2,8	3,75	4,70	5,60
Relação aproximada da área de secção do filtro para a área do dreno principal.	6.300	5.600	5.100	4.700

Exemplo 7 - Se temos um filtro cuja área é de 274 m² e desejamos ter uma taxa de filtração de 3,75 m³/m².dia, a área do dreno principal deverá ser:

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

Tabela 4 - Tabela de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos.

Diâmetro dos drenos (polegadas)	Taxa de filtração m ³ /m ² .dia			
	2,8	3,75	4,70	5,60
	Área máxima de filtro drenado (m ²)			
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

3.5.7.1.2 Filtração em múltiplas etapas - FiME

A Filtração em Múltiplas Etapas (FiME) é uma tecnologia de tratamento que vem sendo utilizada principalmente em países da América do Sul. Trata-se de um sistema de simples construção, com instalações de baixo custo nas quais a instrumentação pode ser praticamente eliminada. Além disso, é uma tecnologia adequada às zonas rurais e pequenos e médios municípios. Quando devidamente selecionada, projetada, construída e operada, a FiME produz água filtrada com baixa turbidez, sem a presença de impurezas nocivas e livre de organismos patogênicos.

Na filtração em múltiplas etapas, a água passa por diferentes etapas de tratamento, em cada qual ocorrendo uma progressiva remoção de substâncias sólidas. O princípio básico é o de cada etapa preparar seu efluente de forma adequada para ser submetido ao tratamento posterior, sem sobrecarregá-lo, ou seja, impedindo uma colmatação muito frequente de seu meio granular e assegurando um efluente com características compatíveis com o processo de tratamento adotado. As etapas de tratamento da FiME são constituídas, em sequência, pela pré-filtração dinâmica, pré-filtração grosseira e filtração lenta.

A pré-filtração dinâmica pode ser empregada de duas formas como pré-tratamento: a) para remover impurezas; b) para amortecer picos de turbidez ou de sólidos suspensos. A segunda opção pode ser adotada em função da qualidade da água bruta, de modo que ocorra colmatação rápida da subcamada superior de pedregulho, evitando-se desta forma que água bruta, com turbidez elevada atinja as unidades subsequentes. Neste caso as subcamadas do pré-filtro apresentam pedregulho de menor tamanho, a velocidade de escoamento do excesso (que não é captada) é relativamente pequena e é maior a taxa de filtração quando comparada às de um pré-filtro dinâmico projetado para remover impurezas. A remoção de organismos é substancial, tendo sido reportada eficiência da ordem de 80 a 90% de remoção de coliformes totais e fecais nas unidades de pré-filtração dinâmica, o que assegura o funcionamento adequado e seguro da tecnologia de tratamento posterior sem coagulação química. Há situações em que a filtração lenta precedida da pré-filtração dinâmica pode ser uma alternativa apropriada (Figura 24).

No tratamento sem coagulação química a filtração lenta e a cloração são os principais processos capazes de assegurar a produção de água com qualidade adequada ao consumo humano. Porém, a eficiência da filtração lenta pode ser comprometida se a turbidez da água bruta for superior a 10 uT. Neste caso, a pré-filtração possibilita a redução das impurezas da água antes da filtração lenta. Esta estação de tratamento sem coagulação química pode ser constituída de pré-filtro dinâmico, pré-filtro de pedregulho com escoamento ascendente ou descendente, pré-filtro com escoamento horizontal e filtros lentos.



Figura 24 - ETAs de FiME da Cidade de Corumbataí/SP.

Fonte: Di Bernardo, 2003.

3.5.7.2 Tratamento em sistemas de abastecimento de água com coagulante

Coagulação é a alteração físico-química de partículas coloidais da água, caracterizada principalmente por cor e turbidez, produzindo partículas que possam ser removidas por processo físico de separação, usualmente a sedimentação.

A coagulação pode ser considerada como um processo constituído de duas fases subsequentes, sendo a primeira a própria coagulação, que envolve a aplicação de coagulantes químicos com a finalidade de reduzir as forças que mantêm separadas as partículas em suspensão, e a segunda fase que corresponde à floculação que promove colisões entre as partículas previamente desestabilizadas na coagulação formando partículas de maior tamanho.

As principais tecnologias de tratamento de água com uso de coagulante químico podem ser classificadas como:

- **Tratamento em ciclo completo** - coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração descendente;
- **Filtração direta descendente** - coagulação, floculação e filtração descendente;
- **Filtração direta ascendente** - coagulação, filtração ascendente;
- **Dupla filtração** - coagulação, filtração ascendente e descendente;
- **Floto filtração** - coagulação, floculação, flotação e filtração descendente na mesma unidade.

Todas essas tecnologias podem ser completadas com fluoretação e correção de pH, sendo obrigatória a desinfecção.

3.5.7.2.1 Tratamento em ciclo completo

As águas que possuem partículas em suspensão e coloidais podem necessitar de tratamento químico capaz de propiciar sua deposição com curto período de detenção. Este tratamento é realizado provocando-se a coagulação, sendo geralmente empregado um sal de alumínio ou de ferro. O sulfato de alumínio normalmente é o produto mais utilizado, tanto pelas suas propriedades, como pelo seu menor custo (Figura 25).

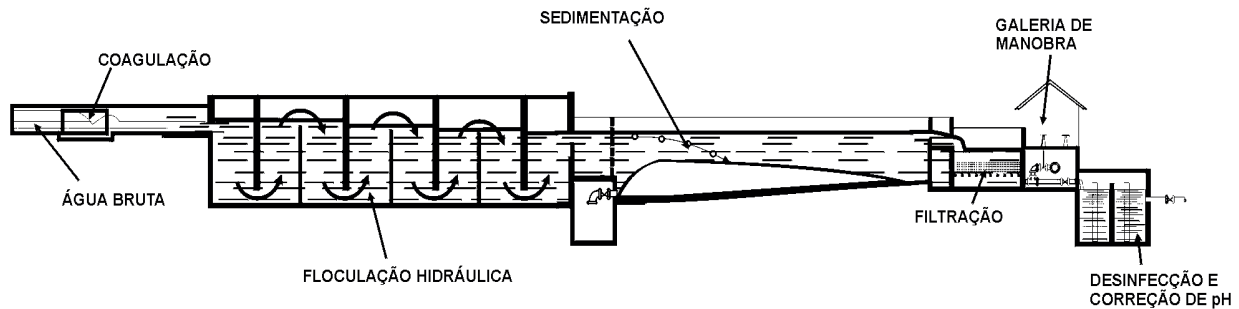


Figura 25 - Sequência do tratamento em ciclo completo.

Fonte: Barros *et al.*, 2001.

a) Mistura rápida

A calha ou medidor Parshall é um dispositivo tradicionalmente usado para a realização de duas importantes funções: atuar como unidade de mistura rápida, facilitando a dispersão dos coagulantes na água durante o processo de coagulação e medir com relativa facilidade as vazões de entrada e saída de água.

O início do ressalto hidráulico é o ponto ideal para a dosagem dos compostos químicos coagulantes, em função da turbulência da água nesse local. Dependendo do pH da água e das condições necessárias para o seu tratamento, pode ser necessária a adição de um produto alcalinizante, geralmente uma solução de cal. (Figura 26).

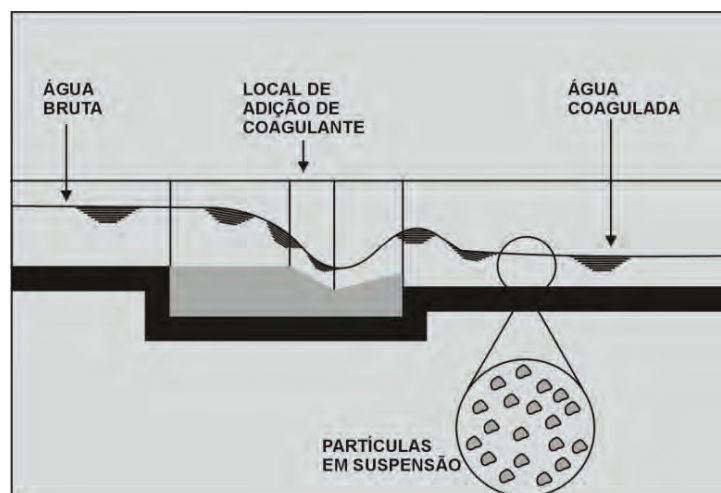


Figura 26 - Coagulação na calha Parshall.

Fonte: Barros *et al.*, 2001.

b) Mistura lenta ou floculação

As reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilitam a aglomeração das impurezas presentes na água, formando os flocos na unidade de floculação. Estes flocos possuem cargas elétricas superficiais positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, têm carga elétrica negativa, sendo, assim, retidas por aqueles flocos.

Nesta unidade de floculação não ocorre remoção de matéria suspensa presente na água, a finalidade é apenas acondicionar a água que será encaminhada aos decantadores (ou flotadores) da ETA. Na prática operacional, os flocos formados devem ser do tamanho de uma cabeça de alfinete, o que garantirá a eficiência das etapas posteriores.

Os floculadores poderão ser hidráulicos, com utilização de chicanas, ou mecanizados. A velocidade da água deve ser bem dimensionada, pois se for abaixo de um mínimo (10 cm/s), o floco depositará, e se for muito alta, poderá “quebrar” o floco, o que irá prejudicar bastante as condições nas fases subsequentes (geralmente acima de 30 cm/s) (Figura 27).

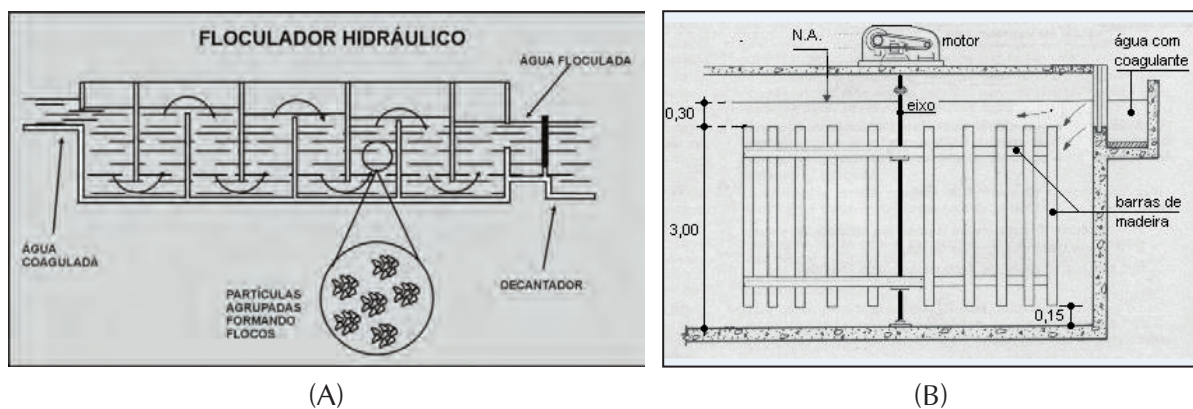


Figura 27 - Floculador hidráulico de fluxo vertical (A) e mecanizado (B).

Em estações de maior porte é importante ter mais de uma linha de floculação, principalmente quando a floculação é mecanizada, pois com apenas uma linha será preciso parar a produção de água para a manutenção de equipamentos.

c) Decantação ou sedimentação

Decantação ou sedimentação é um processo dinâmico e físico de separação de partículas sólidas suspensas nas águas. O processo é um dos mais comuns no tratamento da água para remoção de partículas sólidas em suspensão.

Diminuindo-se a velocidade de escoamento das águas reduzem-se os efeitos da turbulência e, por efeito das forças gravitacionais, provoca-se a decantação de partículas mais pesadas do que a água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento.

Os decantadores podem ser classificados em convencionais (baixa taxa) e com escoamento laminar, denominados decantadores de alta taxa.

O decantador convencional consiste num tanque de forma geralmente retangular ou circular, cujo fundo é muitas vezes inclinado para um ou mais pontos de descarga (Figura 28A). A saída da água decantada é feita junto à superfície e comumente por calhas dispostas, formando desenhos diversos e sobre cujos bordos superiores a água flui, constituindo-se estes bordos em 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 deve ser de três a quatro vezes a largura;
- A profundidade seja de um mínimo de 2,5 metros e de um máximo de 5,50 m. Depósitos de lodo são geralmente previstos no fundo dos decantadores, sendo o volume deles adicionado àquele necessário para obter o período de detenção.

Os parâmetros de dimensionamento e controle operacional são:

- **Taxa de aplicação superficial (TAS) ou vazão por unidade de superfície** - é o volume de água tratada por dia, dividido pela área de superfície do decantador;
- **Velocidade de escoamento** - corresponde a vazão, em m^3/s , dividida pela área de escoamento, isto é, pelo produto da largura pela altura útil.

O dispositivo comumente usado para melhor dispersar a água na entrada do decantador é chamado cortina de distribuição, na qual são abertos orifícios, favorecendo, assim, a melhor distribuição do líquido.

As partículas que não são removidas na sedimentação, seja por seu pequeno tamanho ou por serem de densidade muito próxima a da água, deverão ser removidas na filtração.

No decantador de alta taxa são adicionadas ao tanque de decantação placas planas ou dutos paralelos, inclinados, para aumentar a área de sedimentação e a taxa de escoamento superficial, reduzindo o tamanho desta unidade de decantação e melhorando a eficiência na remoção dos flocos (Figura 28B). Por sua eficiência e por requerer menor área de implantação, este tipo de decantador tem sido bastante utilizado nas estações modernas.

A 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 frequente. Nos sistemas em que a limpeza não é mecanizada ou automática, esvazia-se o decantador removendo-se a sujeira com jato de água, de preferência com bastante pressão. A falta de uma limpeza periódica faz com que o tempo de detenção se torne menor, prejudicando as condições de operação devido o carregamento excessivo de sólidos para o filtro, em consequência do arraste de lodo do fundo. Além disso, a decomposição deste lodo poderá conferir gosto desagradável à água.

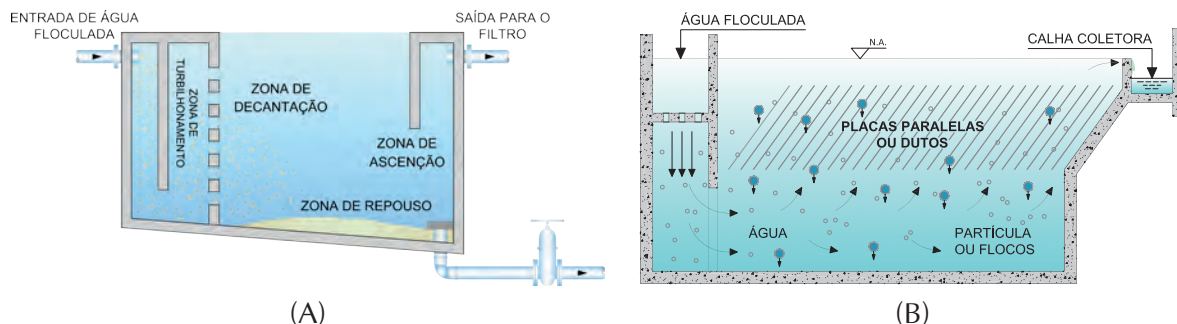


Figura 28 - Decantador simples (A) e de alta taxa (B).

d) Flotação

A flotação é uma alternativa à decantação em que são inseridas na água floculada microbolhas de ar, nas quais as partículas são aderidas e ascendem até a superfície do flotador. É mais indicada para o tratamento de águas com sólidos suspensos de baixa densidade, compostos por: algas, substâncias orgânicas, cor verdadeira e baixa turbidez. Envolve alto custo de implantação, custos operacionais maiores que os requeridos nos decantadores e elevado consumo de energia elétrica.

e) Filtração rápida

Destina-se a remover partículas em suspensão não retidas no decantador ou no flotador. A filtração rápida ocorre em meio granular, através do uso de camadas filtrantes, com granulometrias especificadas, suportadas por uma camada de cascalho. Sua eficiência depende de variáveis como: características do meio filtrante (espessura, massa específica, tamanho, forma e distribuição dos tamanhos dos grãos), características dos sólidos suspensos (concentração, natureza, tamanho, forma e distribuição dos tamanhos das partículas), tipo do sistema de filtração (taxa constante ou declinante, filtração ascendente ou descendente), taxa de filtração, carga hidráulica disponível, sistema de lavagem do filtro e temperatura da água.

Os filtros podem ser de camada simples de areia ou de camada dupla com areia e antracito, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples.

Fator influente na velocidade de filtração é a granulometria da areia, isto é, o tamanho de seus grãos. A taxa de filtração e as características granulométricas dos materiais filtrantes devem ser determinadas com base em ensaios em filtro piloto. Quando os ensaios não puderem ser realizados, podem ser adotadas:

- Taxas máximas de filtração
 - Para filtro de camada simples: $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$;
 - Para filtro de camada dupla: $360 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Em caso de filtros de fluxo ascendente, a taxa de filtração usual é de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Os filtros devem ser projetados e operados para que as carreiras de filtração tenham duração mínima de 20 horas, pois carreiras mais curtas elevam os custos operacionais da ETA, uma vez que aumentam o consumo de água destinado a lavagem dos filtros.

- Camadas filtrantes

A camada filtrante simples deve ser constituída de areia, com espessura mínima de 45 cm, tamanho efetivo de 0,45 mm a 0,5 mm e coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6.

Em caso de filtro de fluxo ascendente, pode-se utilizar camada filtrante com espessura mínima de 2,0 m tamanho efetivo de 0,7 mm a 0,8 mm 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 mínima de camada, 25 cm; tamanho efetivo, de 0,40 mm a 0,45mm e coeficientes de uniformidade, de 1,4 a 1,6.
- Antracito - espessura mínima de camada, 45 cm; tamanho efetivo, de 0,8 mm a 1,0 mm e coeficiente de uniformidade, inferior ou igual a 1,4.
- Camada suporte

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 25 cm;
- 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 5 cm;
- 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 1 cm;
- 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 desinfetada. Parte da água vai para o consumo e parte é recalçada 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.

A Figura 29 ilustra o corte de filtro um rápido descendente.

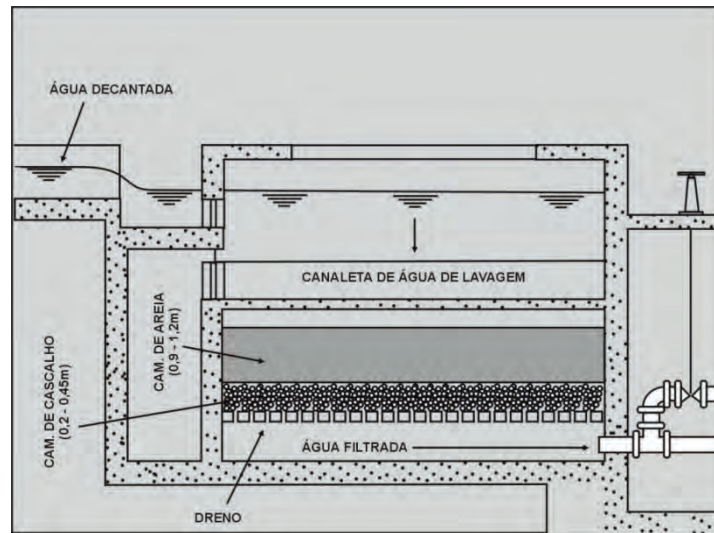


Figura 29 - Corte de filtro rápido descendente.

Fonte: BARROS *et al.*, 2001.

Neste estágio de tratamento, quando a operação é bem conduzida, a água filtrada encontra-se com aspecto límpido e elevado grau de remoção de bactérias.

A Figura 30, apresenta uma Estação de Tratamento de Água - ETA de ciclo completo.



Figura 30 - Estação de Tratamento de Água - ETA de ciclo completo.

3.5.7.3 Tratamentos específicos

Os tratamentos específicos são tecnologias que podem ser empregadas para complementar e/ou auxiliar os tratamentos que utilizem ou dispensem o uso de coagulantes químicos.

3.5.7.3.1 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 consequência, seu gosto ser 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.

a) Métodos de aeração

A aeração pode ser obtida provocando-se a queda da água sobre bandejas ou tableiros, nos 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 31). Pode dar-se ainda pelo sistema de cascatas, fazendo-se a água tombar sucessivamente sobre diversos degraus (Figura 32).

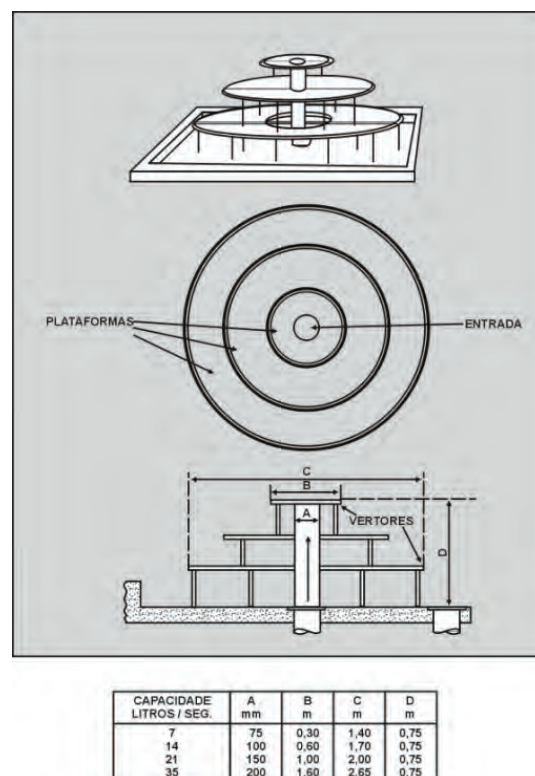


Figura 31 - Aerador de cascata.

Fonte: Azevedo Neto *et al.*, 1987.

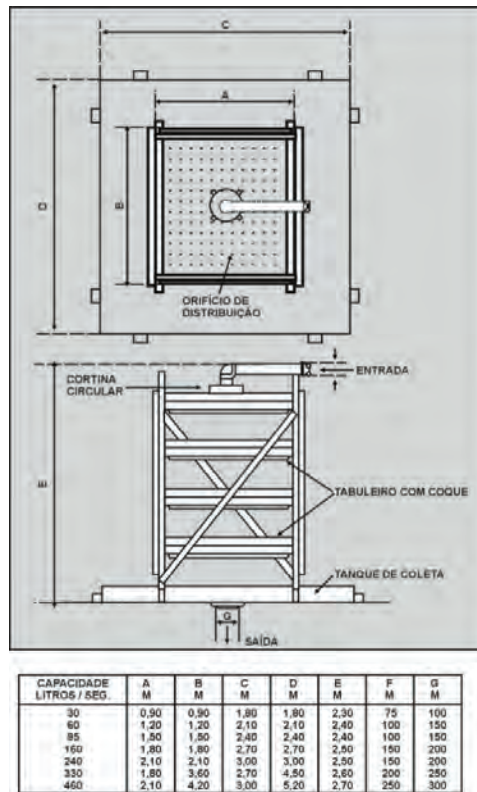


Figura 32 - Aerador de tabuleiros ou bandejas.

Fonte: Azevedo Neto *et al.*, 1987.

Pode ser obtida levando a água 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 através de 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. Estas bolhas tendem a flutuar e escapar pela superfície da água. A relação largura-profundidade do tanque deve manter-se inferior a dois. A profundidade varia entre 2,75 e 4,50 m. 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 1125 litros por metro cúbico de água aerada.

3.5.7.3.2 Correção da dureza

A dureza da água se deve à presença de sais de cálcio e magnésio sob forma de carbonatos, bicarbonatos e sulfatos. 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-soda, dos zeólitos e osmose inversa (ou reversa). Os zeólitos 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 a de um filtro rápido de pressão (filtro rápido encerrado em um recipiente de aço, em que a água entra e sai sob pressão).

Osmose inversa é o processo de separação dos sais minerais presentes na água. Constitui-se de duas soluções, uma com concentração maior de sais em relação à outra. Diferentemente da osmose natural, a solução mais concentrada tende a ir para solução menos concentrada. Isso acontece devido a uma pressão mecânica superior a pressão osmótica aplicada sobre a solução mais concentrada. Devido à pressão aplicada, as moléculas de água passam pela membrana semipermeável separando a solução em duas partes distintas: permeado e rejeito, este último percorre a membrana sem atravessá-la para formar o que deve ser desprezado, já o permeado é a parte da solução que atravessa a membrana contendo alto grau de pureza. O processo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos.

3.5.7.3.3 Remoção de ferro

O processo utilizado para a remoção do ferro da água depende da forma que este se apresenta. 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), pode-se utilizar a simples aeração.

Os métodos usualmente empregados para remoção de manganês e de ferro incluem a formação de precipitado e filtração, troca iônica e estabilização com polifosfatos. No caso de formação de precipitado e filtração, pode ser empregada a aeração, sedimentação e filtração, ou a oxidação com permanganato de potássio, cloro e dióxido de cloro, seguida de filtração.

Se o ferro estiver presente junto com a matéria orgânica, as águas, em geral, não dispensarão o tratamento de ciclo completo iniciando por aeração ou oxidação.

3.5.7.3.4 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.

3.5.7.3.5 Remoção de odor e gosto desagradáveis

Depende da natureza das substâncias que os provocam. Como métodos gerais, usam-se: carvão ativado, filtração lenta e tratamento de ciclo completo. Em algumas águas subterrâneas, o odor de gás sulfídrico desaparece com a aeração.

3.5.7.3.6 Remoção de cloretos - dessalinizadores de água

A água salobra ou do mar transforma-se em água potável através da tecnologia de osmose inversa para dessalinização da água.

Pequenas localidades do Nordeste do Brasil têm minimizado seus problemas de abastecimento de água com os dessalinizadores.

3.5.7.3.7 Estações compactas - específicas

São unidades pré-fabricadas, que reúnem todas as etapas necessárias ao processo de purificação da água. Normalmente são transportadas e montadas na localidade de implantação do sistema. É necessário que se construa uma casa de química.

a) Vantagens da instalação de estações compactas:

- redução nos prazos de implantação do sistema;
- possibilidade de deslocamento da estação para atender a outros sistemas.

b) Materiais utilizados na fabricação:

- normalmente são confeccionadas em chapas de aço com proteção e fibra de vidro ou materiais plásticos como PVC e polietileno (Figura 33).



Figura 33 - ETAs compactas.

3.5.7.4 Desinfecção

A desinfecção constitui-se na etapa do tratamento da água, cuja função precípua consiste na inativação dos micro-organismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e/ou químicos. Ainda que nas demais etapas do tratamento haja redução do número de micro-organismos presentes na água, a desinfecção é operação unitária obrigatória.

Tecnicamente, aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas, a fim de garantir o padrão de qualidade microbiológico. Na prática, a simples desinfecção, sem outro tratamento, é aplicada muito frequentemente, como é o caso das águas de vertentes ou nascentes, águas de fontes ou de poços protegidos.

3.5.7.4.1 Métodos de desinfecção

A desinfecção pode ser realizada por métodos físicos ou químicos. A desinfecção química é obtida utilizando-se os produtos químicos minerais, sintéticos ou naturais, enquanto a desinfecção física é procedida pelo calor e radiação solar. Para garantir o efeito residual da desinfecção, são mais usados os métodos químicos.

3.5.7.4.2 Desinfecção química

Os produtos químicos mais utilizados na desinfecção da água são descritos a seguir:

a) Cloro

O cloro vem a ser o mais importante dentre todos os elementos utilizados na desinfecção da água. É o desinfetante mais empregado porque: age sobre a maioria dos micro-organismos 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 e é tolerado pela grande maioria da população.

Além desta aplicação, também é usado no tratamento de águas para: eliminar odores e gostos; diminuir a intensidade da cor; colaborar na eliminação de matérias orgânicas e auxiliar a coagulação de matérias orgânicas.

O cloro pode ser aplicado sob a forma líquida ou gasosa e suas principais características estão indicadas na Tabela 5. Entretanto, a manuseio desses produtos exige pessoal qualificado utilizando equipamentos de proteção individual (EPI's).

Tabela 5 - Principais compostos e produtos a base de cloro usados na desinfecção da 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 compatíveis 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	Cl ₂	100%	Gás liquefeito sob pressão de coloração verde amarelado, e de odor irritante.	Cilindros verticais de aço de 68 kg e horizontais de 940 kg.		Cloro gasoso.

(Continua)

(Continuação)

Nome do composto	Fórmula química	% Cloro disponível	Características	Embalagem	Prazo de validade	Nome comercial
Cal clorada	CaOCl	35 – 37%	Pó branco.	Embalagens de 1 a 50 kg. 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 a base de hipoclorito de sódio ou de cálcio.	2 – 2,5% durante o prazo de validade	Solução de coloração amarelada.	Embalagem de 1 litro, plástico opaco.	Verificar no rótulo do produto.	Água sanitária ou água de lavadeira.

Também é possível se obter cloro a partir de cloreto de sódio (sal de cozinha) por meio de uma reação eletroquímica. O produto resultante é uma solução oxidante contendo o cloro livre, hipoclorito de sódio, ácido hipocloroso, peróxido de hidrogênio e radicais livres de oxigênio, todos reconhecidos com alto poder bactericida.

b) Outros:

- **Ozônio** - é um desinfetante 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** - desinfeta 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.

3.5.7.4.3 Desinfecção em sistema de abastecimento de água

O cloro é o produto mais utilizado para a desinfecção da água em sistemas de abastecimento. A escolha da forma de sua aplicação envolve critérios técnicos e econômicos. Pode ser aplicado sob as formas sólida, líquida e gasosa.

- Forma sólida - é utilizado em sistemas de menor porte, no geral em forma de pastilha.
- Forma líquida - é utilizado em sistemas de médio e pequeno porte, sendo necessário preparar a solução previamente, observando-se a concentração adequada de cloro a ser aplicada.
- Forma gasosa - é mais usual nos maiores sistemas. O acondicionamento do cloro gasoso é feito em cilindros de aço com várias capacidades de armazenamento.

O cloro é aplicado na água por meio de cloradores ou dosadores, que são aparelhos que regulam com precisão a quantidade do produto a ser dosado. Existe grande número de

aparelhos utilizados no processo de cloração da água, dentre eles destacam-se as bombas dosadoras elétricas, de diafragmas e de pistão, hidrojetores a vácuo, dosadores de nível constante e geradores de hipoclorito. Além destes existem outros como o clorador por difusão utilizado em poços rasos; o clorador de pastilha e o clorador simplificado, estes dois últimos utilizados em pequenos sistemas de abastecimento de água.

a) Cloradores ou dosadores simplificados.

Para pequenos sistemas ou soluções alternativas podem ser utilizados: o clorador por difusão em poços rasos; o clorador de pastilha e o clorador simplificado construído com tubos e conexões de PVC.

Dosador por difusão - é constituído de um recipiente de plástico onde é colocada uma mistura de areia com cloro. Sua instalação é feita diretamente no interior de poço raso. O cloro é liberado numa velocidade relativamente homogênea mantendo um teor residual até o término de sua vida útil quando deverá ser novamente abastecido (Figura 34A).

- Dosador de pastilha – existem vários modelos no mercado. A maioria é construída em PVC ou polietileno. Com esse aparelho o cloro é adicionado pela água que atravessa as pastilhas (Figura 34B).
- Dosador simplificado para soluções cloradas - este dosador foi desenvolvido para efetuar a cloração da água por batelada, principalmente em pequenos serviços abastecimento de água onde o consumo é muito pequeno, bem como em comunidades rurais, aldeias indígenas e ribeirinhas (Figura 34C).



(A)



(B)



(C)

Figura 34 - Dosador por difusão (A); dosador de pastilha (B); e dosador simplificado (C).

3.5.7.4.4 Desinfecção para soluções alternativas

A água para o consumo humano proveniente de poço, cacimba, fonte, carro-pipa, riacho, açude, entre outros, deverá ser clorada no local utilizado para armazenamento (reservatório, tanque, pote, filtro, jarra e outros). A desinfecção com o hipoclorito de sódio a 2,5% pode ser realizada nas dosagens descritas no Quadro 6, devendo-se aguardar 30 minutos antes de se consumir.

Quadro 6 - Desinfecção de poço com hipoclorito de sódio a 2,5%.

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	0,05 ml	2 gotas	

3.5.7.4.5 Desinfecção física

A desinfecção física da água é usualmente realizada com o emprego de radiação ultravioleta, que atinge principalmente os ácidos nucleicos dos micro-organismos, promovendo reações fotoquímicas que inativam os vírus e as bactérias.

A radiação ultravioleta é usualmente obtida por meio de lâmpadas especiais, cuja maioria é composta por lâmpadas de vapor de mercúrio ionizado, de baixa e média pressão (por exemplo, tubular, tipo lâmpadas fluorescentes) e com diversos valores de potência. Isto significa que o método de desinfecção com radiação ultravioleta utiliza a energia elétrica a fim de gerar radiação para a eliminação, a inativação ou a inviabilização de micro-organismos.

3.5.7.5 Fluoretação

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.

A extinta Fundação SESP foi a primeira entidade a aplicar a fluoretação de água no Brasil.

As aplicações no abastecimento de água se fazem por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio, o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico. O cone de saturação é um dispositivo utilizado para aplicação de fluossilicato de sódio (Figura 35).

Os sistemas públicos de abastecimento de água fluoretada deverão obedecer aos 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 do 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 1,0 mg/l.

Após dez a quinze anos de aplicação do flúor na água, para cada criança deve ser efetuado um levantamento dos dentes cariados, perdidos e obturados, denominado índice **cpo**, para avaliação da redução de incidência de cáries.



Figura 35 - Cone de saturação.

3.5.7.6 Tratamento de água no domicílio: solução individual

São intervenções promovidas nos domicílios através de equipamentos ou processos, com o objetivo de adequar a qualidade da água destinada ao consumo humano.

3.5.7.6.1 Fervura

A fervura é o método mais seguro de tratamento para a água de beber, em áreas desprovidas de outros recursos. A água deve ser aquecida até ao ponto de ferver, mantendo-se a fervura por, pelo menos, cinco minutos, tempo suficiente para inativar ou matar a maior parte dos micro-organismos que nela possam existir.

Nesse processo, 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.

Ferver é um hábito que deve ser difundido na população para ser adotado quando a qualidade da água não mereça confiança, principalmente em épocas de surtos epidêmicos ou de emergência.

3.5.7.6.2 Filtros domiciliares

Filtros domésticos ou domiciliares têm sido produzidos e utilizados em larga escala em muitas partes do mundo, para melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano. É uma das mais acessíveis tecnologias para tratamento de água em domicílios.

a) Filtro de vela.

Os filtros mais tradicionais são os de vela de porcelana, que necessitam de limpezas periódicas para remoção das impurezas e desobstrução dos poros.

3.5.7.6.3 Outros tratamentos e desinfecção específicos aplicáveis em domicílios

Para muitas populações que não contam com sistema de abastecimento de água, a utilização de métodos alternativos para tratamento e desinfecção é de suma relevância, e os estudos e pesquisas nessa linha são necessários e pertinentes, por permitirem que em função de realidades locais, possam ser consideradas as alternativas tecnológicas mais apropriadas e passíveis de aplicação. As alternativas aqui trazidas fazem parte do Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da **Funasa** e de pesquisas realizadas em instituições de ensino e pesquisa no Brasil.

a) Dessalinização: pirâmide solar com cobertura de vidro.

A dessalinização térmica é um dos processos mais antigos, imitando a circulação natural da água. O modo mais simples, a “destilação solar”, é utilizada em lugares quentes, com a construção de grandes tanques cobertos com vidro ou outro material transparente, onde a luz solar atravessa o vidro, a água bruta evapora, os vapores se condensam na parte interna do vidro, transformando-se novamente em água, que escorre para um sistema de recolhimento.

No tratamento de água salobra foi testado o destilador solar em forma de pirâmide com cobertura de vidro com as seguintes características: base do equipamento confeccionado em fibra de vidro pintado de cor preta com dimensões de 1 x 1 m x 2,5 cm; inclinação da cobertura de vidro (pirâmide) com a base: 25°; calhas de coleta de água produzida colocadas na parte interna da base do equipamento (fibra de vidro) conduzindo a um reservatório com capacidade de 25 litros para armazenamento da água produzida. O equipamento é alimentado por um reservatório de água bruta (garrafa de vidro de 5 litros) acoplada em um recipiente de 250 mL (sistema tipo bebedouro). Esse equipamento, produz cerca de 4,0 L/m².dia de água (Figura 36).



Figura 36 - Destilador solar em forma de pirâmide com cobertura de vidro.

Fonte: Sens *et al.*, 2013.

b) Remoção parcial de flúor: filtro de carvão ativado de osso bovino.

O flúor é habitualmente adicionado à água de abastecimento público em concentração adequada devido a sua ação como inibidor da cárie. Entretanto, o consumo prolongado de água com concentração excessiva de íons fluoreto, pode resultar, em crianças, numa patologia denominada fluorose dental e em concentrações extremas a fluorose esquelética. O problema de saúde pública, associado ao excesso de íons fluoreto na água, ocorre principalmente quando a população não dispõe de outras fontes de abastecimento.

O carvão ativado de osso tem sido empregado no tratamento de águas de abastecimento para a solução de problemas de excesso de íons fluoreto em águas subterrâneas e foi utilizado na confecção do filtro mostrado na Figura 37. Os resultados obtidos com esse filtro demonstraram a eficiência do carvão ativado de osso na adsorção de íons fluoreto, indicando que sistemas de filtração utilizando 3,5 kg deste material são suficientes para atender as necessidades de consumo de uma família de 5 pessoas, por um período de seis meses.

Entretanto, foi verificada a remoção do cloro residual livre e devido às características químicas do carvão ativado de osso, há dissolução de íons sódio, potássio, fósforo e carbonatos na água tratada, principalmente no início do funcionamento do sistema. O excesso destes íons é minimizado a níveis adequados para o consumo humano pelo simples descarte dos primeiros 50 litros de água. Contudo a eficiência deste procedimento deve ser comprovada caso a caso, pelo monitoramento destas variáveis na água tratada após instalação do sistema de filtração.



Figura 37 - Diagrama do sistema de filtração.

Fonte: Lobo, *et al.*, 2013.

c) Desinfecção solar: sistema SODIS.

Os estudos relativos à desinfecção da água através da energia solar, conhecida como SODIS (SOLar water DISinfection), mostrou-se efetivo na inativação de micro-organismos patogênicos utilizando-se recipiente plástico ou de vidro transparente, com volume inferior a dois litros (garrafa PET) expostos à radiação ultravioleta do sol, requerendo no mínimo

de duas horas de exposição solar direta de $600\text{W}/\text{m}^2$, sendo recomendado um período mínimo de cinco horas para regiões tropicais úmidas.

As águas com elevados índices de contaminações não são desinfetadas facilmente pela radiação solar, nem tampouco as águas com elevada turbidez. É importante ressaltar que para aplicação correta dessa tecnologia é necessário se conhecer as características climáticas locais e da água a ser desinfetada.

3.5.8 Reservação

Os reservatórios são elementos importantes em sistemas de abastecimento de água, destinados a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.

1) A reservação é empregada com os seguintes propósitos:

- Atender as 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.

2) De acordo com sua localização 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.

3) De acordo com sua forma construtiva podem ser:

- Reservatório elevado: tem cota de fundo superior a cota do terreno. Normalmente construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas (Figura 38A);
- Reservatório apoiado (Figura 38B), enterrado e semi-enterrado: aqueles cujo fundo está em contato com o terreno.

a) Materiais utilizados na construção de reservatórios

Os materiais mais utilizados nas construções de reservatórios são: concreto armado; aço; fibra de vidro; polietileno; PVC.

Os reservatórios são sempre um ponto de atenção 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, extravasor e indicador de nível. 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.



(A)



(B)

Figura 38 - Reservatórios em concreto armado elevado (A) e apoiado (B).

3.5.9 Rede de distribuição

É o conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais do sistema de abastecimento de água, destinado a distribuir a água de forma contínua e com pressão adequada aos consumidores. Quanto ao tipo as redes, são classificadas em ramificadas e malhadas.

3.5.9.1 Rede ramificada

Consiste em uma tubulação principal, da qual partem tubulações secundárias. A rede é alimentada por um só ponto (Figura 39).

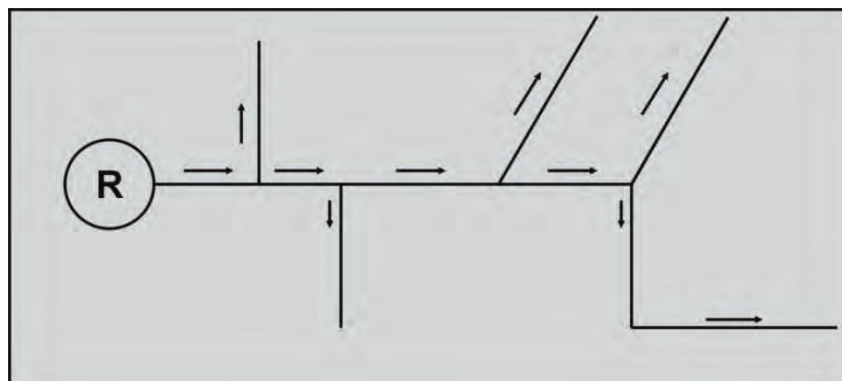


Figura 39 - Rede ramificada.

3.5.9.2 Rede malhada sem anel

Da tubulação principal partem tubulações secundárias que se intercomunicam, evitando extremidades mortas (Figura 40).

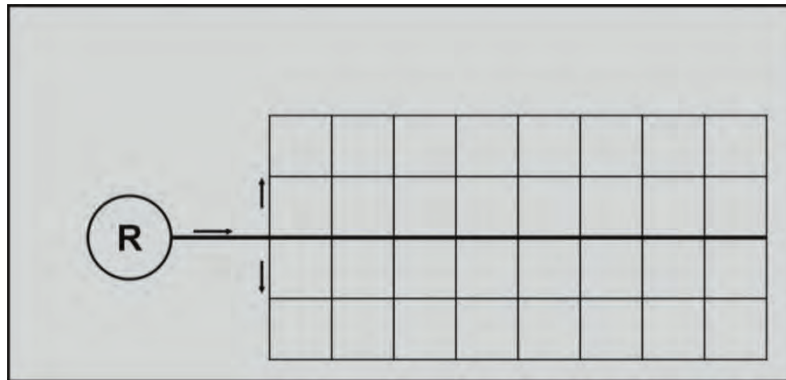


Figura 40 - Rede malhada sem anel

3.5.9.3 Rede malhada com anel

Consiste de tubulações de maior diâmetro, chamadas anéis, que circundam determinada área a ser abastecida e alimentam tubulações secundárias (Figura 41). As redes em anéis permitem a alimentação de um mesmo ponto por diversas vias, reduzindo as perdas de carga.

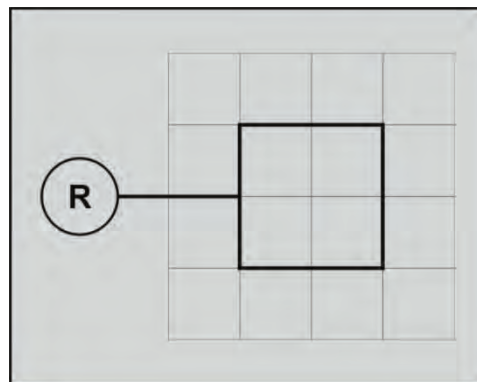


Figura 41 - Rede malhada com anel.

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.

3.5.9.4 Dimensionamento de redes distribuição

As redes de distribuição conduzem água sob pressão e o seu dimensionamento deve constar de uma análise hidráulica dos principais parâmetros como vazão, perdas de carga, pressões, velocidades, tipo de material e diâmetros das tubulações. As equações

hidráulicas para condutos forçados de adutora, também se aplicam ao dimensionamento dessas redes.

Devem ser projetadas de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto, prevenindo a instalação de registros de manobra, registros de descarga, ventosas, hidrantes e válvulas redutoras de pressão, entre outros equipamentos e acessórios.

a) Variação de perda de carga.

A variação na velocidade da água nas tubulações provoca uma perda de energia hidráulica, denominada perda de carga, que pode ser dividida em perda localizada (devido a singularidades, tais como ampliações, reduções, curvas, válvulas com área transversal não constante) e perda distribuída (devido ao atrito do fluido com as paredes do conduto, ao longo de toda a sua extensão, com área transversal constante).

O estudo da perda de carga em condutos forçados é importante para o dimensionamento de adutoras, redes de distribuição, estações de recalque entre outros elementos hidráulicos, pois avaliam o atrito do fluido em escoamento nas tubulações e as perdas decorrentes pelos componentes instalados nos sistemas.

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, assim, 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 na tubulação na qual ocorre a 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 usualmente expressas em metros por metro (m/m). Multiplicando-se a perda de carga unitária pelo comprimento do tubo, tem-se a perda ao longo de toda a tubulação.

A Figura 42 mostra esquematicamente a perda de carga em uma tubulação.

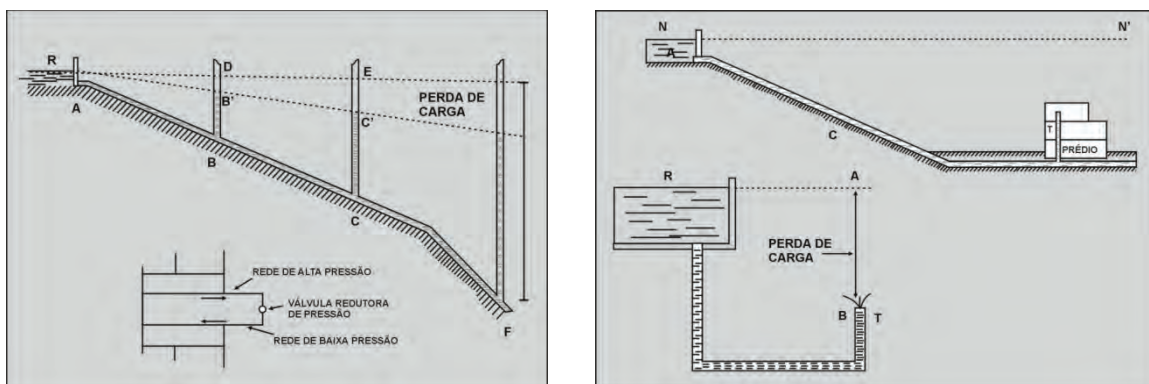


Figura 42 - Perda de carga em regime de escoamento.

b) Pressões e velocidades mínimas e máximas.

As pressões mínimas são estabelecidas para que a água alcance os reservatórios dos domicílios e as máximas são fixadas em função da resistência das tubulações e do controle de perdas. Recomenda-se utilizar em projetos a pressão estática máxima de 50 metros de coluna d'água (mca ou mH_2O) o que corresponde 500 kPa e de 10 mca ou 100 kPa para pressão dinâmica mínima.

As limitações das velocidades estão associadas, com a segurança e durabilidade das tubulações, e ainda, com os custos de implantação e operação do sistema. Assim sendo, recomenda-se 0,6 m/s para velocidade mínima e 3,5 m/s para máxima.

c) Diâmetro mínimo.

A adoção do diâmetro mínimo leva em consideração as perdas de carga e as vazões disponíveis ao usuário. Recomenda-se a utilização 50 mm como diâmetro mínimo para tubulações secundárias. Entretanto, dependendo do projeto, pode ser admitida pontualmente a utilização do diâmetro mínimo interno de 25 mm (1") para as tubulações em trechos extremos de localidades rurais.

3.5.9.4.1 Vazão para redes ramificadas

a) Vazão de distribuição ou vazão máxima de consumo.

$$Q = \frac{P \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2}{86400} \quad (16)$$

Onde:

Q = vazão máxima (l/s);

P = população final a ser abastecida;

q = consumo per-capita (l/hab.dia);

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo.

b) Vazão em marcha ou por metro linear de rede.

$$q_m = \frac{Q}{L} \quad (17)$$

Onde:

q_m = vazão em marcha (l/s.m);

L = comprimento total da rede (m).

c) Vazão específica relativa à área de abrangência da distribuição.

$$q_a = \frac{Q}{A} \quad (18)$$

Onde:

q_a = vazão específica relativa a área de distribuição (l/s.ha);

A = área a ser abastecida (ha).

d) Cálculo das vazões por trechos da rede de distribuição:

Inicia-se pela de numeração dos trechos, como mostrado no exemplo de forma crescente de jusante para montante (Figura 43);

O cálculo tem início nas extremidades (pontas secas) onde as vazões são nulas, sendo acumuladas trecho a trecho de jusante para montante;

A vazão de cada trecho (Q_j) é determinada pelo produto da vazão em marcha (q_m) e o comprimento do trecho (m);

A vazão a montante do trecho (Q_m) corresponde a vazão de jusante (Q_j) mais a vazão desse trecho (Q_n);

A vazão de dimensionamento do trecho ou vazão fictícia (Q_f) corresponde a média entre as vazões de montante e jusante (Figura 44).

$$Q_f = \frac{Q_m + Q_j}{2} \quad (19)$$

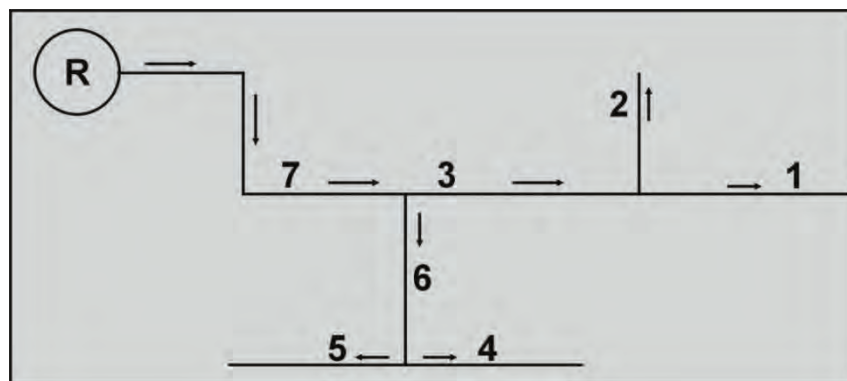


Figura 43 - Rede ramificada (numeração dos trechos).

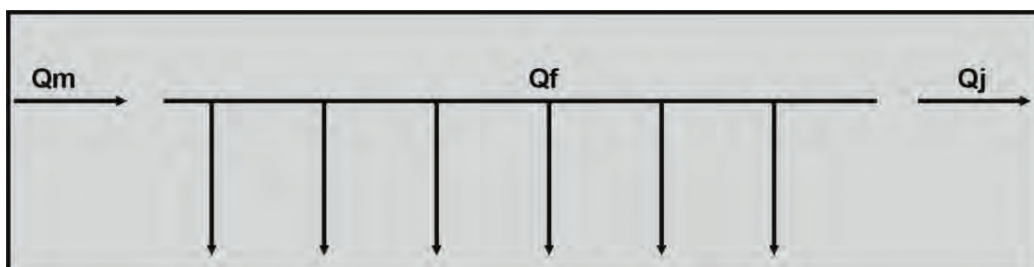


Figura 44 - Vazões de dimensionamento dos trechos (vazão fictícia).

Exemplo 8 - Determinar as vazões para rede ramificada correspondente à Figura 43.

Passo 1 – Após a numeração, determine o consumo de cada trecho.

$$Q_1 = qm \times L_1$$

$$Q_2 = qm \times L_2$$

$$Q_3 = (qm \times L_3) + Q_1 + Q_2$$

$$Q_4 = qm \times L_4$$

$$Q_5 = qm \times L_5$$

$$Q_6 = (qm \times L_6) + Q_4 + Q_5$$

$$Q_7 = (qm \times L_7) + Q_3 + Q_6$$

Onde:

Q_i = vazão em cada trecho (l/s);

q_m = vazão por metro linear de rede (l/s . m);

L = comprimento do trecho (m).

Passo 2 – Determinar as vazões fictícias nos trechos (exemplo para os trechos de 1 a 3).

$$Q_{f1} = \frac{Q_1 + O}{2}, \quad Q_{f2} = \frac{Q_2 + O}{2} \quad \text{e} \quad Q_{f3} = \frac{Q_3 + (Q_1 + Q_2)}{2}$$

Obtidas as vazões fictícias em cada trecho, os diâmetros poderão ser determinados, por exemplo, pela Tabela 6.

Tabela 6 - Seleção do diâmetro nominal da tubulação.

D	V. máx.	Q. máx.
(mm)	(m/s)	(l/s)
20	0,40	0,11
25	0,45	0,22
40	0,55	0,62
50	0,60	1,2
60	0,70	2,0
75	0,70	3,1
100	0,75	5,9
125	0,80	9,8
150	0,80	14,1
175	0,90	21,7
200	0,90	28,3

Onde:

D = diâmetro nominal da tubulação;

V = velocidade;

Q = vazão.

e) Cálculo da perda de carga.

Determinada a vazão fictícia, selecionado 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-Williams.

3.5.9.7 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 locar 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 nas laterais das vias públicas sob as calçadas (passeios públicos).

O recobrimento das tubulações assentadas nas valas deve ser em camadas sucessivas de terra, de forma a absorver o impacto de cargas móveis.

3.5.9.7.1 Materiais das tubulações e conexões

Na execução de rede, os materiais mais comuns são: plásticos em PVC (policloreto de vinila), DeFoFo e Polietileno de Alta Densidade (PEAD); fibra de vidro; metálicos em aço e ferro fundido dúctil, usualmente revestido internamente com argamassa de cimento.



Figura 45 - Rede de distribuição em PVC com junta elástica.

3.5.10 Elevatórias

As estações elevatórias são instalações destinadas a transportar e elevar a água. Num sistema de abastecimento podem ser utilizadas na captação, para recalque de água de mananciais de superfície ou poços rasos e profundos; na adução, para o transporte dessa água; em várias etapas do tratamento e na distribuição, para aumento da pressão nas redes, levando a água a pontos mais distantes ou mais elevados.

Os principais componentes de uma estação elevatória de água podem ser constituídos por obras civis, compreendendo o poço de sucção e a casa de bomba; equipamentos eletromecânicos como o motor, bomba, quadro elétrico; e por tubulações de sucção e recalque, além de equipamentos, acessórios e conexões do edutor e barrilete. A Figura 46 mostra o sistema de bombeamento de uma estação elevatória.



Figura 46 - Conjunto de bombeamento de uma estação elevatória de água tratada.

As principais atividades para elaboração do projeto do sistema de bombeamento compreendem: determinação das vazões de projeto; definição do tipo e arranjo físico da elevatória e traçado das canalizações; escolha do tipo e número dos conjuntos motor-bomba; dimensionamento e seleção do material das canalizações; dimensionamento do poço de sucção; estudo dos transientes hidráulicos e seleção do dispositivo de proteção do sistema; seleção final dos conjuntos motor-bomba definindo os sistemas de acionamento, medição e controle; e elaboração dos projetos de arquitetura e seus complementares.

3.5.10.1 Bombas hidráulicas

Bombas são máquinas geratrizes cuja finalidade é realizar o deslocamento de um líquido por escoamento. Podem ser classificadas basicamente em duas grandes categorias: bombas hidrodinâmicas e hidroestáticas.

As bombas hidrodinâmicas ou cinéticas (ou ainda turbobombas) fornecem a energia à água sob forma de energia de velocidade que é convertida no seu interior em energia de pressão, permitindo que a água atinja posições mais elevadas dentro de uma tubulação. Podem ser classificadas conforme o Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação das bombas hidrodinâmicas ou cinéticas.

Bombas hidrodinâmicas ou cinéticas	Centrífugas	Fluxo radial
		Fluxo misto
		Fluxo axial
	Periféricas	Estágio único
		Estágios múltiplos
	Especiais	Ejetor
		Ar comprimido
		Carneiro hidráulico

As bombas hidrostáticas, também denominadas de volumétricas ou de deslocamento positivo, são bombas em que o fluido adquire movimento e pressão em seu interior sem experimentar nenhum aumento significativo da velocidade, já que o fluido é simplesmente aspirado e recalçado. Uma vez que o fluido administrado não depende da pressão, tal fato torna esse tipo de bomba adequada à transmissão de força hidráulica. São classificadas de acordo com o tipo de órgão mecânico que efetua o deslocamento do líquido e se divide em dois grupos conforme descrito no Quadro 8.

Quadro 8 – Classificação das bombas hidrostáticas ou volumétricas.

Bombas hidrostáticas ou volumétricas	Alternativas	Pistão	
		Êmbolo	
		Diafragma	
	Rotativas	Rotor simples	Palheta
			Pistão
			Elemento flexível
			Parafuso
		Rotor múltiplo	Engrenagem
			Rotor lobular
			Pistão oscilatório
			Parafuso

Normalmente, um sistema de bombeamento é denominado de acordo com a modalidade de energia que alimenta o motor de acionamento. Embora ainda haja muitas bombas acionadas manualmente, a grande maioria das bombas é acionada por motores elétricos que transformam a energia elétrica em mecânica.

As bombas mais utilizadas na maioria das estações elevatórias de água são as centrífugas de eixo horizontal e de eixo vertical em poços tubulares. Em se tratando de soluções alternativas no meio rural, as bombas de êmbolo com acionamento manual são utilizadas, bem como, os carneiros hidráulicos.

3.5.10.1.1 Seleção do conjunto motor-bomba

Basicamente para a seleção dos conjuntos motor-bomba, os seguintes fatores devem ser considerados:

a) Faixa de operação - curvas características do sistema e das bombas, vazão, níveis de água e características das tubulações, entre outros.

Altura manométrica total (H) - diferença entre as alturas representativas das pressões na saída e entrada da bomba. É calculada pelo somatório em metro das parcelas correspondente as alturas geométricas de sucção e de recalque com as respectivas perdas de carga ao longo dessas tubulações:

$$H = H_s + H_r + h_s + h_r \quad (20)$$

Onde:

H = altura manométrica total;

H_s = altura geométrica de sucção;

H_r = altura geométrica de recalque;

h_s = perda de carga na sucção;

h_r = perda de carga no recalque.

- Curva característica da bomba - é caracterizada principalmente pelos valores de sua altura manométrica e de vazão. São representadas em forma de gráficos normalmente traçados pelo fabricante a partir de ensaios em que são consideradas grandezas como diâmetro do rotor, velocidade de rotação, potência e rendimento.
- Curva característica do sistema - designada também de curva característica da tubulação, relaciona a altura manométrica total do sistema de elevação com a vazão de bombeamento.
- Potências e rendimento - para que a bomba realize o escoamento da água é necessário que o motor transmita uma potência mecânica ou motriz superior à potência hidráulica requerida pela bomba. As perdas neste processo correspondem ao rendimento ou eficiência deste conjunto. A equação (21) representa a potência do motor.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_b} \text{ (expresso em cv)} \quad (21)$$

Onde:

γ = peso específico do líquido (água = 1000kgf/m³);

Q = vazão (m³/s);

H = altura manométrica total (m);

η_b = rendimento do motor (%).

b) Características da água a ser recalçada.

As características físico-químicas da água, como o pH, temperatura, sólidos totais, entre outras, são importantes para se definir o tipo do material da carcaça e do rotor da bomba que mais se adequam ao recalque desta água.

c) Disponibilidade de bombas no mercado e padronização com equipamentos de outras elevatórias existentes.

d) Economia e facilidade de operação e manutenção.

3.5.10.1.2 Bombas de centrífugas

São essencialmente constituídas de um rotor que gira dentro de uma carcaça cujo princípio de funcionamento é o mesmo da força centrífuga. A água quando sujeita a movimento giratório, tende a sair 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 através do tubo de sucção.

Considerações quanto às principais características, instalação e funcionamento de bombas centrífugas são apresentadas a seguir.

a) Principais componentes de uma bomba centrífuga (Figura 47):

- **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 carrega 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;
- **Gaxetas** - 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, que tem por função apertar as gaxetas e lubrificá-las com água.

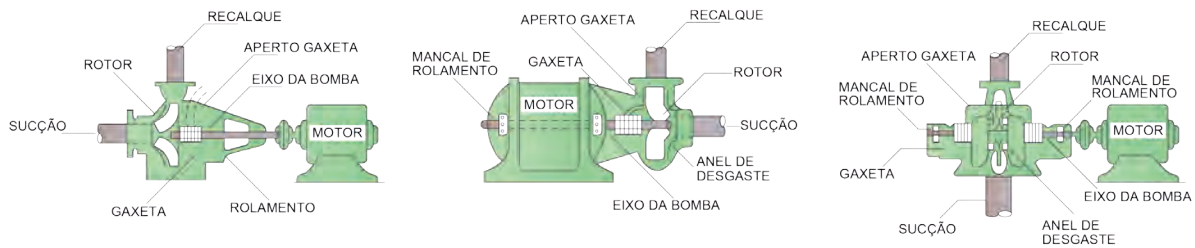


Figura 47 - Bombas centrífugas.

b) Instalação do conjunto.

- Localização da 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 - tem como objetivo proteger as bombas e seus equipamentos de comando, evitando os danos causados pela exposição ao tempo e também a 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 na 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 que haja sempre elevação do poço para a bomba, com a finalidade de evitar bolsa de ar e cavitação.
- Sucção e recalque - 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 risco de mau funcionamento e de estrago da bomba.
- Rotor - deve girar no sentido indicado pela seta na carcaça.
- Válvula de pé - é indispensável o emprego de válvula de pé quando o nível de água na sucção for inferior ao nível de instalação da bomba.

c) Funcionamento nas partidas do bombeamento.

- 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* (desvio) 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.

d) Operação e manutenção de bombas centrífugas.

O Quadro 9 mostra os principais problemas decorrentes da operação de bombas e as manutenções preventivas e corretivas passíveis de realização.

Quadro 9 - 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.
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 30 cm.

(Continua)

(Continuação)

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.
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 fechada.	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 a 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 de mais:	
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.

(Continua)

(Continuação)

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.

Ressalta-se que 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.

3.5.10.1.2.1 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, conecta-se à tubulação de sucção por um ponto onde esta também possui um estrangulamento (venturi) (Figura 48).

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.

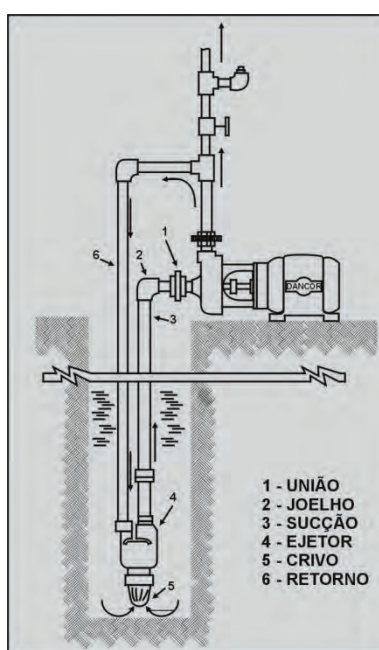


Figura 48 - Bomba centrífuga com ejetor.

3.5.10.1.3 Bombas de deslocamento

a) 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, no qual vem ter a água entra 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 permite a abertura para dentro do cilindro, não deixando a água retornar pelo tubo de sucção. 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 e/ou tubo de recalque 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.

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. 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.

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 e/ou tubo de recalque é consequente à compressão provocada pela descida do êmbolo.

b) 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.

A sucção da água pela bomba de êmbolo é obtida em consequência 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 10,333 m ao nível do mar. Conclui-se, daí, que a sucção máxima teórica possível ao nível do mar é de 10,333 m. Com o aumento da altitude, diminui o limite teórico à razão de 1,0 m para cada 1000 m de altitude. Na realidade, nunca se pode contar com a sucção teórica, já que há perdas devido a: vácuo no cilindro, que nunca é perfeito; perdas na entrada da água pela válvula de pé; perdas em consequência de atritos da água na tubulação e perdas nas conexões. O limite prático de sucção é de 7,5 m a 8,0 m ao nível do mar.

c) 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 49).

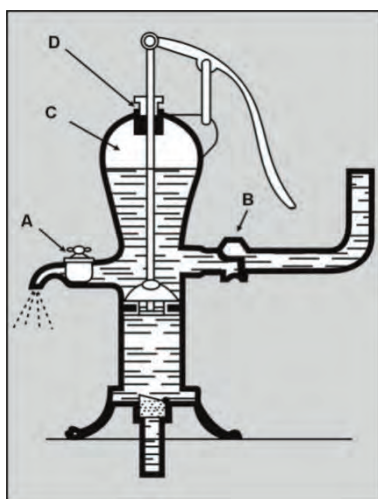


Figura 49 - Bomba manual de sucção e recalque - bomba de êmbolo.

d) 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 poucos 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 conexões tais como curvas e tês, 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, elevação, qualidade da água e tipo de instalações e condições de trabalho.

e) Cuidados na instalação de bombas de êmbolo em poço raso:

- Verificar se o nível dinâmico do poço em época de estiagem está acima do nível da sucção prática para a altitude do lugar onde vai ser instalada a bomba. Máximo prático ao nível do mar: de 7,60 m a 8,00 m;
- Sempre que se tenha mais de 8,00 m 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 sobre-porca 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 30 cm do fundo do poço e com recobrimento mínimo de 30 cm de água;
- As flanges e as juntas devem ser bem apertadas;
- O movimento da haste deve ser uniforme.

f) 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 justifica quando o nível da água no poço, com relação à 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.

3.5.10.1.4 Bomba especial - carneiro hidráulico

O carneiro hidráulico é um equipamento amplamente empregado em zonas rurais como fonte alternativa de bombeamento, onde a energia elétrica é escassa ou inexistente. É considerada uma bomba especial que funciona em decorrência do golpe de aríete, causado pelo fechamento de uma válvula que interrompe o movimento da água proveniente de uma fonte de alimentação localizada em nível superior.

O equipamento necessita de vazão de alimentação bastante superior em relação à vazão de recalque, e de ser instalado em nível abaixo da fonte de suprimento.

As principais características do carneiro hidráulico são: baixo custo de aquisição, podendo ser construído artesanalmente a partir de materiais simples como tubos PVC, garrafa plástica (PET) e conexões metálicas e de PVC; trabalha ininterruptamente sem utilização de energia elétrica; vida útil com longa duração e pouco desgaste; no geral é pouco eficiente e com rendimento variável. A Figura 50A mostra um carneiro hidráulico com carcaça metálica.

Seu funcionamento é bem simples, a água, descendo pela tubulação de alimentação escoada 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 (r) 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 (H_1): distância vertical entre o local onde o carneiro hidráulico será instalado e o nível da água no reservatório de distribuição.

Na prática, adotam-se os valores contidos no Quadro 10:

Quadro 10 - Relação entre altura da queda (H) e altura de recalque (H_1).

$\frac{H}{H_1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$
Rendimento (r)	0,70	0,60	0,50	0,40	0,35	0,34	0,32	0,31

Dados necessários para a instalação de um carneiro hidráulico:

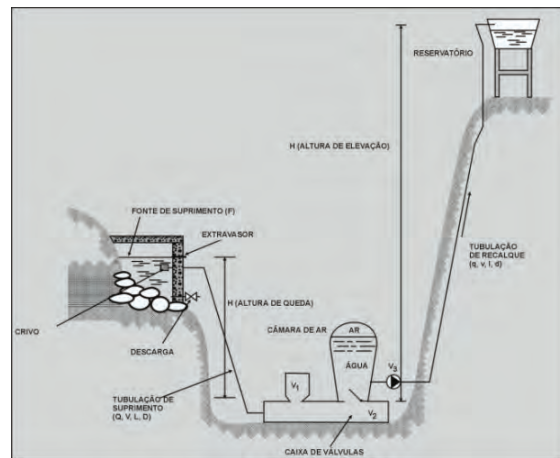
- Vazão do manancial;
- Altura de queda disponível;
- Altura de recalque desejada;
- Distância entre o manancial e o local de instalação do carneiro hidráulico = comprimento da tubulação de alimentação;
- Distância entre o local de instalação do carneiro hidráulico e o reservatório a ser abastecido = comprimento da tubulação de recalque.

Recomendações importantes para instalação (Figura 50B):

- 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 0,50 m 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.



(A)



(B)

Figura 50 - Carneiro hidráulico (A) e esquema de sua instalação (B).

Exemplo 9 - Sabendo-se que a vazão de uma fonte de encosta corresponde a 100 litros/minutos, a altura de queda disponível até o carneiro é de 2,0 metros e a altura de recalque desejada é de 14,0 metros, determine a vazão possível de se recalcar?

Passo 1 - Determinação do rendimento (relação entre alturas de queda e recalque).

Dados:

vazão do manancial = 100 litros/minuto;

altura de queda disponível: $H = 2,0$ metros;

altura de recalque desejada: $H_1 = 14,0$ metros.

$$\frac{H}{H_1} = \frac{2}{14} = \frac{1}{7}$$

Consultando o Quadro 10, determina-se o valor de $r = 0,34$.

Passo 2 - Determinação da vazão possível de se recalcar será:

$$Q = 100 \times 0,34 = 34,0 \text{ litros/minuto.}$$

Os fabricantes de carneiros hidráulicos fornecem catálogos em que estão indicadas as especificações técnicas dos modelos existentes, devendo ser consultados para a adequada escolha do equipamento mais conveniente à situação desejada.

3.5.10.2 Bomba acionada por sistema fotovoltaico - energia solar

O uso de energia solar fotovoltaica como alternativa para acionamento de sistemas de bombeamento de água vem ganhando cada vez mais espaço. Trata-se de uma tecnologia aplicável principalmente a regiões remotas e de difícil acesso, desprovidas de energia elétrica, onde exista um abundante fluxo de radiação solar.

Nos sistemas mais usuais de pequenas comunidades, a água é captada do poço tubular por meio de uma bomba submersível (corrente contínua), acionada por um gerador composto por painéis fotovoltaicos. Nesse tipo de sistema, no geral, não se utiliza baterias para acumulação de energia para acionamento da bomba nos dias de menor insolação, preferindo-se ampliar o volume de reservação para armazenar mais água nos dias de maior incidência de luminosidade solar (Figura 51).



Figura 51 - Conjunto de módulos fotovoltaicos e bomba submersa instalados em poço tubular.

3.5.10.3 Bomba acionada por sistema eólico – cata-vento

O emprego do cata-vento é bastante difundido em várias partes do mundo. Em sistemas de recalque pode ser utilizado tanto para o acionamento direto de bombas mecânicas (Figura 52), como para geração de energia elétrica para alimentar os motores de bombas elétricas.

O cata-vento só é aplicável onde realmente haja vento suficientemente forte e durante todos os dias do ano.

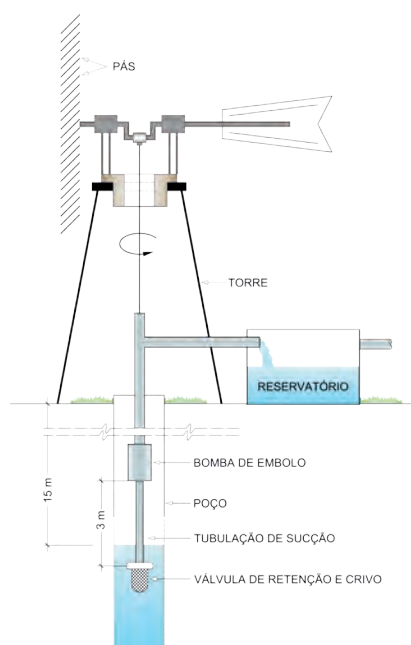


Figura 52 - Esquema de cata-vento.

Fonte: Dacach, 1990.

3.5.10.5 Bombas usadas em pequenos abastecimentos de água (Quadro 11)

Quadro 11 - Comparativo entre bombas usadas em pequenos abastecimentos de água.

Tipos de Bomba	Deslocamento			Velocidade			Ar Comprimido
	De êmbolo manual	De êmbolo a motor ou cata-vento	A engrenagem	Centrífuga	Turbina para poço profundo	Ejetor	Compressor
Eficiência	Baixa; pode ser melhorada com cilindro de duplo efeito. 25-60%	Baixa; pode ser melhorada com cilindro de duplo efeito. 25-60%	Baixa	Boa 50-85%	Boa 65-80%	Baixa 40-60%	Baixa 25-60%
Operação	Muito simples	Simple	Muito simples	Mais difícil	Mais difícil; requer cuidado	Simple; falhas de ar podem trazer problemas	Mais difícil; o compressor requer cuidado

(Continua)

(Continuação)

Manutenção	Simple, porém as válvulas do êmbolo requerem cuidado, mais difícil se o cilindro está no poço	A mesma que a manual; a manutenção dos motores é às vezes difícil em zonas rurais	Simple	Simple, mas requer cuidado	Mais difícil e constante; requer cuidado especializado	Simple, mas requer cuidado	O compressor requer cuidado permanente
Capacidade litros/minuto	10 - 50	40 - 100	15 - 75	Faixa muito ampla de 5 para cima	Faixa muito ampla 100 a 20.000	25 - 500	25 - 10.000
Elevação metros	Baixa	Alta	Baixa	5 - 500	20 - 500	Baixa	Baixa
Custo	Baixo, porém maior quando o cilindro está dentro do poço	Baixo, porém maior quando o cilindro está dentro do poço.	Razoável	Razoável	Alto, especialmente em poços profundos	Razoável	Razoável
Vantagem	Baixa velocidade; facilmente entendida por leigos; baixo custo	Baixo custo; simple; baixa velocidade	Simple; fácil de operar e de manter	Eficiência, faixa ampla de capacidade e elevação	Boa para poços rasos e escavados a trado de pequeno diâmetro; operação fácil	Partes móveis na superfície, de fácil operação e reparo	Partes móveis na superfície; pode bombear água turva e com suspensões arenosas
Desvantagem	Baixa eficiência; uso limitado; manutenção mais difícil quando o cilindro está no poço	Baixa eficiência; uso limitado; manutenção mais difícil quando o cilindro está no poço	Baixa eficiência; uso limitado	Partes móveis e corpo requerem cuidado	Partes móveis no poço dispendiosas; requerem manutenção	Aplicação limitada; baixa eficiência; partes móveis requerem cuidados	Aplicação limitada; baixa eficiência; o compressor requer cuidado constante
Força motora	Manual ou animal	Vento, motor	Manual, animal, vento, motor	Motor	Motor	Motor	Motor

3.5.10.6 Boias automáticas: acionamento pelo nível da água

A falta de água, estando a bomba em funcionamento, faz com que ela trabalhe a seco, com graves riscos para o conjunto motor-bomba. Para evitar essa possibilidade, diversos dispositivos de segurança foram inventados; um deles é a boia 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 boias automáticas que se elevam ou se abaixam, acompanhando o nível da água do poço. As boias 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 proteger a vida dos motores, resultando em economia de despesas.

3.5.10.7 Casa de bombas

O conjunto motor-bomba deve ser encerrado em um recinto que se denomina “casa de bombas” e que tem por finalidade proteger o conjunto motor-bomba 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 moto-bomba, 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.

3.5.11 Ligações domiciliares

O objetivo primordial na implantação de um sistema de abastecimento de água, consequentemente, de saúde pública, é que a população tenha água em quantidade e qualidade em seu domicílio.

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 20 mm (Figura 53);
- **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.

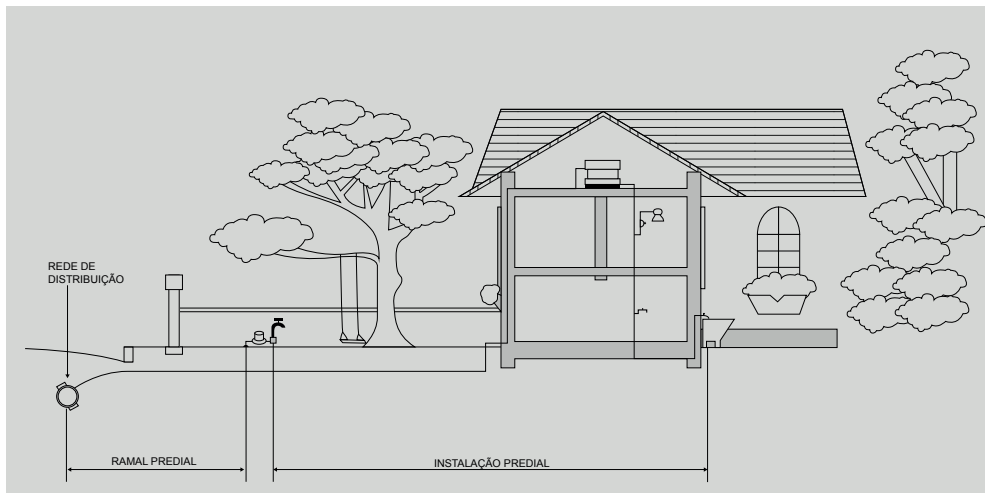


Figura 53 - Ramal predial - Instalação de ramal predial em PVC com micromedidor (hidrômetro).

3.5.11.1. Reservatório domiciliar (caixa d'água)

A utilização de reservatório domiciliar ou caixa d'água se faz necessário onde o sistema público de água funcione com intermitência ou interrupções, ocasionando desabastecimento e significativas variações de pressões. É considerado como sendo um ponto vulnerável e passível de contaminação da água quando não mantido adequadamente.

O reservatório deve ter capacidade para abastecer o domicílio, pelo menos pelo período de um dia.

Para a determinação do volume de um reservatório para o atendimento diário de uma família, é necessário conhecer o consumo *per capita* e o número de pessoas a serem atendidas.

Exemplo 10 - Sabendo-se que uma família é composta de 5 pessoas e sendo o consumo *per capita* de 150 l/hab.dia, determine o volume do reservatório.

Situação 1 - com abastecimento contínuo (água abastece dia e noite):

volume = $5 \times 150 = 750$ litros;

situação 2 - com abastecimento descontínuo (água abastece algumas horas do dia);

volume = $5 \times 150 \times 2 = 1.500$ litros.

No caso da utilização de reservatórios comerciais, adota-se o reservatório com o volume imediatamente superior ao calculado.

a) Limpeza de reservatório domiciliar (caixa d'água)

Devido à importância de preservação da qualidade da água armazenada nos reservatórios domiciliares, estes devem ser instalados de forma a garantir sua efetiva operação e manutenção, da maneira mais simples e econômica possível. O acesso ao interior do reservatório, para inspeção e limpeza, deve ser garantido e o espaço em torno do

reservatório deve ser suficiente para permitir a realização das atividades de manutenção, bem como de movimentação segura da pessoa encarregada de executá-las. Tais atividades incluem: regulagem da torneira de boia, manobra de registros, montagem e desmontagem de trechos de tubulações, remoção e disposição da tampa e outras.

Os cuidados aqui descritos são para reservatórios com volume inferior a 2.000 litros, que armazenam água potável para consumo humano. Dependendo das condições locais de abastecimento, bem como da qualidade da água, poderá haver instruções específicas para a limpeza e desinfecção da caixa d'água, as quais deverão ser seguidas. A concentração dos desinfetantes também varia, portanto devem ser seguidas as instruções do fabricante ou responsável pelo fornecimento de água do local.

De modo geral, em condições normais, recomenda-se que os reservatórios de água sejam lavados semestralmente, seguindo as instruções:

- Fechar o registro e “retire” a água da caixa d'água, deixando cerca de um palmo para limpeza. A “retirada” da água pode ser feita pelo uso normal ou ser armazenada em outras vasilhas;
- Tampar a saída d'água para que a sujeira não desça pelas canalizações;
- Lavar as paredes e o fundo da caixa d'água com pano úmido ou escova de fibra vegetal ou de plástico macio ou esponja (não use escova de aço, vassoura, sabão, detergente ou outros produtos químicos);
- Retirar a água da lavagem e a sujeira com uma pá de plástico, balde e panos. Secar o fundo com panos limpos;
- Preparar solução desinfetante, com hipoclorito de sódio. Utilizar água sanitária somente na ausência de hipoclorito;
- Espalhar a solução nas paredes e fundo da caixa d'água com uma brocha ou pano, mantendo o ralo fechado. Aguardar por no mínimo 2 horas, molhando as paredes de 30 em 30 minutos. Não utilize esta água durante a desinfecção;
- Após este período, ainda com a boia amarrada ou registro fechado, abrir a saída da caixa e esvaziar, abrindo as torneiras e descargas, para desinfetar todas as tubulações da casa;
- Usar esta água para lavar o quintal, banheiros e pisos;
- Lavar a tampa e tampar a caixa d'água para que não entrem pequenos animais ou insetos;
- Anotar a data da limpeza na parte externa da caixa d'água;
- Encher a caixa d'água.

3.5.12 Instalações para atendimento coletivo

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.

A instalação de torneiras públicas ou chafarizes, localizados em pontos estratégicos, de acordo com a necessidade da população e a capacidade do sistema, diminui as dificuldades de acesso à água.

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 54).

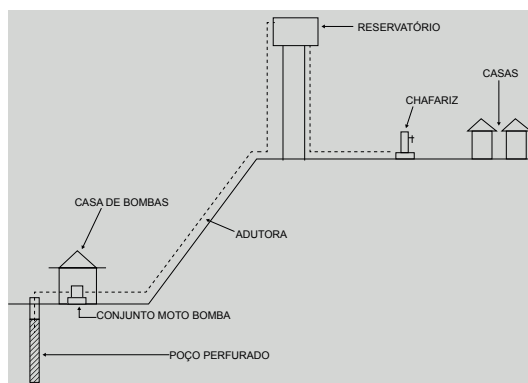


Figura 54 - Conjunto poço, elevatória, adutora, reservatório e chafariz.

O uso de instalações comunitárias, como torneiras, lavanderias e banheiros públicos, entre outros, requerem trabalho permanente de educação, esclarecimento para seu uso conveniente e manutenção preventiva dos equipamentos e instalações.

3.5.13 Qualidade da água para o consumo humano

Conferir qualidade à água significa observar determinados parâmetros de segurança denominados indicadores de qualidade da água, cujos valores de referência se encontram expressos na legislação vigente de cada país objetivando o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O controle da qualidade da água é o conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelo responsável pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar a potabilidade da água e assegurando a manutenção desta condição.

A vigilância da qualidade da água é o conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento da legislação pertinente, considerando os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana.

3.5.13.1 Padrões de Potabilidade

Corresponde ao conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, estabelecido em legislação específica de modo que a água a ser consumida não ofereça riscos à saúde.

Os parâmetros de caracterização da água destinada ao consumo humano são compostos pelos seguintes padrões: microbiológico; turbidez; substâncias químicas que representam riscos à saúde; cianotoxinas; radioatividade e organoléptico.

3.5.13.1.1 Padrão microbiológico

A microbiologia é o estudo dos organismos microscópicos (protozoários, algas, bactérias, fungos, vírus) e de suas atividades (forma, estrutura, reprodução, fisiologia, metabolismo e outros), suas relações recíprocas e com outros seres vivos, seus efeitos benéficos e prejudiciais sobre o homem e as alterações físicas e químicas que provocam em seu meio ambiente (neste caso, a água). Também é relacionada com a patologia, já que muitos organismos são patogênicos.

Em se tratando de águas naturais, os micro-organismos presentes, em sua maioria, são inofensivos à saúde humana. Entretanto, a possibilidade de contaminação dessas águas por esgoto sanitário, provenientes de fezes humanas e outros animais de sangue quente, podem ser muito prejudiciais à saúde humana. A água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Desta forma, como indicador de contaminação fecal, utiliza-se como bactéria de referência as do grupo coliforme, em especial a *Escherichia coli*.

A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacte* e *Klebsiella*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo.

A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores:

- São encontradas nas fezes de animais de sangue quente, entre eles o homem;
- São facilmente detectáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água, de forma quantitativa;
- Sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal;
- Tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicar no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas;
- São mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que as bactérias patogênicas.

Na avaliação da qualidade de águas naturais, os coliformes totais têm valor sanitário limitado. Sua aplicação restringe-se praticamente à avaliação da qualidade da água tratada, na qual sua presença pode indicar falhas no tratamento, uma possível contaminação após o tratamento ou, ainda, a presença de nutrientes em excesso, por exemplo, nos reservatórios ou nas redes de distribuição.

A utilização dos coliformes fecais na avaliação da qualidade de águas naturais, principalmente em países de clima tropical, também tem sido questionada e a tendência

atual é de se referir ao grupo como coliformes termotolerantes, pois algumas espécies são encontradas em águas ricas em matéria orgânica, efluentes industriais, como por exemplo a *Klebsiella pneumoniae*, que não é organismo de origem fecal. Entretanto, ressalta-se que a predominância é a *E. coli*, cuja origem fecal é inquestionável. Quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL de amostra, deve-se realizar monitoramento de protozoários (cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp) no(s) ponto(s) de captação de água, recomendado na legislação vigente.

A *Escherichia coli* é considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. Sua natureza ubíqua pouco provável, valida seu papel de organismo indicador de contaminação, tanto em águas naturais quanto em águas tratadas.

3.5.13.1.2 Padrão de turbidez

Conceitua-se a turbidez natural das águas como a concentração de partículas suspensas e coloidais presentes na massa líquida. Expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, simplificadamente, a transparência da água.

Comumente, respondem pela turbidez das águas naturais fragmentos de argila, silte, plâncton, micro-organismos, matéria orgânica e inorgânica, e está geralmente compreendida na faixa de 3 a 500 uT (unidade de turbidez), sendo inferior a 1,0 uT para águas subterrâneas com significativa frequência decorrente da presença de ferro e manganês.

3.5.13.1.3 Padrão para substâncias químicas

Existem substâncias químicas orgânicas e inorgânicas que devido ao seu potencial toxicológico associado às evidências epidemiológicas oferecem riscos à saúde humana.

O Valor Máximo Permitido (VMP) para cada substância é usualmente estabelecido com base nos efeitos crônicos resultantes de exposição prolongada, ou seja, ingestão continuada de água com uma dada concentração de determinada substância e na admissão de um nível de risco.

3.5.13.1.4 Padrão para cianotoxinas

As cianobactérias, também chamadas de cianofíceas ou algas azuis, são micro-organismos com características celulares procariontes (bactérias sem membrana nuclear), porém com um sistema fotossintetizante semelhante ao das algas (vegetais eucariontes), ou seja, são bactérias fotossintetizantes. Existe uma confusão na nomenclatura destes seres, pois a princípio pensou tratar-se de algas unicelulares, posteriormente os estudos demonstraram que elas possuem características de bactérias. Para simplificação, neste texto, serão denominadas simplesmente cianobactérias.

Em ambientes eutrofizados, isto é, ricos em nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, industriais e atividades agrícolas, as cianobactérias quase sempre

constituem o grupo fitoplanctônico dominante. Nessas condições podem causar florações que constituem problemas de saúde pública e provocam desequilíbrios ambientais significativos.

Como muitas espécies de cianobactérias são tóxicas, seu controle em mananciais torna-se medida fundamental. Assim, as normas de qualidade para água de consumo humano estabelecem que os responsáveis por estações de tratamento de água para abastecimento público devem realizar o monitoramento de cianobactérias e o controle das cianotoxinas nos mananciais.

3.5.13.1.5 Padrão organoléptico

É o conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação da água para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde. A água deve ter aspecto agradável (transparência e limpidez) e não apresentar gosto e odor objetável.

3.5.13.1.6 Padrão de radioatividade

Os valores máximos para radioatividade na água para consumo humano são dados como atividade do radionuclídeo por litro (Bq.L^{-1}). A identificação de espécies radioativas individuais e as respectivas concentrações requerem sofisticadas e onerosas análises. Como alternativa de maior praticidade, se utiliza um procedimento de controle, em que a radioatividade total é expressa na forma de radioatividade alfa e beta global, sem identificação de radionuclídeos específicos. Caso os níveis de radioatividade alfa e beta global sejam superados, deve ser realizada análise específica para os radionuclídeos presentes.

3.5.13.2 Planejamento e técnicas: coleta de amostras de água e análises

3.5.13.2.1 Amostragem

O procedimento de amostragem envolve a coleta de um volume de água conhecido que permite inferir as características de um manancial de água bruta, sistema ou solução de abastecimento de água. Os procedimentos analíticos utilizados para conferir as características da água envolvem um criterioso Plano de Amostragem que inclui definição dos pontos de coleta de amostras, do número, da frequência da coleta e definição dos parâmetros a serem analisados.

Para se obter uma amostra representativa e resultados satisfatórios dentro da realidade, a amostragem deverá incluir: metodologia de coleta; tipos de amostras (simples ou composta); pontos de amostragem; tempo de coleta; preservação; transporte; equipamentos necessários; técnico capacitado e parâmetros a serem analisados.

A coleta de amostras de água, embora seja considerada uma atividade simples, deve observar critérios técnicos no processo de amostragem, a fim de que sejam representativas do nível de qualidade que se pretende determinar.

Os procedimentos de campo para coleta de amostras de água requerem alguns cuidados:

- Determinação prévia dos pontos de coleta e respectivo mapeamento em mapas cartográficos;
- Antes da amostragem, verificar se o ponto de coleta recebe água diretamente do sistema de distribuição e não de caixas, reservatórios, cisternas e outros;
- Amostras para análises microbiológicas devem ser feitas antes de qualquer outra, devendo se tomar os devidos procedimentos para o correto acondicionamento e transporte em bolsas esterilizadas e identificadas. Para amostras de água clorada, este frasco ou bolsa deverá conter tiosulfato de sódio em concentração suficiente para neutralização do cloro residual;
- Não devem ser coletadas amostras compostas para análises microbiológicas devido às variações no fluxo e composição de efluentes lançados no corpo d'água ou contaminação do mesmo por substância tóxica ou nutritiva;
- Amostras para análise microbiológica devem ser transportadas em caixas térmicas, em temperatura em torno de 4 a 10 °C e o período de transporte deve ser de seis a oito horas, sendo que o tempo para a realização das análises não deve exceder as 24 horas;
- Amostras destinadas às análises físico-químicas devem ser acondicionadas em frascos de vidro borosilicato (V), de vidro borosilicato âmbar (VB) ou polietileno (P), limpos, secos e identificados;
- Amostras devem ser registradas em fichas próprias com as seguintes informações: local do ponto de coleta, tipo de manancial, ocorrência de fenômenos que possam interferir na qualidade da água, data e horário da coleta, volume coletado, determinações efetuadas no momento da coleta (temperatura do ar e da amostra, condutividade, pH, e cloro residual livre) e nome do responsável pela amostragem;
- A coleta de água bruta deve ser realizada em ponto estratégico do manancial de captação ou, quando não é possível, na chegada da água bruta na Estação de Tratamento de Água - ETA;
- Todo resíduo produzido durante a coleta deverá ser armazenado e encaminhado ao laboratório para o seu correto descarte.

A seguir serão apresentadas orientações sobre a coleta e preservação de amostras para alguns parâmetros físico-químicos (Quadro 12).

Quadro 12 - Coleta e preservação de amostras para análise físico-químicas.

Parâmetros	Recipientes	Volume mínimo (mL)	Preservação	Tempo máximo
Alcalinidade	Vidro ou polietileno	200	Refrigerar a 4°C	24 h/14 d
CO ₂	Vidro ou polietileno	100	-	Análise imediata

(Continua)

(Continuação)

Cloretos	Vidro ou polietileno	100	Não requer	7 dias
Temperatura	-	-	-	Análise imediata
Cloro residual	Vidro ou polietileno	500	Análise imediata	30 min/2 h
pH	Vidro ou polietileno	200	-	Análise imediata
Cor aparente	Vidro ou polietileno	500	Refrigerara 4° C	24h
Dureza total	Vidro ou polietileno	100	HNO ₃ pH < 2	6 meses
Turbidez	Vidro ou polietileno	200	Proteger da luz. Refrigerar a 4° C	24 h

Fonte: Brasil, 2013.

3.5.13.2.2 Técnicas para coleta de amostras de água

Em todos os procedimentos para coleta de amostras de água, deve-se adotar o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI - luvas, avental, máscara e outros) com vistas à proteção da amostra, e também do próprio técnico, principalmente no caso de águas suspeitas de contaminação.

a) Técnica de coleta em sistema pressurizado

Adota-se este tipo de coleta principalmente em torneiras e poços com bombeamento (Figura 55):

- Proceder à desinfecção externa e interna da torneira, usando gaze embebida em álcool a 70% ou utilizar solução de hipoclorito de sódio a 100 mg/L. Utilizando-se este último procedimento, deve-se remover completamente o hipoclorito antes da coleta para evitar contaminar a amostra. Recomenda-se não efetuar a desinfecção pela técnica de flambagem pois além de causar danos às torneiras e válvulas, há evidências de que este procedimento não tem efeito letal sobre as bactérias;
- Abrir a torneira em fluxo moderado e deixar a água escorrer por cerca de 2 a 3 minutos;
- Remover a tampa do frasco ou bolsa estéril e encher com a água (não apoiar o conjunto sobre quaisquer superfícies);
- Para análise microbiológica, encher $\frac{3}{4}$ do frasco/bolsa estéril;
- Para análise físico-química, enxaguar (fazer ambiente 3 vezes) o frasco com a amostra a ser coletada e enchê-lo. Deve-se deixar espaço vazio de 2,0 a 2,5 cm do topo, possibilitando a homogeneização correta da amostra antes de iniciar a análise, evitando a presença de oxigênio;
- Tampar o frasco contendo a amostra imediatamente;

- Fazer a identificação do ponto de coleta no frasco usando caneta com tinta indelével;
- Acondicionar o frasco individualmente em saco plástico, para proteger de vazamento ou contaminação, colocando-o em caixa isotérmica com gelo reciclável. Caso não seja possível utilizar o gelo reciclável, colocar os cubos de gelo em saco plástico resistente, para evitar que se fure ocorrendo vazamento de água, contaminando a amostra;
- Anotar as medições na ficha apropriada;
- Preencher os documentos que acompanham a amostra com os dados da coleta;
- Enviar a amostra ao laboratório.



Figura 55 - Sequência de coleta em torneira.

Fonte: OPAS, 1987.

b) Técnica de coleta de água sem bombeamento.

Adota-se este tipo de coleta principalmente em poços rasos, cisternas e fontes naturais sem bombeamento (Figura 56):

- Mergulhar o frasco com o auxílio de um peso fixado, descendo lentamente o cordão sem permitir que toque nos lados do poço;
- Submergir o frasco, permitindo que se obtenha amostra mais profunda;
- Tampá-lo imediatamente;
- Fazer a identificação do ponto de coleta no frasco;
- Acondicionar o frasco individualmente em saco plástico, para proteger de vazamento ou contaminação, colocando-o em caixa isotérmica com gelo reciclável. Caso não seja possível utilizar o gelo reciclável, colocar os cubos de gelo em saco plástico resistente, para evitar que se fure ocorrendo vazamento de água, contaminando a amostra;
- Anotar as medições na ficha apropriada;
- Preencher os documentos que acompanham a amostra com os dados da coleta;
- Enviar a amostra ao laboratório.

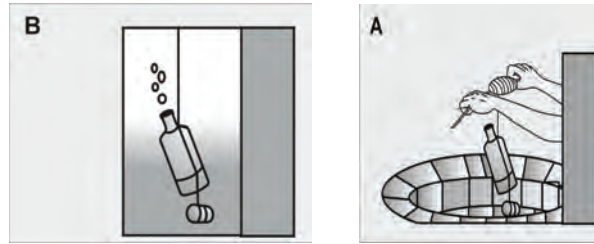


Figura 56 - Sequência de coleta em poço raso, cisternas e fontes naturais.

Fonte: OPAS, 1987.

c) Técnica de coleta de amostras de água superficiais

Em mananciais superficiais efetua-se a coleta diretamente com as mãos, procedendo da seguinte forma:

- Selecionar pontos de amostragem representativos, evitando-se a coleta de amostras em áreas estagnadas ou em locais próximos à margem;
- Realizar a coleta da amostra abaixo da superfície, colocando inicialmente o gargalo em sentido da corrente;
- Após atingir a profundidade de coleta, girar o gargalo no sentido contrário da corrente, e encher recipiente (Figura 57);
- Tampá-lo imediatamente;
- Fazer a identificação do ponto de coleta no frasco;
- Acondicionar o frasco individualmente em saco plástico, para proteger de vazamento ou contaminação, colocando-o em caixa isotérmica com gelo reciclável. Caso não seja possível utilizar o gelo reciclável, colocar os cubos de gelo em saco plástico resistente, para evitar que se fure ocorrendo vazamento de água, contaminando a amostra;
- Anotar as medições na ficha apropriada;
- Preencher os documentos que acompanham a amostra com os dados da coleta; e
- Enviar a amostra ao laboratório.



Figura 57 - Sequência de coleta de amostras de água superficiais.

Fonte: EPA, 2007.

3.5.13.3 Métodos de análises para determinação de coliformes totais e *E. coli*

Os principais métodos são:

- Método de fermentação em tubos múltiplos - TM;
- Método de filtração em membranas - MF;
- Método do Substrato Cromogênico Definido ONPG-MUG, com resultados confirmativos para presença de Coliformes Totais e *E. coli* em 24 horas.

Descrever-se-á aqui apenas o método do Substrato Cromogênico Definido ou Substrato Cromogênico-Fluorogênico, embora os métodos de TM e MF sejam ainda utilizados, devido à facilidade de manuseio e seu relativo custo benefício.

Os meios de cultura contêm nutrientes indicadores (substrato ONPG e MUG) que, hidrolisados pelas enzimas específicas dos coliformes e/ou *E. coli* provocam uma mudança de cor no meio - amarelo, no caso de coliformes, ou produzem fluorescência quando a amostra é exposta à luz ultravioleta, no caso de *E. coli*.

Pode ser aplicado tanto em análises qualitativas (Presença/Ausência - P/A), como quantitativas (NMP), além da maior precisão, outra vantagem é o tempo de resposta, já que a determinação simultânea de coliformes (totais) e *E. coli* é efetuada após incubação das amostras a 35°C por 24 horas, não havendo necessidade de ensaios confirmatórios, e nem da adição de outros reagentes para confirmação.

a) Procedimento de análise qualitativa (P/A) - (Figura 58):

- Coletar 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril (com tiosulfato de sódio para água tratada que contenha cloro e sem tiosulfato para água com ausência de cloro) e adicionar todo o conteúdo do frasconete de substrato. Fechar o frasco ou bolsa estéril e agitar levemente para dissolver o todo o reagente;
- Incubar o frasco ou a bolsa estéril contendo a amostra e o substrato por 24 horas a 35°C;
- Após a incubação, observar visualmente os frascos para a leitura dos resultados. Caso a amostra não se apresente na cor amarela, ou seja, incolor, significa que a prova é negativa - ausência de coliformes;
- Entretanto, havendo desenvolvimento de coloração amarela, o resultado é positivo - presença de coliformes totais;
- E se a amostra se apresentar amarela e fluorescente quando exposta à luz UV-365 nm (UV - Ultravioleta), o resultado é positivo - presença de *E. coli*.



Figura 58 - Análise qualitativa (P/A).

b) Procedimento de análise quantitativa - Número Mais Provável (NMP)

Preparação da seladora:

- Colocar a seladora sobre uma bancada firme e antes de ligar verificar a fonte de alimentação (110v/220v);
- Encaixar a bandeja prateleira na parte frontal da seladora;
- Ligar a seladora antes de começar sua utilização, para que possa aquecer aproximadamente 10 minutos. Ao ser ligada a lâmpada vermelha acenderá, devendo aguardar a lâmpada verde acender para iniciar o procedimento.
 - Lâmpada vermelha indica que a seladora está ligada.
 - Lâmpada verde indica que a seladora já pode ser usada.

Preparação da amostra (Figura 59):

- Coletar 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril, com ou sem tiosulfato de sódio e adicionar todo o conteúdo do frasconete de substrato;
- Fechar o frasco ou a bolsa estéril e agitar levemente para dissolver o reagente;
- Transferir todo o conteúdo do frasco ou da bolsa estéril (amostra com o substrato para a cartela específica);
- Acoplar a cartela de amostra à bandeja de borracha, de forma que os poços dessa se encaixem aos poços da cartela de amostra;
- Encaixar a bandeja de borracha na bandeja prateleira;
- Aguardar até que a seladora comece a puxar automaticamente;
- Retirar da parte posterior da seladora a cartela de amostra e a bandeja de borracha;
- Observar se a cartela foi selada; caso seja necessário, passe pela seladora novamente seguindo os procedimentos citados acima;
- Ao término do uso da seladora, desligá-la na parte posterior e retirar a tomada de alimentação da energia;
- Seguir os procedimentos de limpeza caso necessário;
- Colocar a cartela de amostra na estufa incubadora, a uma temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e deixar por 24 horas;
- Após o período de incubação, havendo desenvolvimento de coloração amarela, o resultado é positivo para Coliformes Totais;
- E se a amostra se apresentar amarela e fluorescente quando exposta à luz UV-365 nm (UV - Ultravioleta), o resultado é positivo para *E. coli*.

Para quantificar o Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais ou *E. coli* por esse método, utilizar a tabela específica disponibilizada pelo fabricante do produto para as cartelas usadas no exame. Conta-se os compartimentos das cartelas que deram positivas para coliformes totais e *E. coli*. Utilizar para as duas situações, o cruzamento da abscissa

e coordenada. O valor encontrado no ponto do cruzamento da abscissa com a ordenada representa a densidade, ou seja, o NMP (número mais provável de coliformes totais ou *E. coli* /100 ml de amostra).

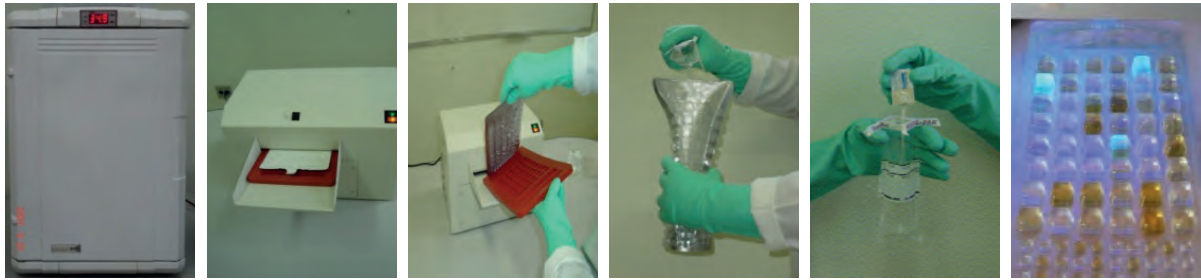


Figura 59 - Procedimento de análise quantitativa - determinação do NMP.

Referências bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de poço para captação de água subterrânea - **NBR 12212**. Rio de Janeiro: 1992.

_____. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - **NBR 12217**. Rio de Janeiro: 1994.

_____. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - **NBR 12 218**. Rio de Janeiro: 1994.

_____. Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água - **NBR 12211**. Rio de Janeiro: 1992.

_____. Instalação predial de água fria - **NBR 5626**. Rio de Janeiro: 1998.

_____. Projeto de adutora de água para abastecimento público - **NBR 12215**. Rio de Janeiro: 1991.

_____. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - **NBR 12213**. Rio de Janeiro: 1992.

_____. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público - **NBR 12216**. Rio de Janeiro: 1992.

_____. Projeto de poço para captação de água subterrânea - **NBR 12.244/92**. Rio de Janeiro: 1992.

_____. Projeto de Sistema de bombeamento de água para abastecimento público - **NBR 12214**. Rio de Janeiro: 1992.

APHA/AWWA/WEF (2005). **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22. ed. Washington DC: APHA/AWWA/WEF, 2012, 1496p.

AZEVEDO NETTO, J. M., ALVAREZ, G. A. **Manual de hidráulica**. 7 ed. v. 2. São Paulo: Edgard Blucher, 1996. 724p.

AZEVEDO NETO, J.M. et al. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**. São Paulo: Cetesb, v. 1, 1987.

AZEVEDO, R. P.; KOTAKA, F. **O uso da energia solar em sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia brasileira**: a contribuição da Funasa na implementação dessa tecnologia. In: XXXI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2008. Anais. Santiago - Chile, 2008.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios - volume 2**: Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia UFMG, 2001. 221p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. 4. ed. **Manual prático de análise de água**. Brasília: Funasa, 2013. 150p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água**: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 252 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

_____. Ministério da Saúde. **Portaria 2.914**, de 12.12.2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial, 14.12.2011, Seção I.

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2007, vol.11, n.4, pp. 349-354

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. 1998. **Noções básicas sobre poços tubulares**. Brasília, 21p.

DACACH, N. G. **Saneamento Básico**. rev. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e Científica, 1990.

DI BERNARDO, L (Coord.). **Tratamento de água para abastecimento por filtração**. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 2003. 498 p.

DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B; VOTAN; P. E. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2011. 454 p.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY. **EPA Guideline: Regulatory monitoring and testing water and wastewater sampling**. South Australia: [s.n.], 2007.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. E (Coord.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID-UFPE, 2008. 812 p.

GOMES, H. P. (Org.). **Sistemas de bombeamento - eficiência energética**. João Pessoa: UFPB, 2009. 460p.

HELLER, L; CASSEB, M. L. M. Abastecimento de água. In: BARROS, R. T. V. et al (Org.). **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios - volume 2**: Saneamento. Belo Horizonte: Escola de engenharia da UFMG, 2001. 221 p.

HELLER, L; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859p.

LIBANIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água**. 3 ed. Campinas - SP: Átomo, 2010. 444p.

LOBO, A. E. (Coord.); COSTA, A. B.; KIRST, A.; MACHADO, E. L.; SOARES, J.; KUNRATH, I. G.; WETZEL, A. P. Desfluretação parcial de águas subterrânea. In: **6º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Brasília: Funasa, 2013. p.75-106.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**, 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987. 782p.

OMS. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guias para a calidad del água potable**. 1. ed. Ginebra, 1998. v. 3.

OPS – ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **Tecnologías para abastecimiento de água em poblaciones dispersas**. Lima: OPS/CEPIS, 2005. 65p.

PHILIPPI, Luís Sérgio; VACCARI, Karla Ponzo; PETERS, Madelon Rabelo; GONÇALVES, Ricardo Franci. Aproveitamento de água de chuva. *In*: GONÇALVES, Ricardo Francis (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 73-152.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Métodos alternativos de desinfecção de água**. ABES. Rio de Janeiro, 2001. 139p.

_____. **Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas**. ABES. Rio de Janeiro, 1999. 114p.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. 340p.

SENS, M. L.(Coord.), SOARES; C., BÖELL, H. R. Produção de água potável através da destilação solar natural. *In*: 1º **Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Brasília: Funasa, 2013. p.142-169.

TECDRILL. Poços artesianos. Disponível em: <<http://www.tecdrill.com.br>> Acesso em: 15 jan. 2015.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p. (reimpressão 2013).

VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas - FIME. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. 2008, vol.13, n.1, pp. 109-116.

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