

Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Saúde
Humberto Sérgio Costa Lima

Presidente da Fundação Nacional de Saúde
Valdi Camarcio Bezerra

Diretor-executivo
Lenildo Dias de Moraes

Chefe de Gabinete
Cristina Santana

Diretora do Departamento de Engenharia de Saúde Pública
Kátia Regina Ern

Diretor do Departamento de Saúde Indígena
Ricardo Luíz Chagas

Diretor do Departamento de Administração
Wilmar Alves Martins

Diretor do Departamento de Planejamento e Desenvolvimento Institucional
Déo Costa Ramos

Auditor-Chefe
Rômulo Lins de Araújo Filho

Procurador-Chefe
Cláudio Renato do Canto Farág

Assessor Parlamentar
Jorge Augusto Oliveira Vinhas

Assessora de Comunicação e Educação em Saúde
Suelene Gusmão

Manual de Saneamento

Brasília, 2004

Copyright © 2004

Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**)

Ministério da Saúde

1947 — Fundação Serviços de Saúde Pública — Manual de Guardas de Endemias

1964 — Fundação Serviços de Saúde Pública — Manual de Saneamento

1981 — Ministério da Saúde — Manual de Saneamento

1991 — 2ª. Edição - Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde

1994 — 2ª. Edição - reimpressão — Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde

1999 — 3ª. Edição - Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde

2004 — 3ª. Edição revisada - Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde

Editor

Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde

Núcleo de Editoração e Mídias de Rede/Ascom/Presi/**Funasa**/MS

Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bl. N, 5º andar - sala 511

70.070-040 - Brasília/DF

Distribuição e Informação

Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp)

Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bl. N, 6º Andar

Telefone: 0XX61 314-6262 - 314-6380

70.070-040 - Brasília/DF

Tiragem

10.000 exemplares

Brasil. Fundação Nacional de Saúde.

Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

408 p.

ISBN: 85-7346-045-8

1. Saneamento. I. Título.

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

Impresso no Brasil

Printed in Brazil

Sumário

Prefácio	7
Introdução	9
Capítulo 1. Saneamento ambiental	13
1.1. Introdução	13
1.2. Conceitos	14
1.3. Os sistemas ambientais	15
1.4. Educação ambiental	29
1.5. Gestão ambiental	31
1.6. Referências bibliográficas	34
Capítulo 2. Abastecimento de água	35
2.1. Introdução	35
2.2. Generalidades	36
2.3. Doenças relacionadas com a água	36
2.4. A água na natureza	39
2.5. Quantidade de água para fins diversos	48
2.6. Medições de vazão	51
2.7. Solução para abastecimento de água	56
2.8. Mananciais para abastecimento de água	56
2.9. Formas de captação da água	58
2.10. Abastecimento público de água	80
2.11. Referências bibliográficas	150
Capítulo 3. Esgotamento sanitário	153
3.1. Considerações gerais	153
3.2. Esgotos domésticos	154
3.3. Conceito de contaminação	158
3.4. Sobrevivência das bactérias	158
3.5. Estabilização dos excretas	160
3.6. Doenças relacionadas com os esgotos	163
3.7. Capacidade de absorção do solo	166
3.8. Soluções individuais para tratamento e destinação final dos esgotos domésticos	170
3.9. Soluções coletivas para tratamento e destinação Final dos esgotos	184
3.10. Referências bibliográficas	226

Capítulo 4. Resíduos sólidos	227
4.1. Considerações gerais	227
4.2. Acondicionamento, coleta e transporte dos resíduos sólidos	
4.3. Limpeza pública	231
4.4. Redução, reutilização e reciclagem	243
4.5. Coleta seletiva	246
4.6. Compostagem	256
4.7. Incineração	263
4.8. Disposição final	266
4.9. Resíduos de serviços de saúde	266
4.10. Mobilização comunitária	270
4.11. Legislação e normas técnicas para os resíduos sólidos	280
4.12. Referências bibliográficas	281
Capítulo 5. Drenagem	285
5.1. Introdução	287
5.2. Importância sanitária	287
5.3. Conceito	287
5.4. Tipos de drenagem	288
5.5. Critérios e estudos para obras de drenagem	290
5.6. Ações desenvolvidas no combate à malária	291
5.7. Referências bibliográficas	291
Capítulo 6. Biologia e controle de artrópodos	293
6.1. Generalidades	295
6.2. Principais artrópodos de importância sanitária	295
6.3. Uso de inseticidas no controle de artrópodos	295
6.4. Controle biológico de artrópodos	315
6.5. Referências bibliográficas	318
Capítulo 7. Controle de roedores	318
7.1. Generalidades	319
7.2. Importância econômica e sanitária	319
7.3. Aspectos da biologia e comportamento dos roedores	319
7.4. Espécies de roedores de interesse sanitário	320
7.5. Sinais indicativos da presença de roedores	320
7.6. Controle de roedores	322
7.7. Referências bibliográficas	332

Capítulo 8. Alimentos	333
8.1. Introdução	333
8.2. Doenças transmitidas por alimentos (DTA)	334
8.3. Atuação do saneamento	340
8.4. Controle da qualidade dos alimentos	340
8.5. Controle dos manipuladores/pessoal da área de produção/ manipulação/venda	348
8.6. Controle das instalações e edificações em estabelecimentos da área de alimentos	350
8.7. Controle da armazenagem e transporte de alimentos	353
8.8. Medidas sanitárias para a proteção de matérias-primas e produ- tos alimentícios	354
8.9. Referências bibliográficas	356
Capítulo 9. Noções de topografia e numeração predial	359
9.1. Definição	359
9.2. Importância	359
9.3. Plano topográfico	359
9.4. Planta topográfica	360
9.5. Levantamento	360
9.6. Medida dos alinhamentos	361
9.7. Bússola	367
9.8. Método de levantamento	368
9.9. Nivelamento	372
9.10. Desenho de plantas	377
9.11. Numeração predial	378
9.12. Numeração métrica	379
9.13. Numeração dos quarteirões	385
9.14. Referências bibliográficas	386
Capítulo 10. Materiais de construção para saneamento	387
10.1. Materiais de construção	387
10.2. Peças do telhado	391
10.3. Composição	392
10.4. Fundações	399
10.5. Instalações elétricas	401
10.6. Instalações hidráulicas	402
10.7. Instalações de esgotos	404
10.8. Referências bibliográficas	404



Prefácio

O Serviço Especial de Saúde Pública (Sesp), em 1947, publicou o “Manual para Guardas Sanitários” em documento mimeografado que, nos anos seguintes, foi reproduzido diversas vezes. Enriquecido pelas experiências e pela pesquisa de campo do Sesp, esse documento foi sendo aprimorado e, a partir de 1961, seus conteúdos começaram a ser revisados.

Em 1964, sob a iniciativa da Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (Fsesp) e com base no “Manual para Guardas Sanitários”, foi editado o “Manual de Saneamento”. Sua elaboração contou com a valiosa colaboração do engenheiro sanitário Szachna Elias Cynamon, profissional que muito tem contribuído para a promoção das ações de saneamento no Brasil.

Depois de três décadas, em 1994, o “Manual de Saneamento” passou por algumas revisões, sendo reunido em um só volume e republicado pela Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**), instituição criada por meio do Decreto nº 100, de 16 de abril de 1991.

Tendo em vista a proximidade da chegada do novo milênio, a Fundação Nacional de Saúde, por intermédio de sua área técnica, resolveu promover uma revisão detalhada do Manual, acrescentando inclusive novos capítulos e retirando outros, com o intuito de torná-lo mais atual.

Este novo Manual, além das questões técnicas abordadas anteriormente, procura dar também ao leitor uma visão mais conceitual dos problemas ligados ao meio ambiente, reportando-se, por exemplo, à Agenda 21, um dos principais documentos elaborados na Conferência das Nações Unidas pelo Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992.

Acredita-se que, desta forma, o Manual de Saneamento irá abranger um maior número de leitores, não somente da área de saneamento como também de diversas outras áreas que procuram adquirir conhecimentos e uma maior integração com o saneamento.



Histórico

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta às mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda das mesmas, ora renascendo com o aparecimento de outras.

Os poucos meios de comunicação do passado podem ser responsabilizados, em grande parte, pela descontinuidade da evolução dos processos de saneamento e retrocessos havidos.

Conquistas alcançadas em épocas remotas ficaram esquecidas durante séculos porque não chegaram a fazer parte do saber do povo em geral, uma vez que seu conhecimento era privilégio de poucos homens de maior cultura.

Por exemplo, foram encontradas ruínas de uma civilização na Índia que se desenvolveu a cerca de 4.000 anos, onde foram encontrados banheiros, esgotos na construção e drenagem nas ruas (Roseu 1994).

O velho testamento apresenta diversas abordagens vinculadas às práticas sanitárias do povo judeu como, por exemplo, o uso da água para limpeza: “roupas sujas podem levar a doenças como a escabiose”. Desta forma os poços para abastecimento eram mantidos tampados, limpos e longe de possíveis fontes de poluição (Kottek, 1995).

Existem relatos do ano 2000 a.C., de tradições médicas, na Índia, recomendando que “a água impura deve ser purificada pela fervura sobre um fogo, pelo aquecimento no sol, mergulhando um ferro em brasa dentro dela ou pode ainda ser purificada por filtração em areia ou cascalho, e então resfriada” (Usepa, 1990).

No desenvolvimento da civilização greco-romana, são inúmeras as referências às práticas sanitárias e higiênicas vigentes e à construção do conhecimento relativo a associação entre esses cuidados e o controle das doenças.

Das práticas sanitárias coletivas mais marcantes na antigüidade podemos citar a construção de aquedutos, banhos públicos, termas e esgotos romanos, tendo como símbolo histórico a conhecida Cloaca Máxima de Roma.

Entretanto, a falta de difusão dos conhecimentos de saneamento levou os povos a um retrocesso, originando o pouco uso da água durante a Idade Média, quando o *per capita* de certas cidades européias chegou a um litro por habitante/dia. Nessa época,

houve uma queda nas conquistas sanitárias e conseqüentemente sucessivas epidemias. Quadro característico desse período é o lançamento de dejeções na rua. Cumpre assinalar, todavia, nessa ocasião, a construção de aquedutos pelos mouros, o reparo do aqueduto de Sevilha em 1235, a construção de aqueduto de Londres com o emprego de alvenaria e chumbo e, em 1183, o abastecimento inicial de água em Paris.

Ainda nos dias de hoje, mesmo com os diversos meios de comunicação existentes, verifica-se a falta de divulgação desses conhecimentos. Em áreas rurais a população consome recursos para construir suas casas sem incluir as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica, etc.

Assim sendo o processo saúde *versus* doença não deve ser entendido como uma questão puramente individual e sim como um problema coletivo.

Saúde, saneamento e o meio ambiente

O conceito de Promoção de Saúde proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS), desde a Conferência de Ottawa, em 1986, é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. Assim sendo, parte-se do pressuposto de que um dos mais importantes fatores determinantes da saúde são as condições ambientais.

O conceito de saúde entendido como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, não restringe o problema sanitário ao âmbito das doenças. Hoje, além das ações de prevenção e assistência, considera-se cada vez mais importante atuar sobre os fatores determinantes da saúde. É este o propósito da promoção da saúde, que constitui o elemento principal da propostas da Organização Mundial de Saúde e da Organização Pan-Americana de Saúde (Opas).

A utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos políticos e gerenciais que têm dificultado a extensão dos benefícios aos residentes em áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte.

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão intrinsecamente relacionados com o meio ambiente. Um exemplo disso é a diarreia que com mais de quatro bilhões de casos por ano, é a doença que aflige a humanidade. Entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento.

Mais de um bilhão dos habitantes da Terra não têm acesso a habitação segura e a serviços básicos, embora todo ser humano tenha direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza.

No Brasil as doenças resultantes da falta ou inadequação de saneamento, especialmente em áreas pobres, têm agravado o quadro epidemiológico. Males como cólera, dengue, esquistossomose e leptospirose são exemplos disso.

Atualmente, cerca de 90% da população urbana brasileira é atendida com água potável e 60% com redes coletoras de esgotos. O déficit, ainda existente, está localizado,

basicamente, nos bolsões de pobreza, ou seja, nas favelas, nas periferias das cidades, na zona rural e no interior.

Investir em saneamento é a única forma de se reverter o quadro existente. Dados divulgados pelo Ministério da Saúde afirmam que para cada R\$1,00 (hum real) investido no setor de saneamento, economiza-se R\$ 4,00 (quatro reais) na área de medicina curativa.

Entretanto, é preciso que se veja o outro lado da moeda pois o homem não pode ver a natureza como uma fonte inesgotável de recursos, que pode ser predada em ritmo ascendente para bancar necessidades de consumo que poderiam ser atendidas de maneira racional, evitando a devastação da fauna, da flora, da água e de fontes preciosas de matérias-primas.

Pode-se construir um mundo em que o homem aprenda a conviver com seu hábitat numa relação harmônica e equilibrada, que permita garantir alimentos a todos sem transformar as áreas agricultáveis em futuros desertos.

Para isso é necessário que se construa um novo modelo de desenvolvimento em que se harmonizem a melhoria da qualidade de vida das suas populações, a preservação do meio ambiente e a busca de soluções criativas para atender aos anseios de seus cidadãos de ter acesso a certos confortos da sociedade moderna.

A Conferência do Rio de Janeiro (1992) realizada pela ONU, com a participação da maioria dos países do mundo, teve como resultado mais significativo o documento, assinado por mais de 170 países, sobre a **Agenda 21** onde esses países se comprometem a adotar um conjunto de medidas visando a melhorar a qualidade de vida no planeta.

O objetivo final da **Agenda 21** seria um programa de ações, criado com a intensa participação da sociedade, próprio para um desenvolvimento sustentável que atenda às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

O tempo nos pressiona cada vez mais para a conscientização de nossa responsabilidade diante do desenvolvimento das futuras gerações. A formação da **Agenda 21** local deve ser considerada como um processo contínuo de ação da sociedade, pois somente assim estaremos caminhando rumo a um desenvolvimento sustentável eficiente e duradouro.



1.1. Introdução

A Organização das Nações Unidas (ONU), formada por quase todos os países do mundo, realiza reuniões para discutir sobre temas importantes para a humanidade e um desses assuntos é o meio ambiente. Dois desses eventos foram de importância fundamental para o balizamento da questão ambiental no mundo: a Conferência de Estocolmo - 1972 e Conferência do Rio de Janeiro - 1992.

A Conferência de Estocolmo teve como objetivo conscientizar os países sobre a importância de se promover a limpeza do ar nos grandes centros urbanos, a limpeza dos rios nas bacias hidrográficas mais povoadas e o combate à poluição marinha. Na ocasião, a preservação dos recursos naturais foi formalmente aceita pelos países participantes e a Conferência, na Suécia, culminou com a Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente.

A partir daí a questão ambiental tornou-se uma preocupação global e passou a fazer parte das negociações internacionais. Foi criado, ainda em 1972, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) com sede em Nairóbi, Kenya.

Sobre a Conferência do Rio, em 1992, o objetivo principal foi discutir as conclusões e propostas do relatório “Nosso Futuro Comum”, produzido em 1987 pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente (comissão criada pela ONU, no final de 1983, por iniciativa do Pnuma).

No relatório, importantíssimo na busca do equilíbrio entre desenvolvimento e preservação dos recursos naturais, destaca-se o conceito de desenvolvimento sustentável, definido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades”.

Nessa Conferência foram produzidos documentos fundamentais entre eles a **Agenda 21** assinada pelos governantes dos países participantes, onde ratificam o compromisso de adotar um conjunto de atividades e procedimentos que, no presente, melhorarão a qualidade de vida no planeta, conforme definido no relatório “Nosso Futuro Comum”.

No capítulo XXVIII, a **Agenda 21** diz que, sem o compromisso e cooperação de cada municipalidade, não será possível alcançar os objetivos firmados no documento. Cada municipalidade é convocada a criar, com plena interferência e debate de seus cidadãos, uma estratégia local própria de desenvolvimento sustentável. Essa **Agenda 21 Local** é o processo contínuo pelo qual uma comunidade (bairro, cidade, região) deve

criar planos de ação destinados a adequar as suas necessidades à prática de viver dentro do conceito que se estabeleceu como sustentável.

O pacto entre o meio ambiente e o desenvolvimento, celebrado no Rio, foi uma conquista importante dos países mais pobres, que acrescentaram à questão de sustentabilidade ambiental os problemas, não menos presentes, da sustentabilidade econômica e social.

Neste sentido a **Agenda 21** deve ser entendida como instrumento transformador de planejamento estratégico e participativo, a serviço de todos os cidadãos, introduzindo em cada município novos padrões administrativos mais equilibrados, valorizando as oportunidades únicas de uma Natureza que nos oferece muito mais do que podemos utilizar.

Cuidar da natureza é um assunto que diz respeito a todos nós, e o melhor caminho é fazer o uso correto e equilibrado do patrimônio natural que possuímos, que está se perdendo pelo consumo excessivo de alguns e pelo desperdício de outros.

Logo, o saneamento ambiental deve focalizar a integração mundial para o desenvolvimento sustentável, garantindo a sobrevivência da biodiversidade e questões prioritárias como o bem-estar da população e a preservação ambiental.

Cidades sustentáveis, eis o desafio a seguir, integrando-as às suas florestas, às terras produtivas que exigem cuidados e às bacias hidrográficas que nos garantam a vida.

1.2. Conceitos

1.2.1. Saneamento ambiental

É o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

1.2.2. Meio ambiente

A Lei nº 6.938, de 31/8/1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação no Brasil, define: “Meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

1.2.3. Salubridade ambiental

É o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias



veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar.

1.3. Os sistemas ambientais

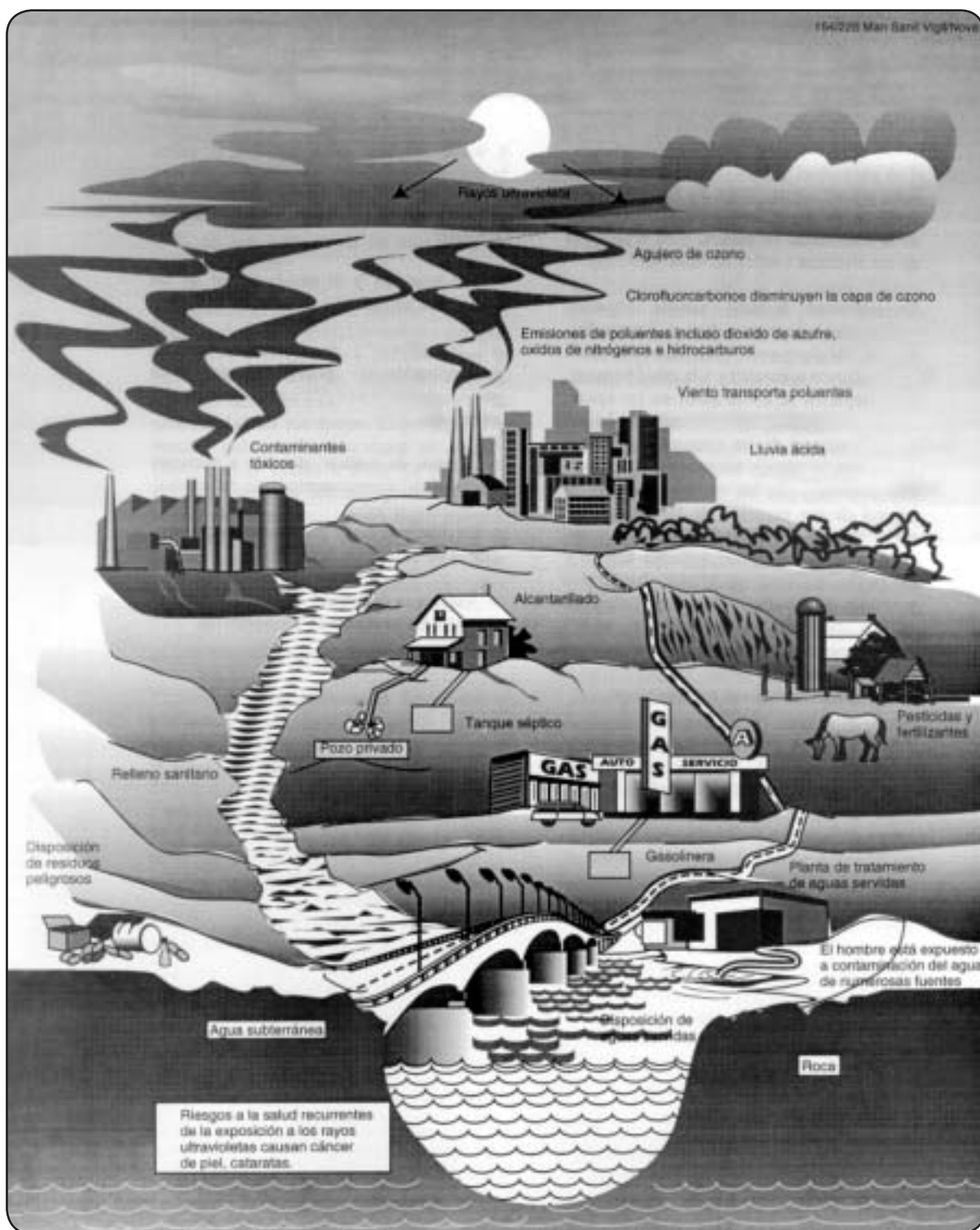
1.3.1. Considerações gerais

A poluição do meio ambiente é assunto de interesse público em todas as partes do mundo. Não apenas os países desenvolvidos vêm sendo afetados pelos problemas ambientais, como também os países em desenvolvimento. Isso decorre de um rápido crescimento econômico associado à exploração de recursos naturais. Questões como: aquecimento da temperatura da terra; perda da biodiversidade; destruição da camada de ozônio; contaminação ou exploração excessiva dos recursos dos oceanos; a escassez e poluição das águas; a superpopulação mundial; a baixa qualidade da moradia e ausência de saneamento básico; a degradação dos solos agricultáveis e a destinação dos resíduos (lixo), são de suma importância para a Humanidade.

Ao lado de todos esses problemas estão, ainda, os processos de produção utilizados para extrair matérias-primas e para transformá-las numa multiplicidade de produtos para fins de consumo em escala internacional. Embora se registrem progressos no setor das técnicas de controle da poluição, para diversos campos da indústria de extração e de transformação, é preciso reconhecer que não há métodos que propiciem um controle absoluto da poluição industrial.

As considerações econômicas exercem um grande papel quando se trata de definir a melhor tecnologia disponível, que até certo ponto é influenciada por fatores relativamente independentes das necessidades de controle da poluição. Existem indícios, por exemplo, de que muitas empresas de grande porte tendem a se transferir para áreas sem padrões rígidos de controle, instalando-se em países em desenvolvimento que, na busca de investimentos econômicos, aceitam a poluição como um mal necessário.

Figura 1 — Meio Ambiente



Fonte: Teixeira, 1996.

Os grandes problemas ambientais ultrapassam as fronteiras territoriais e devem ser tratados de forma global, pois afetam a vida de todos no Planeta. Daí se explica por que países mais desenvolvidos colocam barreiras à importação de produtos resultantes de processos prejudiciais ao meio ambiente.

A ONU vem fazendo um esforço no sentido de reverter o processo acelerado de degradação dos recursos naturais no mundo, que também tem como causas a explosão demográfica e as precárias condições de vida de grande parte da população.

Mais de um bilhão dos habitantes da Terra não têm acesso a habitação segura e serviços básicos de saneamento como: abastecimento de água, rede de esgotamento sanitário e coleta de lixo. A falta de todos esses serviços, além de altos riscos para a saúde, são fatores que contribuem para a degradação do meio ambiente.

A situação exposta se verifica especialmente nos cinturões de miséria das grandes cidades, onde se aglomeram multidões em espaços mínimos de precária higiene. Estudos do Banco Mundial (1993) estimam que o ambiente doméstico inadequado é responsável por quase 30% da ocorrência de doenças nos países em desenvolvimento. O quadro a seguir ilustra a situação.

Quadro 1— Estimativa do impacto da doença devido à precariedade do ambiente doméstico nos países em desenvolvimento — 1990

Principais doenças ligadas à precariedade do ambiente doméstico	Problema ambiental
Tuberculose.	Superlotação.
Diarréia.	Falta de saneamento, de abastecimento d'água, de higiene.
Doenças tropicais.	Falta de saneamento, má disposição do lixo, foco de vetores de doenças nas redondezas.
Verminoses.	Falta de saneamento, de abastecimento d'água, de higiene.
Infecções respiratórias.	Poluição do ar em recinto fechado, superlotado.
Doenças respiratórias crônicas.	Poluição do ar em recinto fechado.
Câncer do aparelho respiratório.	Poluição do ar em recinto fechado.

Fonte: Banco Mundial, 1993.

Outro problema relacionado à poluição do mar causada pelos despejos de rejeitos tóxicos e materiais assemelhados e o escoamento de águas poluídas dos continentes, aumenta de forma progressiva no mundo inteiro. Tudo isso, aliado ao excesso de pesca, está levando ao declínio diversas zonas pesqueiras regionais.

A extinção de espécies vivas e de ecossistemas, conhecida como biodiversidade, também é um grave e irreversível problema global. Segundo estimativas conservadoras, existem entre cinco e dez milhões de espécies de organismos no mundo; mas há quem calcule até 30 milhões. Dessas, somente 1,7 milhão foram identificadas pelo homem.

De 74% a 86% das espécies vivem em florestas tropicais úmidas como a Amazônia. Acredita-se que entre 20% e 50% das espécies estarão extintas até o final do século em razão da destruição das florestas e dos santuários ecológicos situados nas ilhas.

Como podemos verificar a atividade humana gera impactos ambientais que repercutem nos meios físicos, biológicos e socioeconômicos afetando os recursos naturais e a saúde humana. Esses impactos se fazem sentir nas águas, ar e solo e na própria atividade humana.

O controle das substâncias químicas perigosas, o manejo adequado dos recursos hídricos e dos resíduos sólidos, o controle de ruídos, das vibrações e das radiações são essenciais à proteção do meio ambiente natural e do ambiente modificado onde vive e trabalha o homem.

A seguir passaremos a tratar destes assuntos segundo sua subdivisão no ambiente (água, ar e solo), embora devamos admitir que esta é uma divisão puramente didática, pois, na Natureza, não existe a separação absoluta entre esses elementos. Eles formam um todo inseparável em que qualquer alteração de um reflete no outro. Além disso, problemas ambientais não se restringem a um espaço definido pois podem atingir grandes áreas do planeta, como o caso da contaminação nuclear, a contaminação dos oceanos e a destruição da camada de ozônio. Chamamos também a atenção para o fato de que a maior parte dos problemas ambientais acontecem na esfera local.

1.3.2. Água

a) considerações gerais

Todas as reações nos seres vivos necessitam de um veículo que as facilite e que sirva para regular a temperatura em virtude do grande desprendimento de calor resultante da oxidação da matéria orgânica.

A água que é fundamental à vida, satisfaz completamente a estas exigências e se encontra presente em proporções elevadas na constituição de todos os seres vivos, inclusive no homem, onde atinge cerca de 75% de seu peso. Sua influência foi primordial na formação das aglomerações humanas.

O homem sempre se preocupou com o problema da obtenção da qualidade da água e em quantidade suficiente ao seu consumo e desde muito cedo, embora sem grandes conhecimentos, soube distinguir uma água limpa, sem cor e odor, de outra que não possuísse estas propriedades atrativas.

b) ciclo hidrológico

A água presente em nosso ambiente encontra-se em constante movimento. Os processos de transporte de massa tem lugar na atmosfera, em terra e nos oceanos. O conjunto desses processos é chamado de ciclo hidrológico e a energia necessária para seu funcionamento é de origem solar — mais precisamente, a diferença entre a radiação emitida pelo Sol e a refletida pela atmosfera terrestre. O insumo básico, em termos hídricos, constitui-se pela precipitação.

O homem sempre procurou entender os fenômenos do ciclo hidrológico e mensurar as suas fases, na medida em que se capacitava tecnologicamente. Entretanto, em que pese o atual conhecimento sobre o ciclo, há o caráter aleatório inerente ao mesmo, que nos obriga a trabalhar sempre com estatística.

c) distribuição geográfica da água

A quantidade de água livre sobre a terra atinge 1.370 milhões km^3 , correspondente a uma camada imaginária de 2.700m de espessura sobre toda a superfície terrestre (510 milhões de km^2) ou a profundidade de 3.700m se considerarmos as superfícies dos mares e oceanos somados (274 milhões de km^2).

À primeira vista, o abastecimento de água parece realmente inesgotável, mas se considerarmos que 97% (noventa e sete por cento) é água salgada, não utilizável para a agricultura, uso industrial ou consumo humano, a impressão já muda. Agrava-se ainda que, da quantidade de água doce existente 3% (três por cento), apenas 0,3% (zero vírgula três por cento), aproximadamente, é aproveitável pois a maior parte encontra-se presente na neve, gelo ou em lençóis subterrâneos situados abaixo de uma profundidade de 800m, tornando-se inviável ao consumo humano.

Em resumo, a água utilizável é um total de 98.400 km^3 sob a forma de rios e lagos e 4.050.800 km^3 sob a forma de águas subterrâneas, equivalentes a uma camada de 70,3cm, distribuída ao longo da face terrestre (136 milhões de km^2).

d) a utilização da água e as exigências de qualidade

A água pode ser considerada sob três aspectos distintos, em função de sua utilidade, conforme apresentado a seguir.

Quadro 2 — Usos da água

Aspectos	Utilidades
Elemento ou componente físico da natureza.	<ul style="list-style-type: none">- manutenção da umidade do ar, da relativa estabilidade do clima na Terra e da beleza de algumas paisagens;- geração de energia;- meio para navegação, pesca e lazer;- transporte de resíduos, despejos líquidos e sedimentos.
Ambiente para a vida aquática.	<ul style="list-style-type: none">- ambiente para a vida dos organismos aquáticos.
Fator indispensável à manutenção da vida terrestre.	<ul style="list-style-type: none">- irrigação de solos, dessedentação de animais e abastecimento público e industrial.

Fonte: Barros et al., 1995.

Com o aumento das aglomerações humanas e com a respectiva elevação do consumo da água o homem passou a executar grandes obras destinadas à captação, transporte e armazenamento deste líquido e também a desenvolver técnicas de tratamento interferindo assim no ciclo hidrológico e gerando um ciclo artificial da água.

Algumas comunidades captam água subterrânea para abastecimento público, mas a maioria delas se aproveita de águas superficiais que após o tratamento é distribuída para as residências e indústrias. Os esgotos gerados são coletados e transportados para uma estação para tratamento anterior à sua disposição final. Os métodos convencionais promovem, apenas, uma recuperação parcial da qualidade da água original. A diluição em um corpo receptor e a purificação pela natureza promovem melhora adicional na qualidade da água. Entretanto, outra cidade a jusante da primeira, provavelmente, captará água para abastecimento municipal antes que ocorra a recuperação completa. Essa cidade, por sua vez, a trata e dispõe o esgoto gerado novamente por diluição.

Esse processo de captação e devolução por sucessivas cidades em uma bacia resulta numa reutilização indireta da água. Durante as estiagens, a manutenção da vazão mínima em muitos rios pequenos dependem, fundamentalmente, do retorno destas descargas de esgotos efetuadas a montante. Assim, o ciclo artificial da água integrado ao ciclo hidrológico natural é:

- captação de água superficial, tratamento e distribuição;
- coleta, tratamento e disposição em corpos receptores dos esgotos gerados;
- purificação natural do corpo receptor; e
- repetição deste esquema por cidades a jusante.

A descarga de esgotos tratados de modo convencional em lagos, reservatórios e estuários, os quais agem como lagos, acelera o processo de eutrofização. A deterioração da

qualidade da água, assim resultante, interfere no reuso indireto para abastecimento público e atividades recreativas.

Na reutilização da água surgem problemas gerados pelos sólidos dissolvidos que poderiam ser solucionados com métodos avançados, porém de custo muito elevado, de tratamento de despejos e de água do abastecimento. Tais águas conterão traços de compostos orgânicos, que poderão acarretar problemas de gosto e odor ou outros ainda piores à saúde, tornando-a imprópria para os usuários de jusante.

Os compostos químicos mais sofisticados (como, por exemplo, os organofosforados, policlorados e bifenóis, usados na indústria e agricultura) causam preocupações, uma vez que não podem ser detectados rapidamente nas baixíssimas concentrações em que geralmente ocorrem.

Como podemos notar o rápido crescimento da população e os acelerados avanços no processo de industrialização e urbanização das sociedades, tem repercussões sem precedentes sobre o ambiente humano.

Nas Américas segundo a Organização Pan-Americana de Saúde os principais problemas encontrados no setor de abastecimento de água são:

- instalações de abastecimento público ou abastecimento individual em mau estado, com deficiências nos projetos ou sem a adequada manutenção;
- deficiência nos sistemas de desinfecção de água destinada ao consumo humano com especial incidência em pequenos povoados;
- contaminação crescente das águas superficiais e subterrâneas por causa de deficiente infra-estrutura de sistema de esgotamento sanitário, ausência de sistema de depuração de águas residuárias, urbanas e industriais e inadequado tratamento dos resíduos sólidos com possível repercussão no abastecimento de água, em área para banhos e recreativas, na irrigação e outros usos da água que interfira na saúde da população.

Os riscos expostos anteriormente se traduzem em um meio degradado com águas poluídas e uma alta incidência de mortalidade por transmissão hídrica. Em vários países da América Latina e Caribe, as gastroenterites e as doenças diarréicas figuram entre as dez principais causas de mortalidade, sendo responsáveis por cerca de 200.000 mortes ao ano sem incluir as causadas pela febre tifóide e hepatite e outras similares.

Para abordar esses problemas a Opas (1998), por meio do Programa Marco de Atenção ao Meio Ambiente, propõe medidas de controle e vigilância a serem empreendidas por sistemas locais de saúde que permitam uma gestão correta da água cujos objetivos específicos são:

- estabelecer um controle das instalações e uma vigilância contínua da qualidade das águas de abastecimento, principalmente as não procedentes da rede;
- identificar o déficit e as prioridades no fornecimento dos serviços de água e de esgoto;

- estabelecer um controle periódico dos lançamentos nos corpos d'água e fossas;
 - estabelecer uma vigilância e controle das piscinas e áreas para banho e recreativas;
 - estabelecer um sistema de previsão de danos causados por catástrofes;
 - estabelecer um controle periódico da qualidade da água para irrigação de hortaliças;
 - estabelecer, quando necessário, um sistema de desinfecção de água nos domicílios.
- e) processos de poluição da água

As formas de poluição da água são várias, de origem natural ou como resultado das atividades humanas. Existem essencialmente três situações de poluição, cada uma delas característica do estágio de desenvolvimento social e industrial:

- primeiro estágio: **poluição patogênica**. Neste estágio, as exigências quanto à qualidade da água são relativamente pequenas, tornando-se comuns as enfermidades veiculadas pela água. O uso de estações de tratamento de água e sistemas de adução podem prevenir os problemas sanitários neste estágio;
- segundo estágio: **poluição total**. Este estágio define-se como aquele em que os corpos receptores tornam-se realmente afetados pela carga poluidora que recebem (expressa como sólidos em suspensão e consumo de oxigênio). Este estágio normalmente ocorre durante o desenvolvimento industrial e o crescimento das áreas urbanas. Os prejuízos causados ao corpo receptor e, em consequência, à população podem ser reduzidos com a implantação de sistemas eficientes de tratamento de água e de esgotos;
- terceiro estágio: **poluição química**. Este estágio é o da poluição insidiosa, causada pelo contínuo uso da água. O consumo de água aumenta em função do aumento da população e da produção industrial. Cada dia é maior a quantidade de água retirada dos rios e maior e mais diversa a poluição neles descarregada.

Quadro 3 — Principais processos poluidores da água

Processos	Definição
Contaminação	Introdução na água de substâncias nocivas à saúde e a espécies da vida aquática (exemplo: patogênicos e metais pesados).
Assoreamento	Acúmulo de substâncias minerais (areia, argila) ou orgânicas (lodo) em um corpo d'água, o que provoca a redução de sua profundidade e de seu volume útil.
Eutrofização	Fertilização excessiva da água por recebimento de nutrientes (nitrogênio, fósforo), causando o crescimento descontrolado (excessivo) de algas e plantas aquáticas.
Acidificação	Abaixamento de pH, como decorrência da chuva ácida (chuva com elevada concentração de íons H ⁺ , pela presença de substâncias químicas como dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, amônia e dióxido de carbono), que contribui para a degradação da vegetação e da vida aquática.

Fonte: Barros et al., 1995.

f) controle da poluição da água

No planejamento das atividades, visando a estratégias de controle da poluição da água, é fundamental que se considere a bacia hidrográfica como um todo a fim de se obter uma maior eficiência na realização dessas atividades. Entre as principais técnicas encontradas podemos citar: implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários e indústrias; controle de focos de erosão e recuperação de rios objetivando o retorno ao seu equilíbrio dinâmico, pela restauração de suas condições naturais.

Quanto à recuperação dos rios existem dois tipos de técnicas: não estruturais que não requerem alterações físicas no curso d'água e incluem as políticas administrativas e legais e os procedimentos que limitam ou regulamentam alguma atividade; e técnicas estruturais que requerem algum tipo de alteração física no corpo d'água e incluem reformas nas estruturas já existentes acelerando os processos naturais de sua recuperação.

Com relação a agentes poluidores de origem industrial o problema mais importante parece estar centralizado nos seguintes aspectos:

- providenciar um controle ambiental seguro, sem prejuízos dos investimentos econômicos;
- obtenção de informação técnica referente aos melhores meios de que se dispõe para controlar a poluição;
- obtenção e emprego de técnicas de combate à poluição ambiental e de pessoal especializado na aplicação das mesmas;
- selecionar e adaptar as soluções de controle importadas ao conjunto de técnicas desenvolvidas no país.

Para o Brasil encarar os problemas da poluição ambiental já existentes e os do futuro, resultantes da atividade industrial, é necessário um senso de perspectiva de tal modo que as medidas de controle possam fazer parte do contexto de uma economia planejada e de um desenvolvimento social.

Aceitar tecnologia definida por outros países pode trazer sérios entraves aos investimentos nacionais e estrangeiros em vários setores industriais. É preciso estar sempre desenvolvendo uma tecnologia nacional de controle da poluição industrial fundamentada na pesquisa e desenvolvendo métodos adequados a nossa realidade, aliados à seleção e adaptação da tecnologia importada, paralelamente à formação e capacitação de pessoal técnico especializado.

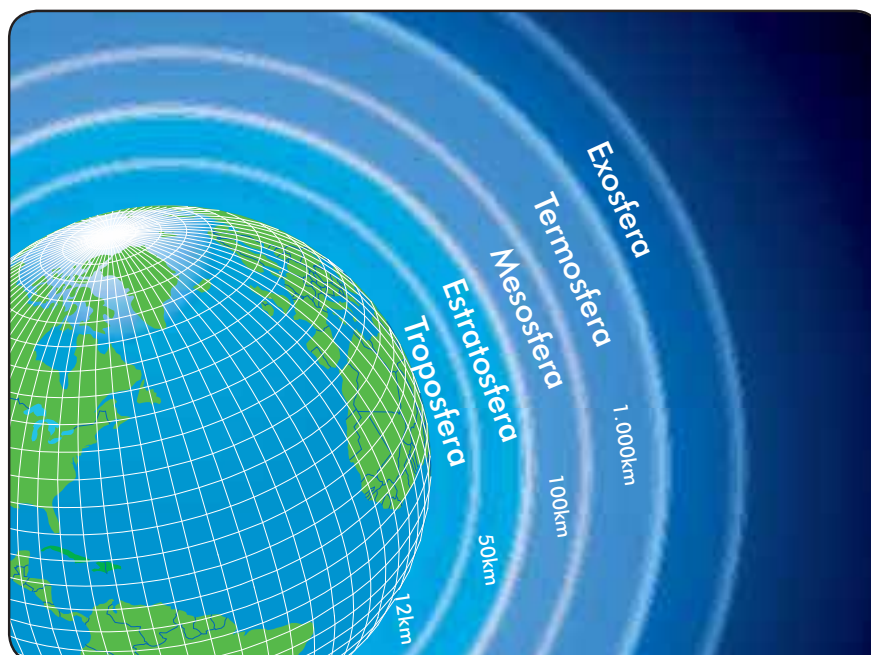
1.3.3. Ar

a) considerações gerais

Uma das necessidades vitais para o ser humano é o ar. Ele atua quer envolvendo o homem quer agindo como elemento de ligação, por assim dizer, de homem para homem e de homem para animal.

O ar leva em suspensão substâncias animadas ou não. Entre as substâncias inanimadas existem as poeiras, os fumos e os vapores; muitas são naturais e outras resultam das atividades humanas. Algumas são inócuas; outras, pela composição química ou pela ação física, podem tornar o ar prejudicial ao homem. Identicamente, entre as substâncias animadas que o ar leva em suspensão, existem certas bactérias e vírus denominados patogênicos, que podem provocar doença quando introduzidas no organismo do homem, pelo ato respiratório.

Figura 2 — Camadas da atmosfera



A atmosfera é o invólucro gasoso da Terra que se dispõe em camadas que se diferenciam pela temperatura e por sua constituição.

O ar atmosférico é de vital importância para a sobrevivência da maioria dos organismos da Terra, sendo constituído por uma mistura de gases: oxigênio (20,95%), nitrogênio (78,08%), dióxido de carbono (0,03%) e ainda ozônio, hidrogênio e gases nobres como o neônio, o hélio e o criptônio. Contém ainda vapor d'água e partículas de matérias derivadas de fontes naturais e de atividades humanas.

Tal constituição tem se mantido estável por milhões de anos. Todavia, como resultado de suas atividades, o homem tem causado alterações significativas nestas proporções, cujos efeitos nocivos são gravíssimos.

b) processos de poluição do ar

A poluição do ar é definida como sendo a alteração da qualidade do ar, resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afetem desfavoravelmente a qualidade do ar;
- lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos por lei.

As causas da poluição atmosférica podem ser classificadas como:

- de origem natural (vulcões, queimadas, etc.);
- resultante das atividades humanas (indústrias, transporte, calefação, destruição da vegetação, etc.);
- em conseqüência dos fenômenos de combustão.

Um dos problemas graves decorrentes da poluição atmosférica refere-se ao aumento da temperatura média da Terra, que é causada pelo lançamento de gases na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono, o metano, os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos halogenados. Este aumento de temperatura é conhecido como “**efeito estufa**”.

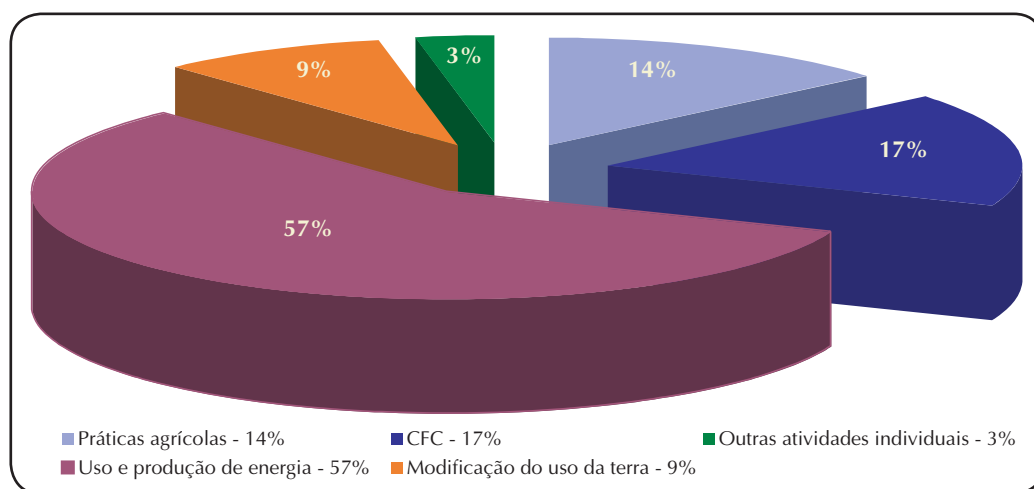
Também a destruição da camada de ozônio tem sido uma preocupação constante de ambientalistas em todo mundo. Alguns gases chamados CFC (cloro-fluor-carbonos) e outros gases muito ativos reagem quimicamente destruindo as moléculas de ozônio que se acumulam no espaço (na chamada estratosfera). A camada de ozônio, que funciona como escudo protetor absorvendo grande parte dos raios ultravioletas do sol, quando rompida deixa passar uma parte desses raios elevando a ocorrência de cânceres de pele e das cataratas oculares, além de outros prejuízos menos conhecidos para o sistema de defesa imunológico da saúde humana. Há também um efeito danoso sobre as algas e animais marinhos microscópicos que fornecem alimentação para a população pesqueira, além de um impacto negativo sobre alguns dos principais cultivos agrícolas.

A concentração dos diversos gases na atmosfera (principalmente o CO₂ — dióxido de carbono), decorre das seguintes atividades humanas:

- combustão de petróleo, gás, carvão mineral e vegetal;
- emissão de gases pelas indústrias;
- queimadas para o desmatamento dos campos e florestas;
- fermentação de produtos agrícolas;
- uso de fertilizantes na agricultura.

Na figura 3 encontram-se resumidas atividades que contribuem para o aquecimento global:

Figura 3 — Gráfico demonstrativo do aquecimento global



Fonte: Sebrae, 1996.

c) controle da poluição do ar

O controle da poluição do ar visa a, por um lado, evitar que as substâncias nocivas, animadas ou não, consigam alcançar o ar (prevenção). Falhando a primeira barreira, procura-se evitar que as substâncias nocivas atinjam o homem e lhe provoquem danos (proteção). Excepcionalmente, e apenas no microambiente, consegue-se remover substâncias nocivas (tratamento). Por outro lado, visa a esse controle não somente assegurar à população um conjunto de conhecimentos que lhe permita proteger-se contra elementos nocivos existentes, como também a proteger o ar, pelos dispositivos tais como: ciclones, exaustores e filtros de ar.

No estudo dos problemas da poluição do ar são consideradas quatro etapas: a produção, a emissão, o transporte e a recepção de poluentes. Em cada etapa, para a redução dos riscos de poluição, são aplicadas, entre outras, as técnicas mostradas a seguir:

Quadro 4 — Técnicas de controle da poluição do ar

Técnicas	Aspectos a serem considerados
Planejamento territorial e zoneamento.	<ul style="list-style-type: none"> - estabelecer critérios para implantação de atividades industriais em áreas determinadas; - limitar o número de fontes em função dos padrões de emissão e qualidade do ar; - implantar áreas de proteção sanitária (cinturão verde).
Eliminação e minimização de poluentes.	<ul style="list-style-type: none"> - usar matérias-primas e combustíveis de baixo potencial poluidor; - alterar processos visando menor emissão de poluentes; - adequar a manutenção e operação de equipamentos e dos processos; - definir disposições adequadas (<i>lay out</i>) e manter os edifícios industriais.
Concentração dos poluentes na fonte, para tratamento antes do lançamento.	<ul style="list-style-type: none"> - usar sistemas de exaustão local como meio para juntar os poluentes que, após tratados, serão lançados na atmosfera.
Diluição e mascaramento dos poluentes.	<ul style="list-style-type: none"> - usar chaminés elevadas e empregar substâncias que possibilitem reduzir a emissão de poluentes indesejáveis.
Instalação de equipamentos de controle de poluentes.	<ul style="list-style-type: none"> - instalar equipamentos que visem à remoção dos poluentes antes que os mesmos sejam lançados na atmosfera.

Fonte: Barros et al., 1995.

1.3.4. Solo

a) considerações gerais

O solo é a formação natural que se desenvolve na porção superficial da crosta da Terra, resultado da interação dos processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas, e que tem como característica importante o fato de permitir o desenvolvimento da vegetação. A quantidade do solo tem relação direta com algumas características locais naturais (vegetação, relevo, permeabilidade, zona saturada) e com o tipo de uso que lhe é dado.

O lançamento inadequado de resíduos industriais sejam sólidos ou líquidos no meio ambiente, a ocorrência de chuva ácida, associada ao manejo inadequado do solo para agricultura levando à desertificação, são exemplos de agressões que o solo experimenta.

b) principais processos poluidores do solo

A poluição do solo é a alteração prejudicial de suas características naturais, com eventuais mudanças na estrutura física, resultado de fenômenos naturais: terremotos, vendavais e inundações ou de atividades humanas: disposição de resíduos sólidos e líquidos, urbanização e ocupação do solo, atividades agropecuárias e extrativas e acidentes no transporte de cargas.

A contaminação do solo pode ser de origem orgânica ou inorgânica: materiais contaminados ou em decomposição presentes no lixo; substâncias químicas perigosas; pesticidas empregados na produção agropecuária. Alguns mais cedo ou mais tarde chegam ao corpo humano, não somente por respiração da poeira, como principalmente pela água que se contamina pelo solo e pelos alimentos produzidos.

O principal dano decorrente da utilização do solo é a erosão, que ocorre na natureza causada pela ação das águas e do vento, com conseqüente remoção das partículas do solo, tendo como efeitos:

- alterações no relevo;
- riscos às obras civis;
- remoção da camada superficial e fértil do solo;
- assoreamento dos rios;
- inundações e alterações dos cursos d'água.

Também a ação do homem pode causar processos erosivos ainda mais perigosos por atividades tais como: desmatamento, agricultura, mineração e terraplanagem.

A disposição indiscriminada de resíduos no solo é outro uso que tem se mostrado inadequado em função da geração de líquidos e gases percolados e da presença de metais nos resíduos aplicados no solo, provocando sua contaminação.

A imposição de certas limitações e restrições no uso e ocupação do solo pode constituir-se num importante elemento no controle da erosão. Deve-se identificar as áreas de risco, a partir da análise das características geológicas e topográficas locais e estabelecer restrições de ocupação.

A lei de uso e ocupação do solo, que regulamenta a utilização do solo, é de competência exclusiva do município e nela devem ser fixadas as exigências fundamentais de ordenação do solo para evitar a degradação do meio ambiente e os possíveis conflitos no exercício das atividades urbanas.

O desenvolvimento da agricultura tem contribuído para a poluição do solo e das águas. Fertilizantes sintéticos e os agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em quantidades abusivas nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, onde intoxicam e matam diversos seres vivos dos ecossistemas. A contaminação de um lençol freático por agrotóxicos coloca em risco a vida da população que se beneficia dessa água subterrânea.

c) controle da poluição do solo

O controle da poluição do solo se dá pelas técnicas preventivas e corretivas, que visam à minimização dos riscos ambientais, e cuja aplicação dependerá das circunstâncias locais. As técnicas de controle mais utilizadas estão listadas abaixo:

- seleção dos locais e das técnicas mais apropriadas para o desenvolvimento das atividades humanas, considerando o uso e tipo de solo na região, o relevo, a vegetação, a possibilidade de ocorrência de inundações e as características do subsolo;
- execução de sistemas de prevenção da contaminação das águas subterrâneas;
- implantação de sistemas de prevenção e erosão, tais como alteração de declividade, operação em curvas de nível, execução de dispositivos de drenagem e manutenção da cobertura vegetal;
- minimização de resíduos industriais, pela redução da geração na fonte, segregação, reciclagem e alteração dos processos produtivos;
- minimização de sistemas de disposição final de resíduos urbanos, pela coleta seletiva, reciclagem e tratamento;
- execução de sistemas de disposição final de resíduos, considerando critérios de proteção do solo.

1.4. Educação ambiental

A Conferência de Estocolmo —1972, levou a Unesco e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) a criarem, no ano de 1975 em Belgrado, o Programa Internacional de Educação Ambiental (Piea). Em cumprimento à Recomendação 96 dessa Conferência realizou-se, em 1977, em Tbilisi - Georgia/CEI (antiga URSS), a primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental. Nessa Conferência consolidou-se o PIEA, tendo sido definidas as finalidades, objetivos, princípios orientadores e estratégias para o desenvolvimento da Educação Ambiental.

Na Conferência do Rio de Janeiro -1992 destacamos o documento **Agenda 21**, que consagra no capítulo 36 a promoção da educação, da consciência política e do treinamento e apresenta um plano de ação para o desenvolvimento sustentável.

O Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, de caráter não oficial, celebrado por diversas Organizações da Sociedade Civil, por ocasião da Conferência do Rio, reconhece a educação como um processo dinâmico em permanente construção. Deve, portanto, propiciar a reflexão, o debate e a autotransformação das pessoas. Reconhece, ainda, que a: **“Educação Ambiental para uma sustentabilidade equitativa é um processo de aprendizagem permanente, baseado no respeito a todas as formas de vida”**.

A Carta Brasileira para a educação ambiental — formalizada por ocasião da Conferência — entre as suas recomendações destaca a necessidade de um compromisso real dos poderes públicos federal, estaduais e municipais no cumprimento e complementação da legislação e das políticas para educação ambiental.

A Lei que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) consagra a educação ambiental em todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente. Na verdade, a Constituição Federal é explícita ao definir a promoção da Educação Ambiental como responsabilidade do Poder Público.

Diz a Constituição Federal em seu Art. 225:

“Todos têm direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado...”

§1º Para assegurar a efetividade desse direito incumbe ao Poder Público:

...VI — Promover a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”.

As constituições estaduais também consagram em seus textos, a promoção da educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Entretanto, a responsabilidade do Poder Público não exclui a participação da comunidade em todo processo.

A seguir algumas questões foram formuladas para esclarecer de forma didática o que foi descrito até o momento.

a) O que é educação ambiental?

É o processo de aprendizado, a comunicação de questões relacionadas à interação do homem com seu ambiente natural. É o instrumento de formação de uma consciência pelo conhecimento e reflexão sobre a realidade ambiental.

b) O que buscamos?

Desenvolver a consciência ambiental para o desenvolvimento de atitudes e condutas que favoreçam o exercício da cidadania, à preservação do ambiente e a promoção da saúde e do bem-estar.

c) Por que é importante?

O componente Educação Ambiental é fundamental nos projetos de saneamento, pois permite à população o conhecimento dos benefícios trazidos por este, além de conscientizá-la sobre a importância da mudança de comportamento, visando à preservação do meio ambiente e qualidade de vida.

d) Como conseguir?

Deverão ser implementados programas de ações com ampla participação pública, pela veiculação de campanhas educativas e de mobilização comunitária, capacitação

de agentes multiplicadores, promoção e articulação entre os setores públicos, privados e comunitários.

e) O que fazer?

Utilizar o método de ação participativa que capacita as pessoas e os grupos a analisar criticamente uma situação, a identificar e priorizar problemas, a indicar e a se organizarem para promover as soluções.

Portanto, a educação ambiental que tem por objetivo informar e sensibilizar as pessoas sobre os problemas e possíveis soluções, existentes em sua comunidade, buscando transformá-las em indivíduos que participem das decisões sobre seus futuros, torna-se instrumento indispensável no processo de desenvolvimento sustentável, exercendo, desse modo, o direito à cidadania.

1.5. Gestão ambiental

1.5.1. Regulamentação do estudo de impacto ambiental

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) deliberou, com fundamento na Lei nº 6.938/1981 (Art. 8º, I e II), tornar obrigatório o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para certas atividades (Resolução nº 1/1986). A resolução prevê, também, o conteúdo e o procedimento de elaboração desse instrumento da política ambiental brasileira. Por intermédio do Decreto nº 88.351/1983 o Conama ficou com a função de fixar os critérios básicos para a exigência do EIA.

O Estudo de Impacto Ambiental é um procedimento administrativo de prevenção e de monitoramento dos danos ambientais e foi introduzido no Brasil pela Lei nº 6.803/80 (lei de zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição), que apresenta duas grandes orientações: deve oferecer alternativas e deve apontar as razões de confiabilidade da solução a ser adotada.

A introdução desse Estudo e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima) em projetos que modifiquem o meio ambiente significou uma considerável conquista para o sistema ambiental, atualizando a legislação e tirando o país do atraso em que se encontrava no setor.

A Resolução nº 1/1986, no seu artigo 1º, define impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- as atividades sociais e econômicas;
- a biota;
- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- a qualidade dos recursos ambientais.

Ao editar a Resolução nº 1/1986, o Conama não esgotou toda a matéria nem desceu a minúcias pois os estados e municípios continuam com competência para exigir que, em atividades não previstas pela mencionada resolução, seja feito o EIA. Cabe à União ditar “normas gerais” que os estados e municípios não podem descumprir, como, também, não podem inovar de modo que a novidade traga disfarçada desobediência à regra geral do Conama.

Abrange as seguintes atividades no Estudo de Impacto Ambiental:

- estradas de rodagem (com duas ou mais faixas de rolamento), portos, terminais de produtos químicos, aeroportos, oleodutos, gasodutos e minerodutos;
- troncos coletores de esgotos sanitários e emissários de esgotos sanitários (de importância para a não poluição das praias);
- obras hidráulicas para a exploração de recursos hídricos, com a previsão de várias hipóteses: obras hidráulicas para fins hidráulicos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, retificação de cursos d’água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques (obras como Tucuruí, Itaipu e Balbina teriam seus efeitos ambientais analisados *a priori* e o debate, portanto, teria ocorrido antes da localização e construção);
- extração de combustível fóssil (petróleo, xisto e carvão), extração de minérios;
- localização de aterros sanitários, processamento de destino final de resíduos tóxicos ou perigosos (estão incluídos os depósitos de resíduos nucleares);
- instalação de destilarias de álcool (atente-se para sua necessidade nos estados de Mato Grosso do Sul para não ser lesada a biota do Pantanal), instalação de siderúrgicas;
- instalação de distritos industriais e zonas industriais;
- exploração de madeira ou de lenha em áreas acima de 100ha ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental (vital para a conservação da Amazônia);
- projetos urbanísticos acima de 100ha ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da Sema e dos órgãos estaduais e municipais;
- atividades que se utilizarem de carvão em quantidade superior a dez toneladas por dia;
- projetos agropecuários que venham a abranger áreas acima de 1.000ha, ou menores, quando tiverem relação com áreas de importância do ponto de vista ambiental (aditamento à Resolução nº 1/1986, votado em 18/3/1986).

O Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório não pode ser elaborado por uma só pessoa e sim por uma equipe e de forma alguma qualquer integrante dessa equipe pode estar ligada ao proponente do projeto. A proibição visa resguardar de forma mais ampla e irrestrita a liberdade da equipe. Entretanto, a resolução não foi clara quanto à definição de quem irá contratá-la, se a administração ou o próprio proponente do projeto. Alguns acham que sendo contratada pelo proponente, a administração teria maior liberdade para analisar o conteúdo do Estudo enquanto outros acham que a contratação pelo proponente, como iria envolver pagamento de honorários e despesas, tiraria parte da liberdade da equipe.

O estudo não se destina somente a alicerçar a decisão administrativa mas também, como prevê a resolução, ser acessível ao público, tanto na parte final, como na etapa de elaboração. A Lei nº 6.938/1981 já houvera previsto o direito da população ser informada quanto ao **licenciamento ambiental**, antes deste ser concedido pela administração.

Para que o procedimento de elaboração do EIA possa ser válido é preciso que estejam presentes quatro partes:

- equipe multidisciplinar;
- proponentes do projeto;
- administração ambiental;
- população da área de influência do projeto.

1.5.2. Lei de crimes ambientais

Em março de 1998 foi criada a Lei nº 9.605/1998 — Lei de Crimes Ambientais — que prevê punição civil, administrativa e criminal contra os crimes ambientais. As penas criminais mais duras estão em vigor, prevendo até seis anos de prisão para os agressores. As multas mais pesadas são aplicadas para punir o desmatamento em zona de preservação permanente. Mas também há multa onerosa para o derramamento de óleo, poluição com resíduos perigosos, utilização irregular de agrotóxico e produção, exportação e importação de produtos que causam problemas à camada de ozônio.

Matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem permissão ou licença da autoridade competente resultará em detenção de seis meses a um ano, e multa.

Destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano acarreta multa e/ou detenção de um a três anos.

Uma das inovações da lei, se constatada a degradação ou poluição ambiental, é a aplicação de penas alternativas, com a firma assumindo o compromisso de reparar o dano para se livrar do processo penal e das multas administrativas.

Segundo também a nova legislação, os penalizados com multas e autos de infração podem recorrer à presidência do Ibama e até ao ministro do Meio Ambiente. Mas se a multa for mantida, ela é inscrita na dívida ativa da União, executada judicialmente e o infrator, dependendo do crime, pode ter sua prisão determinada pelo juiz.

A lei é rigorosa com as pessoas jurídicas acusadas de crime ambiental, prevendo, além da multa, suspensão parcial ou total das atividades, interdição temporária do estabelecimento, obra ou atividade, e a proibição de fazer empréstimos e contratos com o poder público. Por outro lado, o texto suprimiu da legislação anterior o trecho que previa a figura do crime inafiançável para o abate de animais silvestres: um veto presidencial definiu que não será punido quem matar para saciar a fome.

1.6. Referências bibliográficas

- BARROS, R.T.V. et al. *Saneamento*. Belo Horizonte : Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221 p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, 2).
- BIO — Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, v. 9, n. 6/7, 1998.
- BRAILE, P.M. CAVALCANTI, J.E.W. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo : Cetesb, 1979. p. 764.
- BRASIL. Lei n. 6.803, de 02.07.80. *Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição*. Online. Disponível na Internet <http://www.senado.gov.br/legbras/>
- _____. Lei 9.605, de 13.02.98. *Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente*. Online. Disponível na Internet <http://www.senado.gov.br/legbras/>
- _____. Lei 6.938, de 31.08.81. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação*. Online. Disponível na Internet <http://www.senado.gov.br/legbras/>
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Programa Nacional de Educação Ambiental — Pronea*. Brasília, 1997.
- BRASIL. Conama. Resolução 01. *Dispõe sobre o Estudo de Impacto Ambiental (EIA)*. Online. Disponível na Internet <http://www.lei.adv.br/conama01.htm>
- CONSTITUIÇÃO da República Federativa do Brasil, 1988.
- GOMES, S.L. *Engenharia ambiental e saúde coletiva*. Salvador : EDUFBA, 1995. p. 113.
- HAMMER, M.J. *Sistemas de abastecimento de água e esgotos*. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1979. p. 563.
- HELLER, L. *Saneamento e saúde*. Brasília : OPAS, 1997.
- MAGLIO, I.C. Acertos e desacertos do RIMA. *AMBIENTE*, v. 2, n. 2, 1988.
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. *Programa marco de atenção ao Meio Ambiente*. Brasília, 1998. p. 260.
- REVISTA CREA. Rio de Janeiro : CREA, n. 22, fev. 1998.
- _____. Rio de Janeiro : CREA, n. 19, set. 1998.
- SEBRAE. *A questão ambiental : Meio Ambiente e a pequena empresa*. Brasília, 1996.
- TEIXEIRA, P. F. P.. *Manual sobre vigilância ambiental - vol. 4*. 12. ed. Washington : OPS, 1996

Capítulo 2

Abastecimento de água

2.1. Introdução

Um Sistema de Abastecimento de Água pode ser concebido e projetado para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações. Caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento às população em quantidade compatível com suas necessidades.

Como definição o Sistema de Abastecimento Público de Água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

A água constitui elemento essencial à vida vegetal e animal. O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico.

Sob o ponto de vista sanitário, a solução coletiva é a mais interessante por diversos aspectos como:

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

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

2.2. Generalidades

2.2.1. Importância sanitária e social

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

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

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

2.2.2. Importância econômica

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

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

2.3. Doenças relacionadas com a água

De várias maneiras a água pode afetar a saúde do homem: pela ingestão direta, na preparação de alimentos; na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer.

Os riscos para a saúde relacionados com a água podem ser distribuídos em duas categorias:

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

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



Quadro 5 — Doenças relacionadas com o abastecimento de água

Transmissão	Doença	Agente patogênico	Medida
Pela água.	Cólera Febre tifóide Giardiase Amebíase Hepatite infecciosa Diarréia aguda	<i>Vibrio cholerae</i> O1 e O139; <i>Salmonella typhi</i> ; <i>Giardia lamblia</i> ; <i>Entamoeba histolytica</i> ; <i>Hepatite virus A e E</i> ; <i>Balantidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> enterotoxogênica e enteropatogênica, enterohemolítica, Shigella, Yersinia enterocolitica, Astrovirus, Calicivirus, Norwalk, Rotavirus A e B;	- Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo humano, uso doméstico e coletivo; - Proteger de contaminação os mananciais e fontes de água;
Pela falta de limpeza, higienização com a água.	Escabiose Pediculose (pioelho) Tracoma Conjuntivite bacteriana aguda Salmonelose Tricuríase Enterobíase Ancilostomíase Ascariíase	<i>Sarcoptes scabiei</i> ; <i>Pediculus humanus</i> ; <i>Chlamydia trachomatis</i> ; <i>Haemophilus aegyptius</i> ; <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>S. enteritidis</i> ; <i>Trichuris trichiura</i> ; <i>Enterobius vermiculares</i> ; <i>Ancylostoma duodenale</i> ; <i>Ascaris lumbricoides</i> ;	- Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; - Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio; - Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas; - Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática (a cada seis meses);
Por vetores que se relacionam com a água.	Malária Dengue Febre amarela Filariose	<i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. malariae</i> e <i>P. falciparum</i> ; Grupo B dos arbovírus; RNA vírus; <i>Wuchereria bancrofti</i> ;	- Eliminar o aparecimento de criadouros de vetores com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro e outros); - Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos;
Associada à água.	Esquistossomose Leptospirose	<i>Schistosoma mansoni</i> ; <i>Leptospira interrogans</i> ;	- Controlar vetores e hospedeiros intermediários.

Fonte: Adaptado de Saunders, 1976.

2.4. A água na natureza

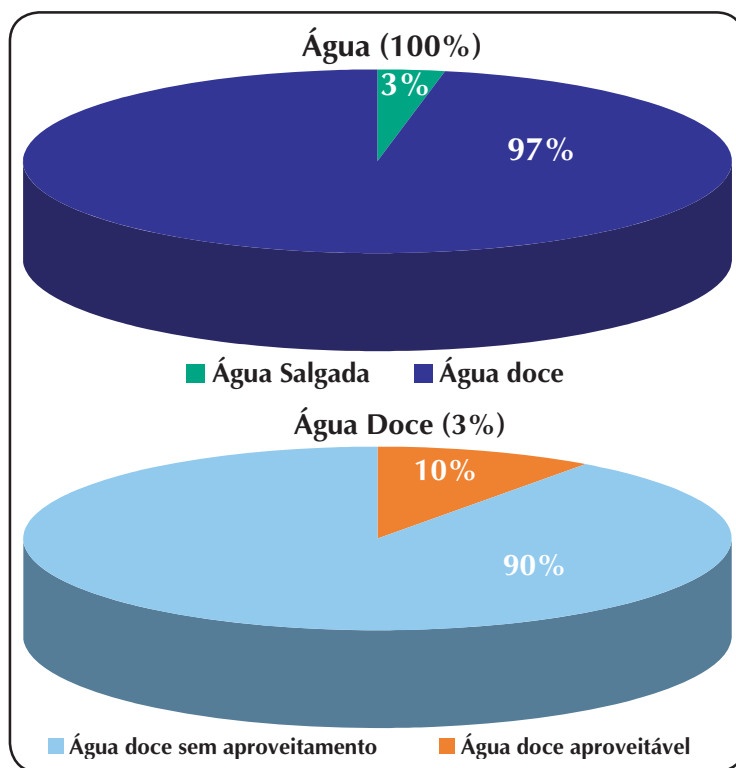
A água abrange quase quatro quintos da superfície terrestre; desse total, 97,0% referem-se aos mares e os 3% restantes às águas doces. Entre as águas doces, 2,7% são formadas por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grandes profundidades (mais de 800m), não sendo economicamente viável seu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

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

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

A precipitação média anual, na terra, é de cerca de 860mm. Entre 70% e 75% dessa precipitação voltam à atmosfera como evapotranspiração (figura 4).

Figura 4 — Distribuição da água na natureza

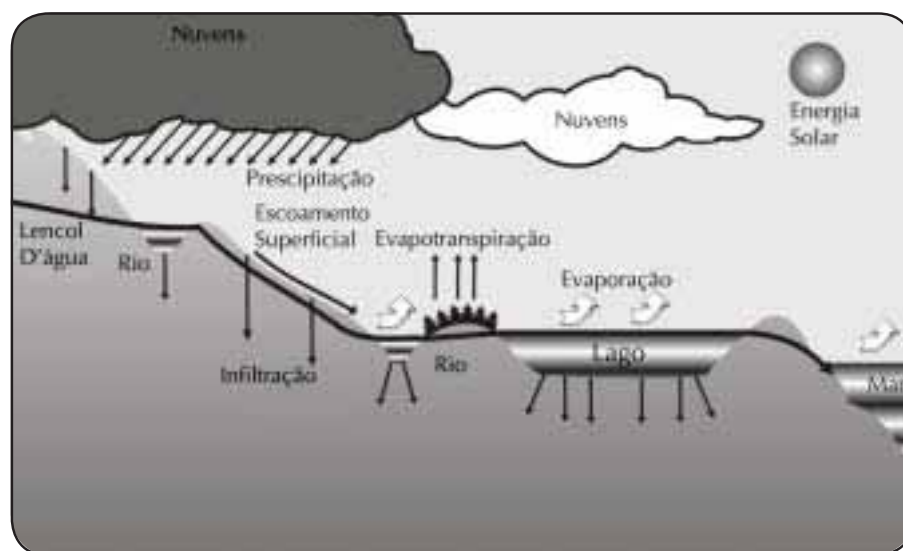


2.4.1. Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é o contínuo movimento da água em nosso planeta. É a representação do comportamento da água no globo terrestre, incluindo ocorrência, transformação, movimentação e relações com a vida humana. É um verdadeiro retrato dos vários caminhos da água em interação com os demais recursos naturais.

A água existe em forma de vapor, na atmosfera, e é proveniente da evaporação de todas as superfícies líquidas (oceanos, mares, rios, lagos, lagoas) ou das superfícies umedecidas com água, como a superfície dos solos. Parte da água que se encontra na atmosfera, resulta de fenômenos hidrológicos e também de fenômenos vitais, como a respiração e transpiração (figura 5).

Figura 5 — Ciclo hidrológico



2.4.1.1. Precipitação

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

2.4.1.2. Escoamento superficial

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

2.4.1.3. Infiltração

É por meio da infiltração que a água de chuva penetra por gravidade nos interstícios do solo, chegando até as camadas de saturação, constituindo assim os aquíferos subterrâneos, ou lençol freático. Estes depósitos são provedores de água para consumo humano e também para a vegetação terrestre. Dependendo do modo como esteja confinada, essa água pode afluir em certos pontos em forma de nascentes. A água acumulada pela infiltração é devolvida à atmosfera, por meio da evaporação direta do próprio solo e pela transpiração dos vegetais pelas folhas. A este conjunto de evaporação e transpiração, chamamos evapotranspiração.

Convém ressaltar, que a maior ou menor proporção do escoamento superficial, em relação à infiltração, é influenciada fortemente pela ausência ou presença de cobertura vegetal, uma vez que esta constitui barreira ao rolamento livre, além de tornar o solo mais poroso. Esse papel da vegetação, associado à função amortecedora do impacto das gotas de chuva sobre o solo, é, pois, de grande importância na prevenção dos fenômenos de erosão, provocados pela ação mecânica da água sobre o solo.

2.4.1.4. Evaporação

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

2.4.1.5. Transpiração (evapotranspiração)

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

2.4.2. Qualidade da água

A água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva, já carrega impurezas do próprio ar. Ao atingir o solo seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera ainda mais suas qualidades.

Entre o material dissolvido encontram-se as mais variadas substâncias como, por exemplo, substâncias calcárias e magnesianas que tornam a água dura; substâncias ferruginosas que dão cor e sabor diferentes à mesma e substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos industriais, que a tornam imprópria ao consumo. Por sua vez, a água pode carrear substâncias em suspensão, tais como partículas finas dos terrenos por onde passa e que dão turbidez à mesma; pode também carrear organismos, como algas que modificam o seu odor e gosto, além de liberar toxinas, ex. cianobactérias, ou ainda, quando passa sobre terrenos sujeitos à atividade humana, pode levar em suspensão microorganismos patogênicos.

Controle da qualidade da água para consumo humano é o conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição.

2.4.2.1. Padrões de potabilidade

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

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

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

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

a) características de aceitação para consumo humano

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

b) características químicas

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

- substâncias relacionadas com aspectos econômicos:
 - substâncias causadoras de dureza, como os cloretos, sulfatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio. As águas mais duras consomem mais sabão e, além disso, são inconvenientes para a indústria, pois incrustam-se nas caldeiras e podem causar danos e explosões.
- substâncias relacionadas com o pH da água:
 - a água de baixo pH, isto é, ácida, é corrosiva. Águas de pH elevado, isto é, alcalinas, são incrustativas. Alcalinidade e dureza são expressas em mg/L de CaCO_3 .
- substâncias indicadoras de poluição por matéria orgânica:
 - compostos nitrogenados: nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos. Os compostos de nitrogênio provêm de matéria orgânica e sua presença indica poluição recente ou remota. Quanto mais oxidados são os compostos de nitrogênio, tanto mais remota é a poluição. Assim, o nitrogênio amoniacal indica poluição recente e os nitratos indicam que a poluição ocorreu há mais tempo;
 - oxigênio consumido: a água possui normalmente oxigênio dissolvido em quantidade variável conforme a temperatura e a pressão. A matéria orgânica em decomposição exige oxigênio para sua estabilização; conseqüentemente, uma vez lançada na água, consome o oxigênio nela dissolvido. Assim, quanto maior for o consumo de oxigênio, mais próxima e maior terá sido a poluição;
 - cloretos: os cloretos existem normalmente nos dejetos animais. Estes, sob certas circunstâncias, podem causar poluição orgânica dos mananciais.

c) características biológicas

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

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

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

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

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

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

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

2.4.3. Planejamento e coleta de amostras de água para análise

A qualidade da água é avaliada por meio de análises.

Analisar toda a massa de água destinada ao consumo é impraticável; por isso, colhem-se amostras e, por sua análise, conclui-se qual a qualidade da água. Os métodos de análise fixam o número de amostras e o volume de água necessário, a fim de que o resultado seja o mais correto possível ou, em outras palavras, represente melhor o que realmente se passa em uma massa líquida cuja qualidade se deseja saber.

O resultado da análise de uma amostra de água de um manancial, rede pública, etc., dada a variação constante das águas dos mesmos, na realidade revela, unicamente, as características apresentadas pela água no momento em que foi coletada.

A amostra de água para análises físico-químicas comuns deve ser coletada em frasco apropriado e convenientemente tampado. As amostras devem ser enviadas com a máxima brevidade ao laboratório.

2.4.3.1. Planejamento

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

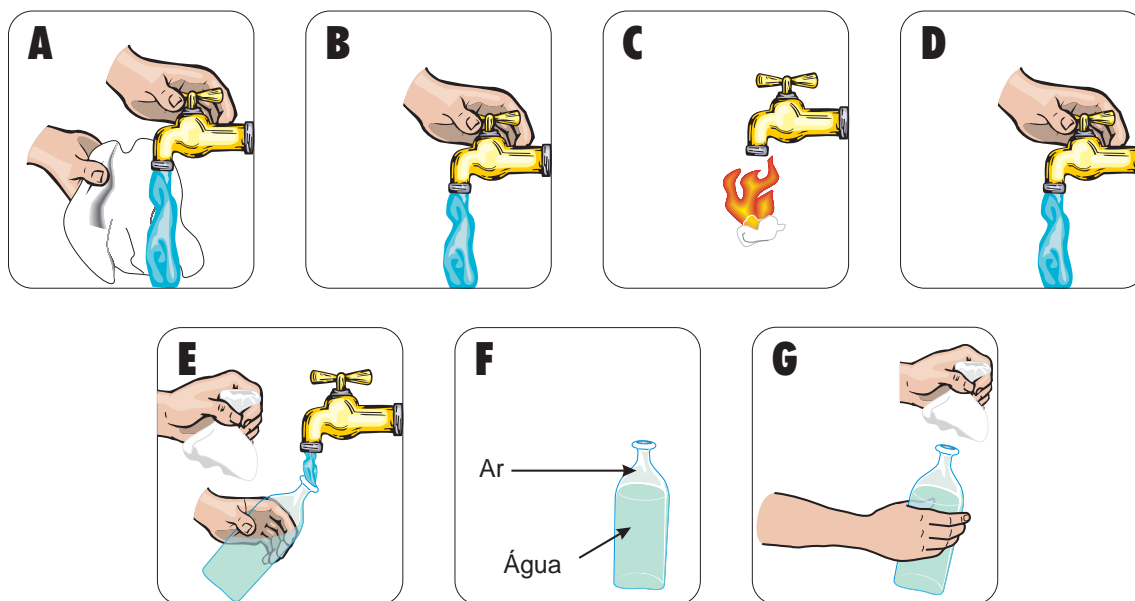
- metodologia de coleta;
- tipos de amostras (simples ou composta);
- pontos de amostragem;

- tempo de coleta;
- preservação;
- transporte;
- equipamentos necessários;
- coletor bem treinado;
- parâmetros a serem analisados.

2.4.3.2 Cuidado na obtenção de amostras

Em caso de água de torneira, ou proveniente de bomba, deixar escorrer por certo tempo, desprezando as primeiras águas. Em água de poço raso, não se deve coletar da superfície, mas mergulhar o frasco com a boca para baixo. Em água de rio, coletar a amostra abaixo da superfície, colocando o gargalo em sentido contrário ao da corrente (figuras 6, 7, 8 e 9).

Figura 6 — Coleta de amostra de água para exame

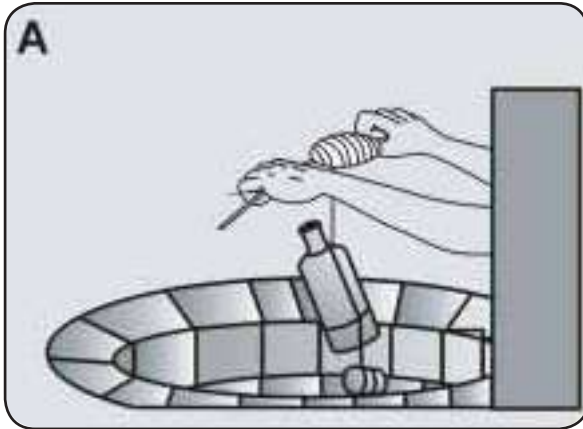


Fonte: Opas , 1987.

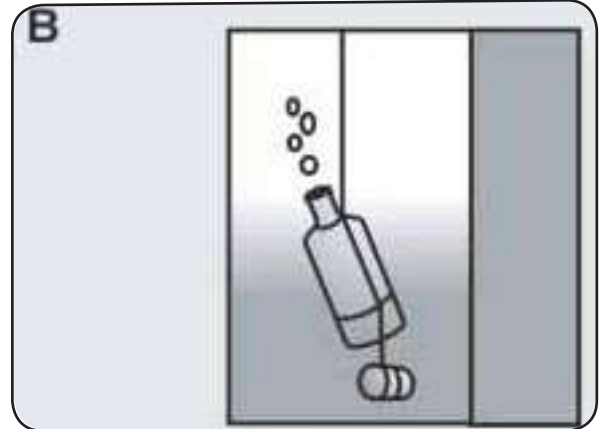
- Limpar a torneira;
- Deixar escorrer por dois a três minutos;
- Flambar ou desinfetar a torneira, se necessário;
- Deixar escorrer por dois a três minutos;
- Coletar a amostra;
- Deixar pequeno espaço vazio;
- Colocar a tampa, homogeneizar e identificar.

Figuras 7 e 8 — Coleta de amostra de água em poço raso

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

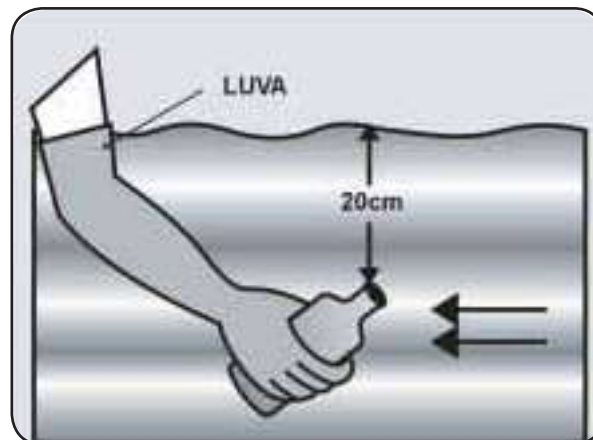


B) Submergir o frasco, permitindo que se obtenha amostra mais profunda.



Fonte: Opas, 1987.

Figura 9 — Coleta de amostra em mananciais superficiais



Fonte: Opas, 1987.

Observar o sentido da correnteza e a profundidade mínima.

2.4.3.3. Amostras para análises microbiológicas

O frasco de coleta deve ser fornecido pelo laboratório.

Para amostras de água clorada, este frasco deverá conter antes da esterilização Tiosulfato de Sódio em concentração suficiente para neutralizar o cloro residual.

Para amostras de água que recebem resíduos domésticos ou industriais ou que contenham altas concentrações de íons de metais pesados como cobre e zinco, etc., adiciona-se um quelante (Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA), que complexa os íons dos metais pesados) e o Tiosulfato de Sódio antes da esterilização.

2.4.3.4. Cuidados na amostragem para análise microbiológica

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

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

2.4.3.5. Amostras para análise físico-química e radioativas

Consultar as normas analíticas referentes aos parâmetros de interesse, bem como os responsáveis pelas análises sobre os detalhes, tipos de frascos, volume de amostra a ser coletado, preservação, transporte e demais cuidados que devem ser tomados por ocasião da amostragem, como exemplificado no quadro 6.

Quadro 6 — Parâmetro para análise físico-química

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

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

2.4.3.6. Ficha de coleta

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

Dados mínimos necessários:

- identificar a localidade, município e estado;
- número do registro da amostra;
- identificar o tipo de amostra;
- registrar a ocorrência de chuvas nas últimas 24 horas;
- registrar análises de campo (temperatura da amostra, temperatura do ar, pH, Cloro residual, etc.);

- data e hora da coleta;
- nome e assinatura do responsável pela coleta.

2.5. Quantidade de água para fins diversos

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

O volume de água necessário para abastecer uma população é obtido levando em consideração os seguintes aspectos:

2.5.1. Parcelas componentes dos diferentes usos da água

2.5.1.1. Demanda de água

a) doméstico:

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

b) comercial:

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

c) industrial:

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

d) público:

- fontes;
- irrigação de jardins públicos;
- limpeza pública;
- edifícios públicos.

e) segurança:

- combate de incêndio.

É necessário o desenvolvimento de estratégias para redução de perdas físicas de água nas unidades de adução, tratamento, reservação, rede de distribuição e ramais prediais.

O desperdício nas unidades de consumo deve ser evitado.

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

O *per capita* de uma comunidade é obtido, dividindo-se o total de seu consumo de água por dia pelo número total da população servida.

A quantidade de água consumida por uma população varia conforme a existência ou não de abastecimento público, a proximidade de água do domicílio, o clima, os hábitos da população. Havendo abastecimento público, varia, ainda, segundo a existência de indústria e de comércio, a qualidade da água e o seu custo.

Nos projetos de abastecimento público de água, o *per capita* adotado varia de acordo com a natureza da cidade e o tamanho da população. Normalmente adota-se as seguintes estimativas de consumo:

2.5.2.1. População abastecida sem ligações domiciliares:

Adota-se os seguintes consumos *per capita*:

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

2.5.2.2. Populações abastecidas com ligações domiciliares:

Quadro 7

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

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

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

2.5.3.1. De caráter geral:

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

2.5.3.2. Fatores específicos:

- qualidade de água (sabor, odor, cor);
- custo da água: valor da tarifa;
- a disponibilidade de água;
- a pressão na rede de distribuição;
- percentual de medição da água distribuída;
- ocorrência de chuvas.

2.5.4. As variações de consumo

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

- a) anuais: o consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional. Em geral aceita-se um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa;
- b) mensais: as variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima maior é o consumo verificado;
- c) diária: ao longo do ano, haverá um dia em que se verifica o maior consumo. É utilizado o coeficiente do dia de maior consumo (K1), que é obtido da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário. O valor usualmente adotado no Brasil para K1 é 1,20;
- d) horária: ao longo do dia tem-se valores distintos de pique de vazões horária. Entretanto haverá “uma determinada hora” do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (K2), que é a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada. O coeficiente K1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto K2 é usado apenas no cálculo da rede de distribuição.

2.6. Medições de vazão

2.6.1. Em pequenos córregos e fontes:

O Método mais simples para medição de vazão consiste em:

- a) recolher a água em um recipiente de volume conhecido (tambor, barril, etc.);
- b) contar o número de segundos gastos para encher completamente o recipiente.

Exemplo: Se um tambor de 200 litros fica cheio em 50 segundos, a vazão será:

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

Para ter-se a vazão em:

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

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

2.6.2. Em função da área e da velocidade

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

2.6.3. Determinação da velocidade

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

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

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

2.6.4. Determinação da seção transversal

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

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

Exemplo: Suponhamos que os dados são os seguintes:

$$\begin{aligned} \text{Largura da corrente em F-F} &= 4,00\text{m} \\ \text{Profundidade média} &= \frac{1,00\text{m} + 1,20\text{m} + 0,80\text{m}}{3} = 1,00\text{m} \end{aligned}$$

A área média da seção transversal será:

$$A_m = 4,00\text{m} \times 1,00\text{m} = 4,00\text{m}^2$$

Finalmente vem para vazão da corrente:

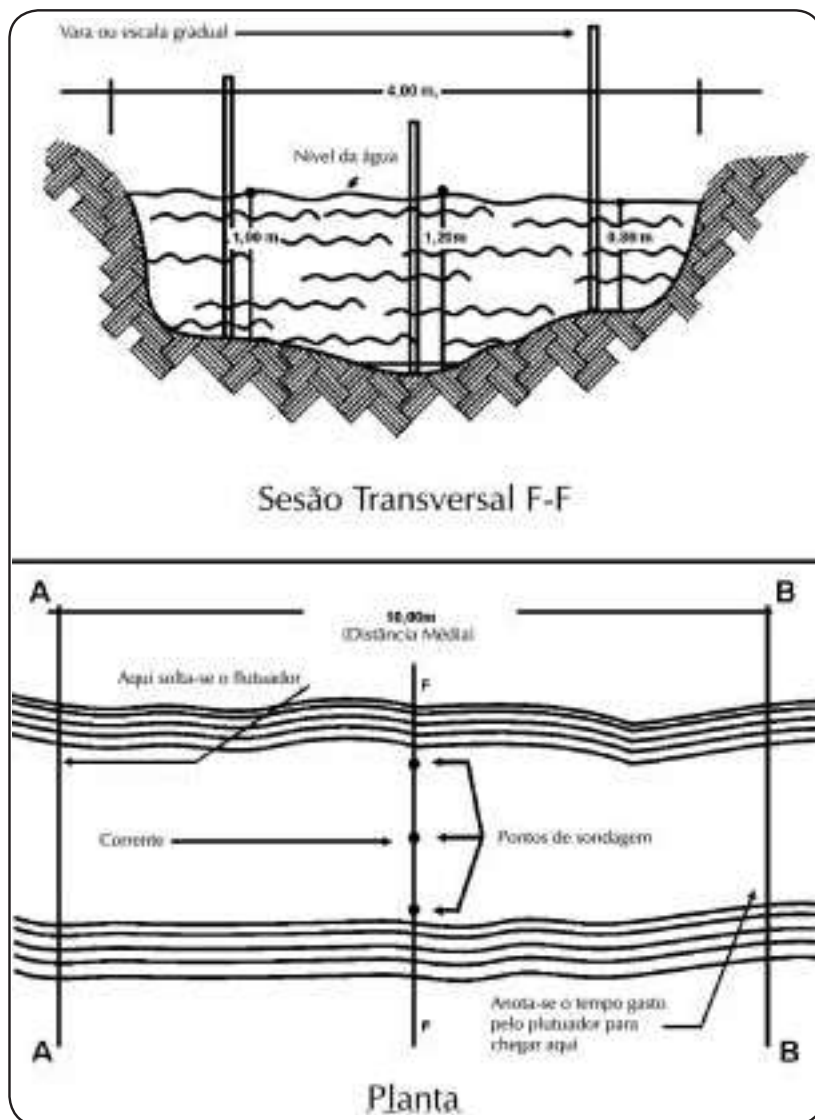
$$Q = \text{área média da seção transversal} \times \text{velocidade}$$

$$Q = 4,00\text{m}^2 \times 0,50\text{m/s} = 2,00\text{m}^3/\text{s} = 2.000\text{l/s}.$$

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

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

Figura 10 — Determinação da seção transversal



Fonte: Usaid, 1961.

2.6.5. Com aplicação do vertedouro de madeira

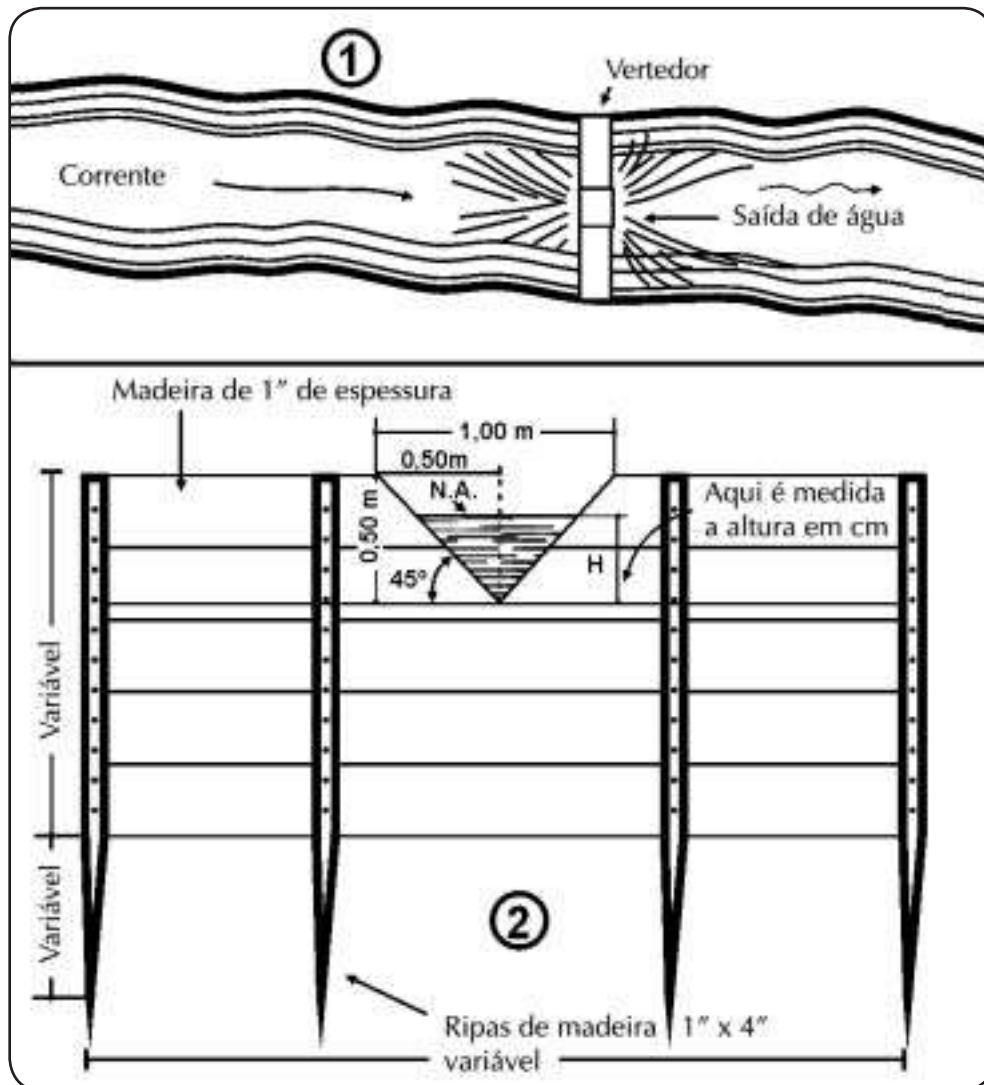
Este método é aplicável a correntes até 3,00m de largura.

- vertedouro é colocado perpendicularmente à corrente, barrando-a e obrigando a passagem da água pela seção triangular (figura 11);
- em um dos lados do vertedouro coloca-se uma escala graduada em centímetros, na qual faz-se a leitura do nível alcançado pela água (figura 11).

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

Exemplo: se $H = 30\text{cm}$, tem-se $Q = 67\text{l/s}$

Figura 11 — Vertedouro de madeira



Fonte: Usaid, 1961.

Tabela 1 — Cálculo de vazão em vertedouro triangular

H(em cm)	Q(em m ³ /s)	Q(em l/s)
4	0,0004	0,4
5	0,0008	0,8
6	0,0012	1,2
7	0,0018	1,8
8	0,0025	2,5
9	0,0033	3,3
10	0,0043	4,3
11	0,0056	5,6
12	0,0069	6,9
13	0,0085	8,5
14	0,0110	11,0
15	0,0120	12,0
16	0,0140	14,0
17	0,0160	16,0
18	0,0190	19,0
19	0,0210	21,0
20	0,0240	24,0
21	0,0270	27,0
22	0,0320	32,0
23	0,0340	34,0
24	0,0380	38,0
25	0,0420	42,0
26	0,0470	47,0
27	0,0520	52,0
28	0,0560	56,0
29	0,0640	64,0
30	0,0670	67,0
31	0,0730	73,0
32	0,0780	78,0
33	0,0830	83,0
34	0,0910	91,0
35	0,0980	98,0
36	0,1060	106,0
37	0,1130	113,0
38	0,1210	121,0
39	0,1280	128,0
40	0,1380	138,0
41	0,1460	146,0
42	0,1560	156,0
43	0,1620	162,0
44	0,1780	178,0
45	0,1840	184,0
46	0,1940	194,0
47	0,2060	206,0
48	0,2160	216,0
49	0,2280	228,0
50	0,2390	239,0

Fonte: Usaid, 1961.

2.7. Sistema de abastecimento de água

Sistema de abastecimento de água para consumo humano é a instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.

Basicamente, existem dois tipos de solução para o abastecimento de água:

- solução coletiva;
- solução individual.

A solução coletiva aplica-se, em áreas urbanas e áreas rurais com população mais concentrada. Os custos de implantação são divididos entre os usuários.

A solução individual aplica-se, normalmente, em áreas rurais de população dispersa. Nesse caso, as soluções referem-se exclusivamente ao domicílio, assim como os respectivos custos.

Em áreas suburbanas e periféricas, com características rurais ou mesmo em áreas de população mais concentrada, pode-se utilizar uma combinação dessas duas soluções, onde algumas partes, como o manancial ou a reservação, são de caráter coletivo, sendo a distribuição de água de caráter individual.

Normalmente, uma grande cidade contém uma parte central de características urbanas; uma outra zona, suburbana, de população mais esparsa, e uma terceira zona periférica de características nitidamente rurais. Nesses casos, deve-se estudar a solução ou soluções mais adequadas para cada uma dessas zonas.

2.8. Mananciais para abastecimento de água

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

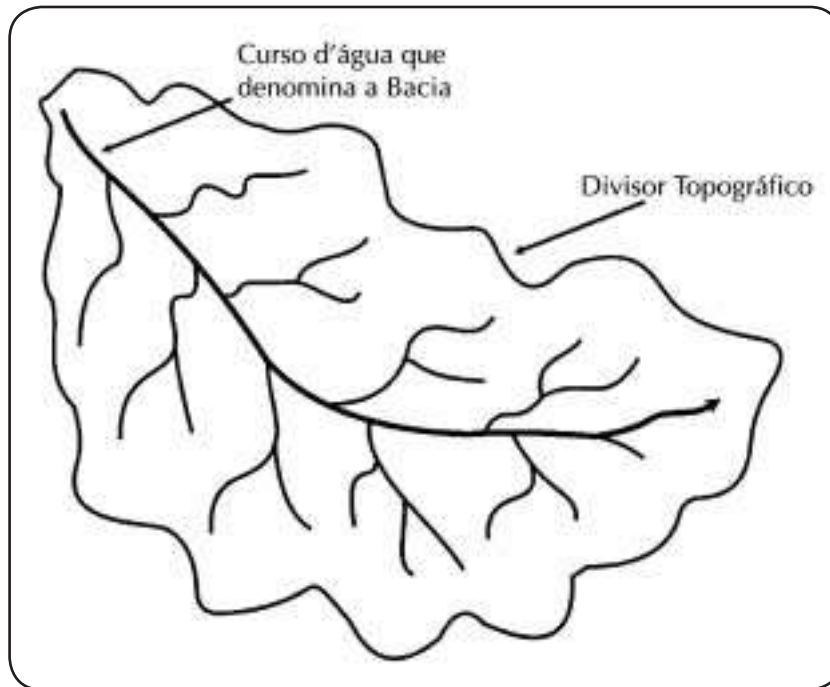
2.8.1. Manancial superficial

É toda parte de um manancial que escoar na superfície terrestre, compreendendo os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais. As precipitações atmosféricas, logo que atingem o solo, podem se armazenar nas depressões do terreno, nos lagos e represas,

ou alimentar os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, se transformando em escoamento superficial. Outra parcela se infiltra no solo.

A bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre, drenada por um determinado curso d'água e limitada perifericamente pelo divisor de águas (figura 12).

Figura 12 — Bacia hidrográfica



Fonte: Castro, 1997.

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

2.8.2. Manancial subterrâneo

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

2.8.3. Águas meteóricas

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

2.8.4. Escolha do manancial

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

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

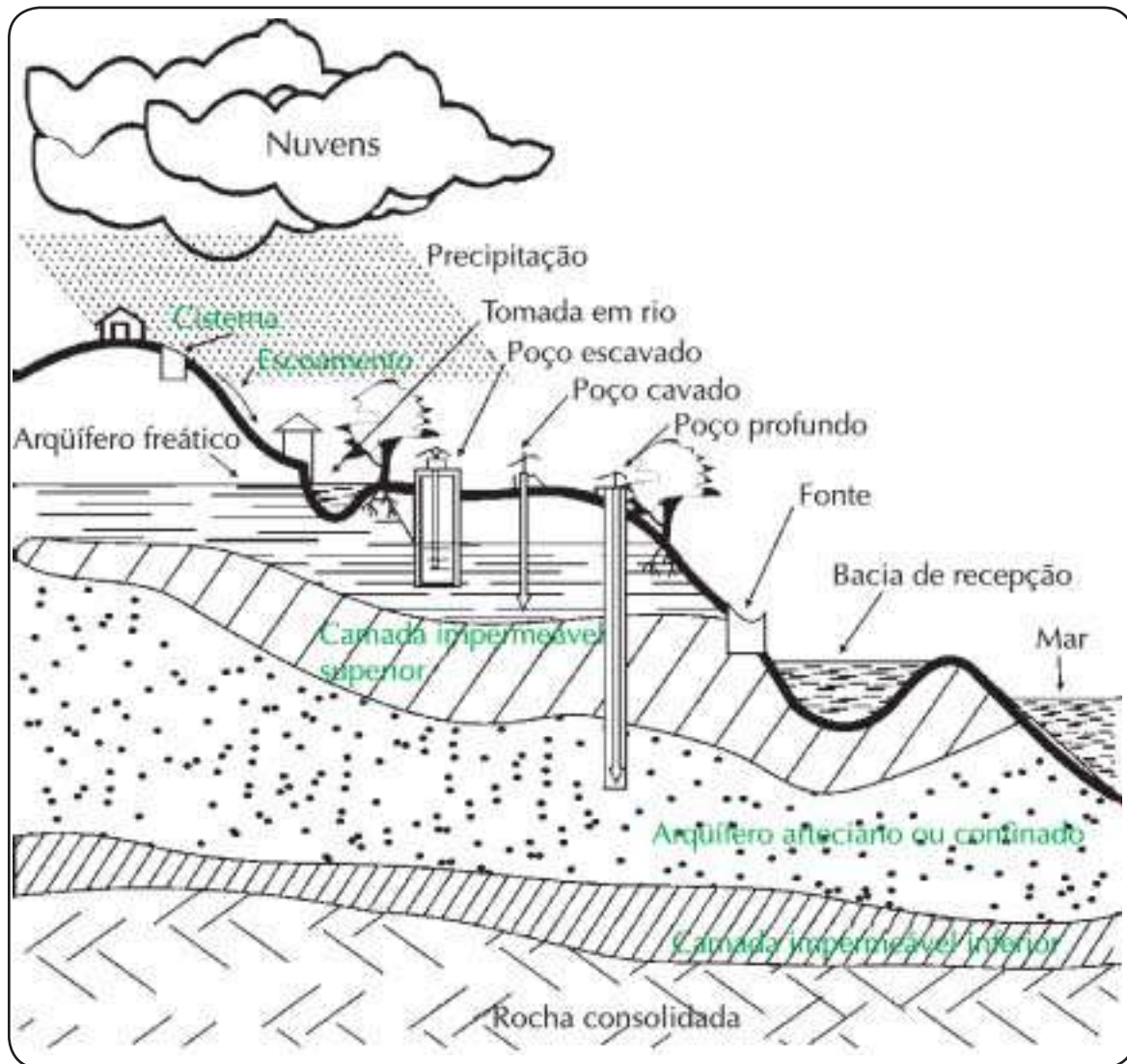
- Primeiro critério: previamente é indispensável a realização de análises de componentes orgânicos, inorgânicos e bacteriológicos das águas do manancial, para verificação dos teores de substâncias prejudiciais, limitados pela Resolução nº 20, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 18 de junho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

2.9. Formas de captação da água

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

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

Figura 13 — Formas de captação



2.9.1. Água de chuva

A água de chuva pode ser armazenada em cisternas, que são pequenos reservatórios individuais. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade, ou em casos extremos, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber.

A cisterna consiste em um reservatório protegido, que acumula a água da chuva captada da superfície dos telhados das edificações.

A água que cai no telhado vem ter às calhas, e destas, aos condutores verticais e, finalmente, ao reservatório. Os reservatórios mais simples são os de tambor, de cimento amianto e os de plástico.

Dados úteis para projetos de cisternas estão especificados nas tabelas 2, 3 e 4 a seguir.

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

Diâmetro	Área máxima de Cobertura	Diâmetro	Área máxima de cobertura
7,5cm - 3 "	16m ²	15,0cm - 6"	89m ²
10,0cm - 4"	39m ²	18,0cm - 7"	128m ²
13cm - 5"	58m ²	20,0cm - 8"	185m ²
		25,0cm - 10"	334m ²

Tabela 3 — Área máxima de cobertura coletada por condutores cilíndricos

Diâmetro	Área máxima de cobertura	Diâmetro	Área máxima de cobertura
5,0cm - 2 "	46m ²	10,0cm - 4"	288m ²
6,5cm - 2 1/2"	89m ²	13,0cm - 5"	501m ²
7,6cm - 3"	139m ²	15,0cm - 6"	616m ²
		20,0cm - 8"	780m ²

Tabela 4 — Área máxima de cobertura esgotada pelo ramal

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

Observação: A calha, o condutor ou o ramal devem ter uma área útil de seção expressa em cm² numericamente igual à área expressa em m² da projeção horizontal do telhado. Ex: Para esgotar uma cobertura de 150m² de área, será necessária uma calha de 150cm² de área útil.

Para os locais onde há pouca mão-de-obra especializada, aconselham-se cisternas não enterradas. Deve-se abandonar as águas das primeiras chuvas, pois lavam os telhados onde se depositam a sujeira proveniente de pássaros, de animais e a poeira. Para evitar que essas águas caiam nas cisternas, pode-se desconectar os condutores de descida, que normalmente devem permanecer desligados para serem religados manualmente, pouco depois de iniciada a chuva.

Existem dispositivos automáticos que permitem o desvio, para fora das cisternas, das águas das primeiras chuvas e as das chuvas fracas, aproveitando-se, unicamente, as das chuvas fortes.

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

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

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

- consumo diário: 22 litros/pessoa x 5 pessoas = 110 litros;
- consumo mensal: 110 litros/dia x 30 dias = 3.300 litros;
- consumo anual: 3.300 litros/mês x 12 meses = 39.600 litros;

b) capacidade da cisterna

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

$$3.300 \text{ litros/mês} \times \text{seis meses} = 19.800 \text{ litros};$$

c) superfície de coleta

Para se determinar a área da superfície de coleta, deve-se conhecer a precipitação pluviométrica anual da região, medida em mm.

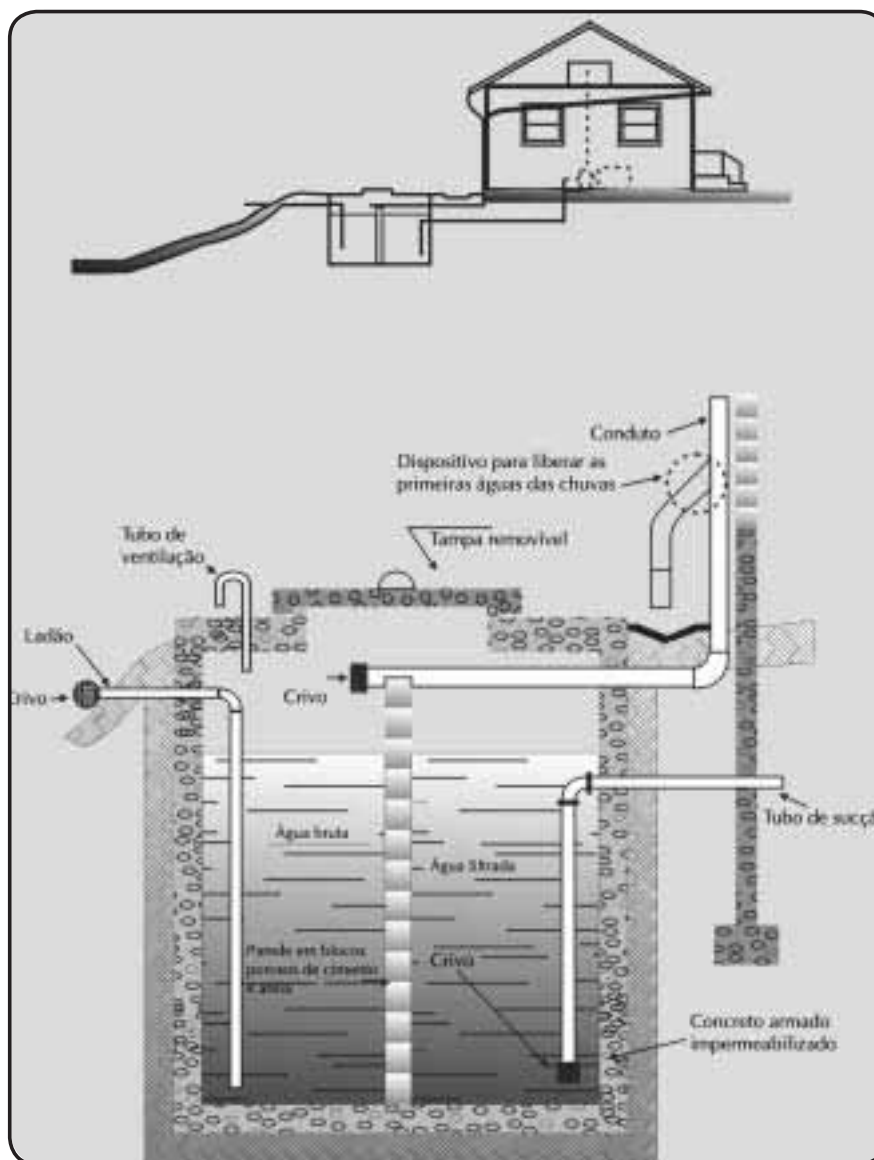
Considerando uma residência com área da projeção horizontal do telhado igual a 40m^2 e precipitação pluviométrica anual igual a 800mm, poderemos captar a seguinte quantidade de água.

$$40\text{m}^2 \times 0,8\text{m (800mm)} = 32\text{m}^3 = 32.000 \text{ litros/ano.}$$

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

$32.000 \text{ litros} \times 0,8 = 25.600 \text{ litros/ano}$, portanto suficiente para suprir a cisterna dimensionada neste exemplo (figura 14).

Figura 14 — Corte de uma cisterna bem projetada



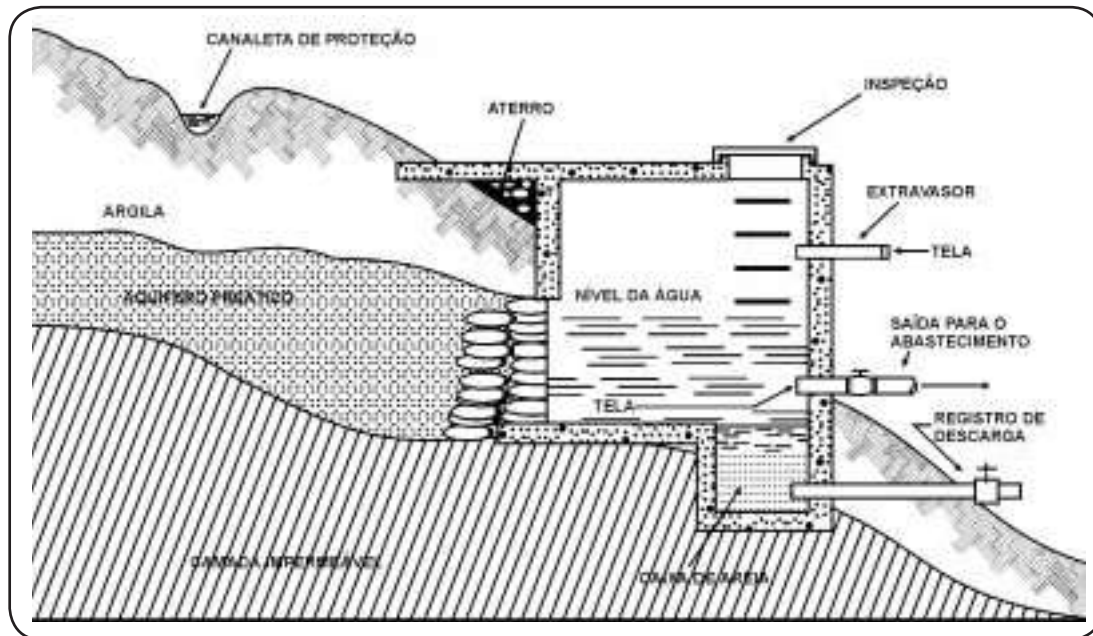
2.9.2. Caixa de tomada - fonte de encosta

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

A caixa deve ter, além das proteções citadas: a) um ladrão telado; b) um cano de descarga de fundo provido de registro, para limpeza; c) uma abertura de 0,80 x 0,80m na tampa, que permita a entrada de um homem para fazer a limpeza. Essa abertura deve ser coberta com outra tampa e selada de preferência com argamassa fraca. Quando se constrói a proteção da fonte, deve-se ter o cuidado de aproveitar adequadamente as nascentes. É interessante que o fundo da caixa tenha uma camada de pedra britada grossa para diminuir a entrada de areia (figura 15).

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

Figura 15 — Caixa de tomada — fonte de encosta



Fonte: Usaid, 1961.

2.9.3. Galeria de infiltração — fonte de fundo de vale

O aproveitamento da fonte de fundo de vale é conseguido por meio de um sistema de drenagem subsuperficial sendo, em certos casos, possível usar a técnica de poço raso para a captação da água. Normalmente, a captação é feita por um sistema de drenos que termina em um coletor central e deste vai a um poço. A construção e a proteção do poço coletor são feitas obedecendo-se aos mesmos requisitos usados para o poço raso ou fonte de encosta (figura 16 e 17).

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

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

Figura 16 — Galeria de infiltração

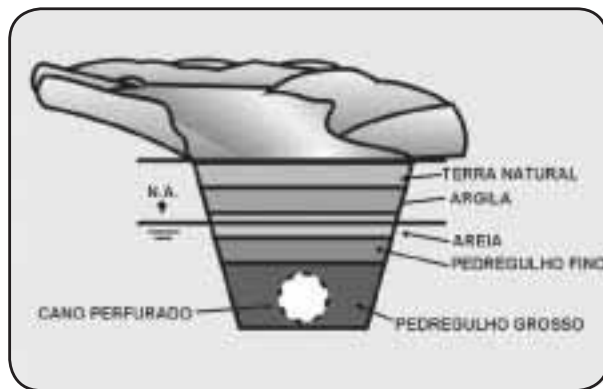
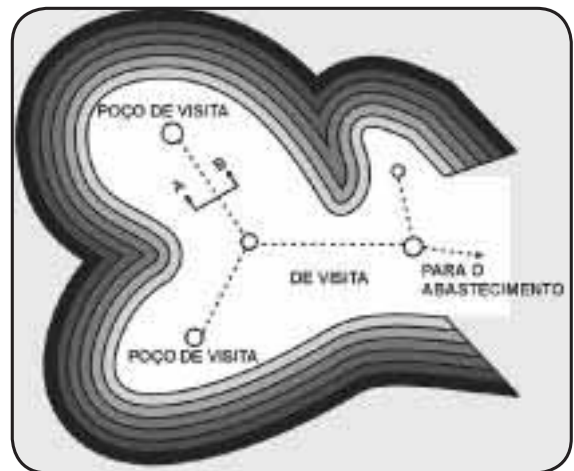


Figura 17 — Fonte de fundo de vale



a) cuidados na construção

É boa técnica:

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

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

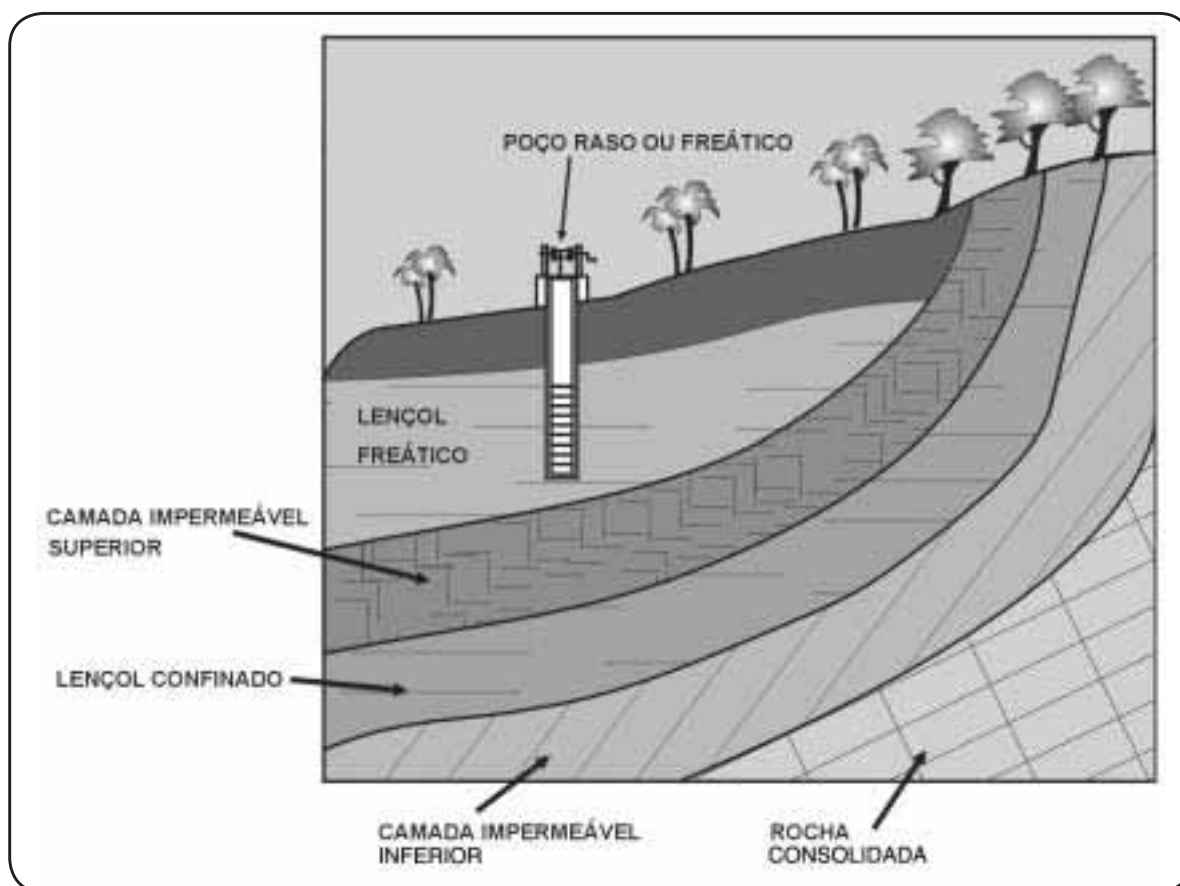
- sistema singelo de linha única;
- sistema em grelha, com drenos paralelos caindo em um dreno interceptor principal;
- sistema em espinha de peixe com um dreno principal e recebendo os drenos laterais;
- sistema interceptor usado para receber água das encostas, com um dreno principal no qual os drenos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

2.9.4. Poços escavados

Também conhecidos como poços rasos ou freáticos, com diâmetro mínimo de 90 centímetros, são destinados tanto ao abastecimento individual como coletivo. Esta solução permite o aproveitamento da água do lençol freático, atuando geralmente, entre 10 a 20 metros de profundidade, podendo obter de dois a três mil litros de água por dia (figura 18).

Um exemplo de poço raso, de técnica mais apurada, é o poço tipo amazonas, desenvolvido pela extinta Fsesp, para servir aos pequenos abastecimentos públicos na região amazônica.

Figura 18 — Poço raso



Fonte: Barros, et al., 1995.

2.9.4.1. Locação

Em primeiro lugar, a construção do poço só será viável se houver indícios de água subterrânea na área pretendida e possibilidade de ser atingido o lençol.

As referidas condições poderão ser determinadas por meio de métodos científicos e emprego de tecnologia apropriada. Na área rural, entretanto, e para o tipo de poço em questão, bons resultados serão obtidos por algumas indicações de ordem prática aliadas à experiência dos moradores da área.

Por exemplo:

- verificar se há poços escavados na área, sua profundidade, quantidade e características da água fornecida;
- ouvir a opinião dos moradores vizinhos e do poceiro local sobre o tipo de solo, profundidade do lençol, variação da quantidade de água nas épocas de seca e de chuva;
- em terrenos fáceis de perfurar, como os argilosos e os arenosos, pode-se recorrer à sondagem;
- para isso, utiliza-se trados de pequeno diâmetro (50mm a 150mm);
- convém observar que as águas subterrâneas normalmente correm em direção aos rios e lagos e perpendicularmente a eles. Geralmente seguem a mesma disposição da topografia do terreno. Contudo, há exceções, razão pela qual é conveniente conhecer os níveis da água nos diversos poços da área;
- certos vegetais seguem o rastro da água e são, assim, indicadores de mananciais subterrâneos. Tal é o caso da carnaúba e de outras plantas;
- a escolha do local para construção do poço deverá levar em conta os riscos de contaminação do lençol por possíveis focos localizados na área;
- deve-se respeitar por medidas de segurança, a distância mínima de 15 metros entre o poço e a fossa do tipo seca, desde que seja construída dentro dos padrões técnicos, e, de 45 metros, para os demais focos de contaminação, como, chiqueiros, estábulos, valões de esgoto, galerias de infiltração e outros, que possam comprometer o lençol d'água que alimenta o poço;
- deve-se, ainda, construir o poço em nível mais alto que os focos de contaminação;
- evitar os locais sujeitos a inundações e dar preferência àqueles de fácil acesso aos usuários;
- em certos tipos de terrenos que possuem fendas no solo, o risco de contaminação do lençol é maior.

2.9.4.2. Construção

A época adequada para escavação do poço é no período de estiagem, pois no tempo chuvoso os trabalhos tornam-se muito difíceis e até mesmo inviáveis.

Durante a construção, todo cuidado de segurança deve ser tomado por aquele que estiver trabalhando no poço; não se deve penetrar no seu interior, sem ter meios de escape e sem a estabilidade das paredes.

A escavação poderá ser manual usando-se ferramentas comuns: picareta, cavadeira, enxadão, etc. ou, também, por meio de trados, se o tipo de terreno for favorável.

O poço deverá ter o formato cilíndrico, com diâmetro mínimo de 90 centímetros. A profundidade será a necessária para atingir o lençol freático, porém, não inferior a três metros, que é a altura mínima do revestimento de proteção.

Nos terrenos frágeis, é necessário revestir toda a parede do poço, a fim de evitar o seu desmoronamento.

Uma boa técnica, consiste em fazer o revestimento com manilhões de concreto. Os manilhões são assentados na boca do poço, um de cada vez. A medida que se for escavando por dentro deles, irão descendo por conta do próprio peso.

Uma vez atingido o lençol, recomenda-se aprofundar a escavação dentro dele, a fim de obter seu melhor aproveitamento. Para facilitar esta tarefa, pode-se fazer o esgotamento da água com bombas a motor ou manuais.

Há terrenos firmes, não sujeitos a desmoronamentos, que dispensam o revestimento do poço. Mesmo assim, deverá ser feito, pelo menos, até três metros de altura, a fim de possibilitar a proteção sanitária (figura 20).

2.9.4.3. Proteção

A proteção do poço escavado tem a finalidade de dar segurança à sua estrutura e, principalmente, evitar a contaminação da água.

A seguir, são apontados os possíveis meios de contaminação do poço e as respectivas medidas de proteção:

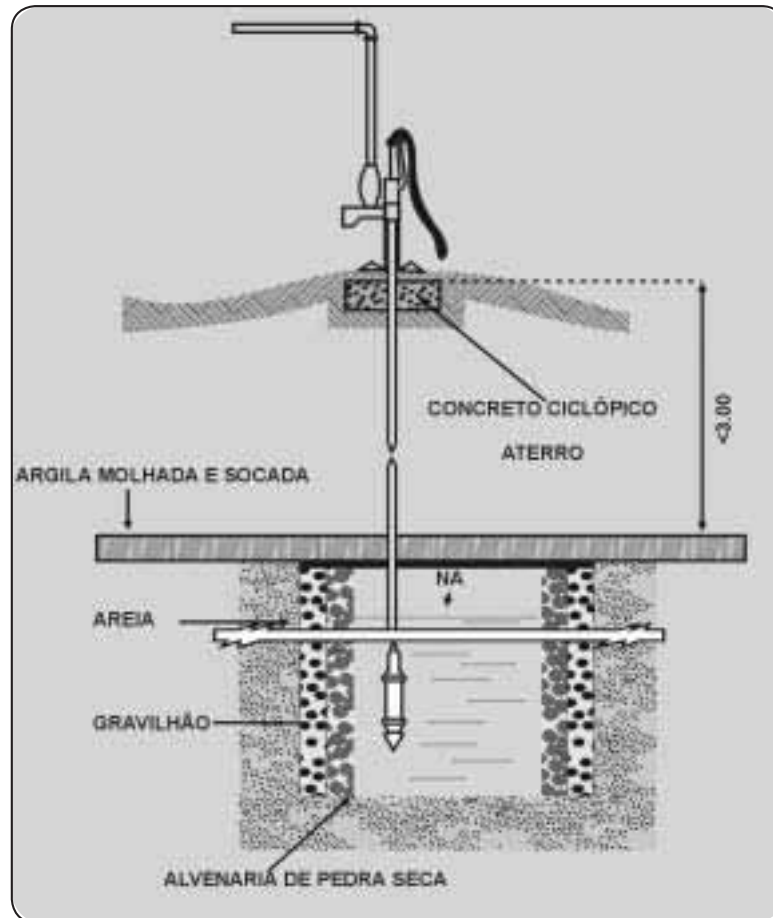
- a) infiltração de águas da superfície, pelo terreno, atingindo a parede e o interior do poço.
 - proteção: impermeabilizar a parede até a altura mínima de três metros e construir plataforma (calçada) de concreto com um metro de largura, em volta da boca do poço;
 - sabe-se que, durante a infiltração das águas de superfície no terreno, suas impurezas ficam retidas numa faixa do solo, a qual, para segurança dos poços, é indicada com três metros. Por essa razão, o revestimento impermeabilizado deve atingir esta cota. A construção da calçada em volta do poço visa a evitar lamaçal e impedir, também, a infiltração das águas de superfície na área.
- b) escoamento de águas da superfície e enxurradas pela boca do poço, para seu interior.
 - proteção: construir uma caixa sobre a boca do poço, feita de concreto ou alvenaria de tijolos. A referida caixa poderá ser construída, fazendo-se o prolongamento externo da parede de revestimento do poço. Deverá ter altura entre 50 e 80 centímetros, a partir da superfície do solo.
- c) entrada de objetos contaminados, animais, papéis, etc., pela boca do poço.
 - proteção: fechar a caixa da boca do poço com cobertura de concreto ou de madeira, deixando abertura de inspeção com tampa de encaixe.

2.9.4.4. Retirada da água

a) bomba hidráulica

A retirada de água será feita pela bomba hidráulica centrífuga (de operação a motor elétrico) ou de embolo (de operação manual) (figura 19), pois permite manter o poço sempre fechado. Além disso, é de fácil operação e maior rendimento.

Figura 19 — Operação de bomba manual



2.9.4.5. Desinfecção

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

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

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

b) quantidade de desinfetante a usar:

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

c) técnica de desinfecção:

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

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

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

Exemplo: 2.000 litros de água e 12 horas de contato

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

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

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

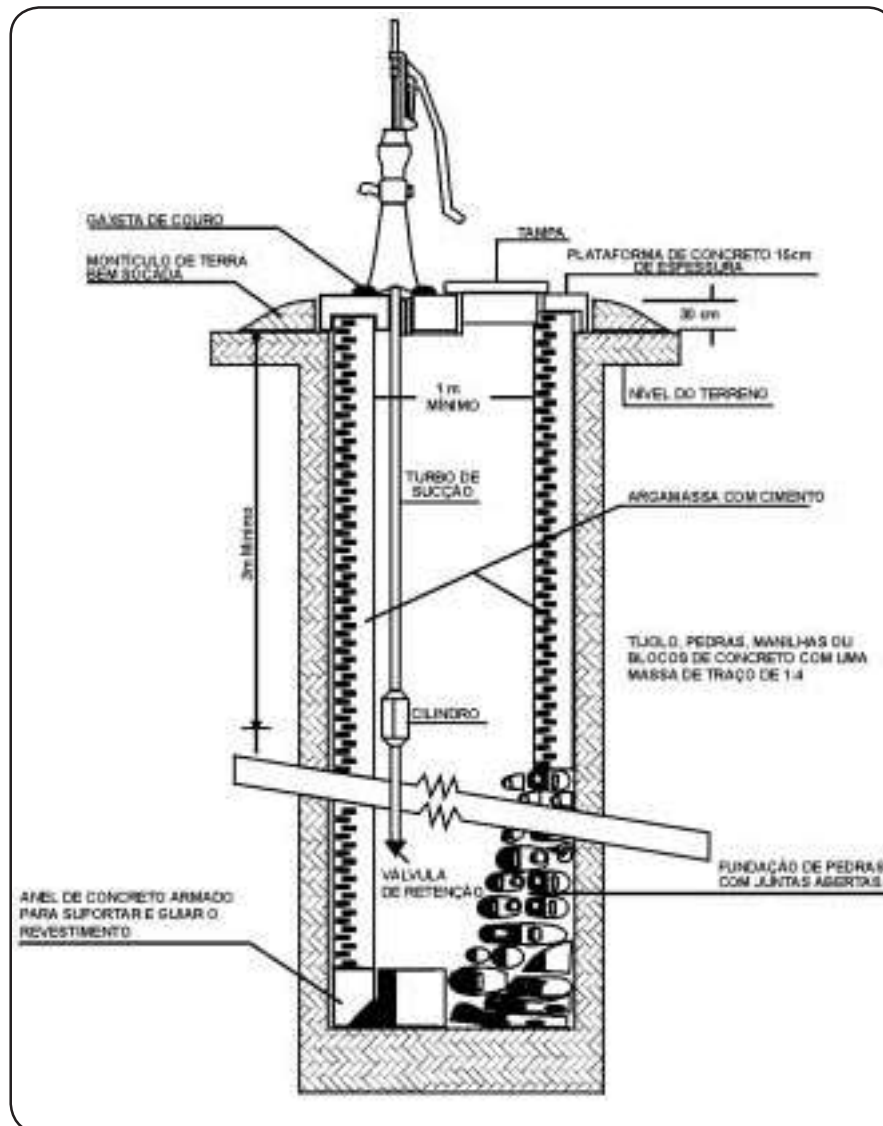
100mg de cloreto	30mg de Cl
y mg de cloreto	x mg de Cl

Agitar o mais possível e deixar a solução permanecer em contato com o poço o tempo necessário, de acordo com a dosagem, 2 — 4 — 12 horas. Findo o prazo, esgotar o poço até que nenhum cheiro ou gosto de cloro seja percebido na água.

Se possível, confirmar o resultado da desinfecção pela análise bacteriológica antes de utilizar a água para bebida.

- Observação:
- A desinfecção com solução forte de 100mg/l de Cl_2 deve ser precedida de limpeza, com escovas, de todas as superfícies do poço, paredes, face interna da tampa, tubo de sucção;
 - As amostras para análise bacteriológica devem ser colhidas depois que as águas não apresentem mais nenhum odor ou sabor de cloro;
 - A desinfecção de um poço elimina a contaminação presente no momento, mas não tem ação sobre o lençol de água propriamente dito, cuja contaminação pode ocorrer antes, durante e depois da desinfecção do poço.

Figura 20 — Poço construído adequadamente



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

- a) a vazão deve ser medida, de preferência, na época de estiagem;
- b) o teste pode ser feito com bomba ou, na falta desta, com baldes;
- c) o teste deve ser feito da seguinte maneira:
 - instala-se a bomba no poço. A mesma deverá ter um registro na saída para regular sua descarga;
 - bombeia-se durante um período mínimo de uma hora até que o nível da água, no poço, se estabilize, para uma vazão que, aproximadamente, se deseja obter do poço. Isso pode ser controlado regulando-se a abertura do registro de saída da bomba. Pela descarga da bomba pode-se ter uma idéia aproximada da vazão (figuras 21 e 22);

- para medir, com maior precisão, a vazão do poço, para as condições acima mencionadas, basta cronometrar o tempo de enchimento de um recipiente de volume conhecido como, por exemplo, um tambor de 200 litros, latas de 20 litros, etc.;
- d) fórmulas práticas para determinar a vazão:
- quando o bombeamento for contínuo, a determinação da vazão poderá ser feita utilizando-se os dados da tabela 5 ou as fórmulas correspondentes às figuras 21 e 22.

Figura 21 — Tubo horizontal totalmente cheio

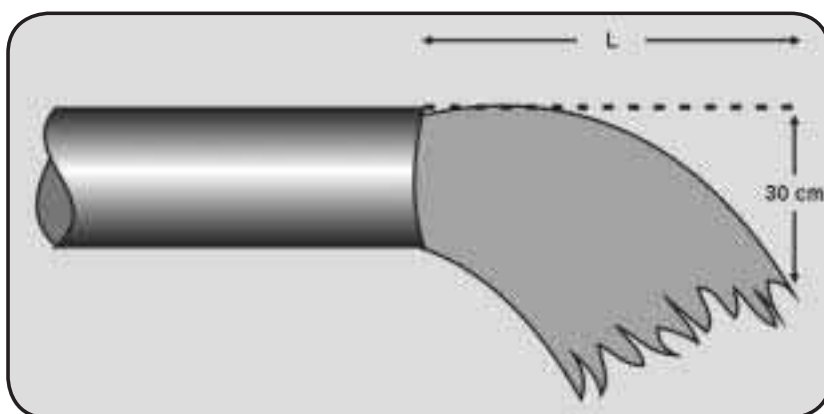


Tabela 5 — Vazão do poço em litros por minuto de acordo com os dados da figura 21

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

$Q = 0,24 AL$.

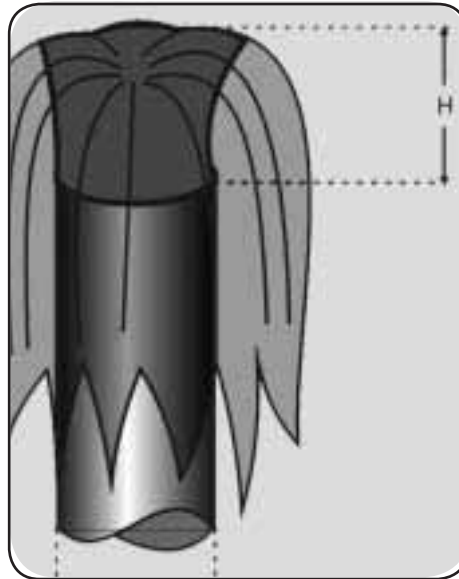
Q = Vazão em litros por minuto.

A = Área em cm^2 da seção do tubo.

L = Distância em cm, determinada a partir de extremidade do tubo, pelo ponto em que a distância de 30 cm do jato de água encontra o nível superior do tubo.

- na posição vertical:

Figura 22 — Tubo vertical totalmente cheio



- fórmula para utilizar

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

Onde:

Q = Vazão em litros por minuto;

D = Diâmetro em cm;

H = Altura da água em cm.

2.9.4.7. Melhorias do poço raso escavado

A melhoria do poço raso pode, muitas vezes, ser obtida com limpeza, retirada de lama e areia, resultando, dessa operação, um aumento de sua vazão. Outra medida que pode dar bom resultado é aprofundar o poço.

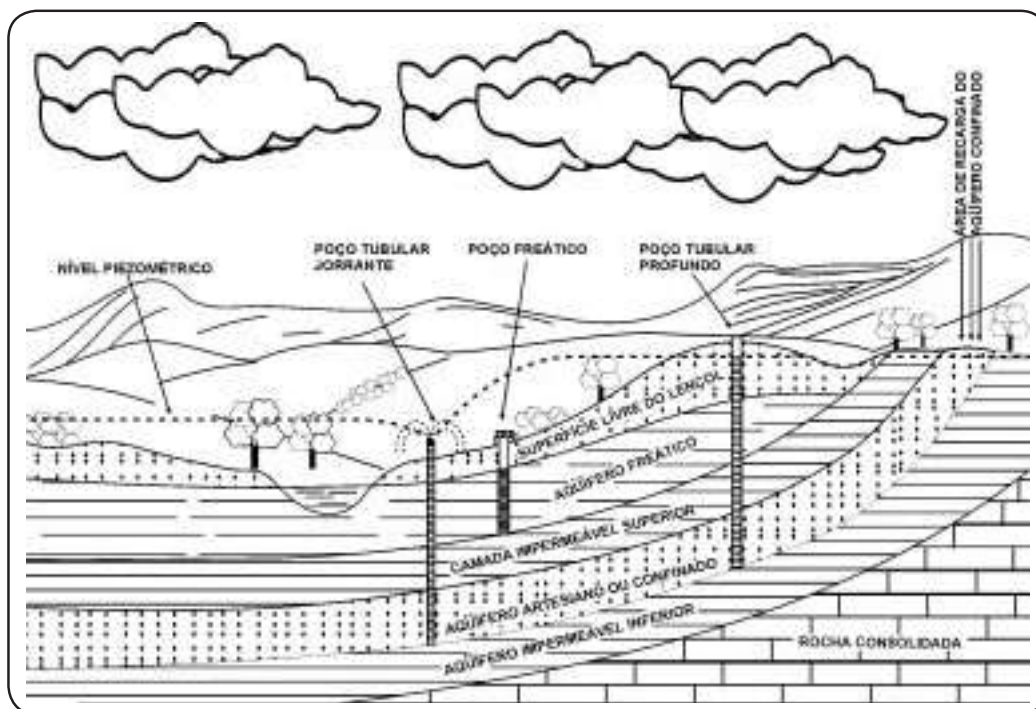
Um recurso usado para evitar ou diminuir a entrada de areia na bomba é o filtro invertido, que consiste em depositar no fundo do poço diversas camadas de cascalho em ordem crescente de diâmetros, de baixo para cima.

Observação: Acidentes: antes de entrar em um poço para limpá-lo, é necessário fazer um teste indicativo da presença de gás, para evitar acidentes fatais. Faz-se o teste, introduzindo no poço, por meio de uma corda, uma vela ou um lampião aceso. Se a chama diminui ou se apaga, é sinal de que há presença de gás; nesse caso, deve-se forçar a ventilação do poço e fazer-se novo teste, em seguida. Só se deve descer no poço quando o teste de gás for negativo.

2.9.5. Poço tubular profundo

Os poços tubulares profundos captam água do aquífero denominado artesiano ou confinado, localizado abaixo do lençol freático, entre duas camadas impermeáveis e sujeitas a uma pressão maior que a atmosférica (figura 23).

Figura 23 — Corte do terreno mostrando os lençóis de água



Nesses poços o nível da água, em seu interior, subirá acima da camada aquífera. No caso da água jorrar acima da superfície do solo, sem necessidade de meios de elevação mecânica, o poço é dito jorrante ou surgente. Caso a água se eleve dentro do poço sem contudo ultrapassar a superfície do solo, o poço é dito semi-surgente.

A quantidade de água que um poço tubular profundo pode fornecer depende das características geológicas do local, que influenciam na capacidade de armazenamento e circulação da água no aquífero. Por isso, a produção de água só pode ser estimada a partir de estudos hidrogeológicos ou pela observação de registros operacionais de poços existentes na região.

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

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

- a) de percussão

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

b) rotativas

Exigem maiores conhecimentos do operador; requerem muita água durante a operação; levam vantagem em terrenos de rocha mais branda, e são mais rápidas em terrenos sedimentares.

A proteção do poço é feita com tubos de revestimento em aço ou PVC, destinados a impedir o desmoronamento das camadas de solo não consolidadas e evitar sua contaminação.

A retirada da água do poço, normalmente é realizada pelas bombas centrífugas submersíveis, ou bombas a compressor - "*Air Lift*".

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

- diâmetro do poço determinado pelo diâmetro interno do tubo de revestimento;
- vazão: vazão ótima que visa ao aproveitamento técnico e econômico do poço, definida pela curva característica do poço (curva-vazão/rebaixamento);
- nível estático: nível que atinge a água no poço quando não há bombeamento;
- nível dinâmico: nível em que a água se estabiliza no poço, durante o bombeamento;
- profundidade de instalação da bomba: definida em função da posição prevista para o nível dinâmico, correspondente à vazão de bombeamento. Normalmente é localizada 10,00 metros abaixo do nível dinâmico;
- outros: condições de verticalidade e alinhamento do poço, características físico-químicas da água, características da energia elétrica disponível, distância do poço ao ponto de abastecimento (reservatório por exemplo) e desnível geométrico (figura 24).

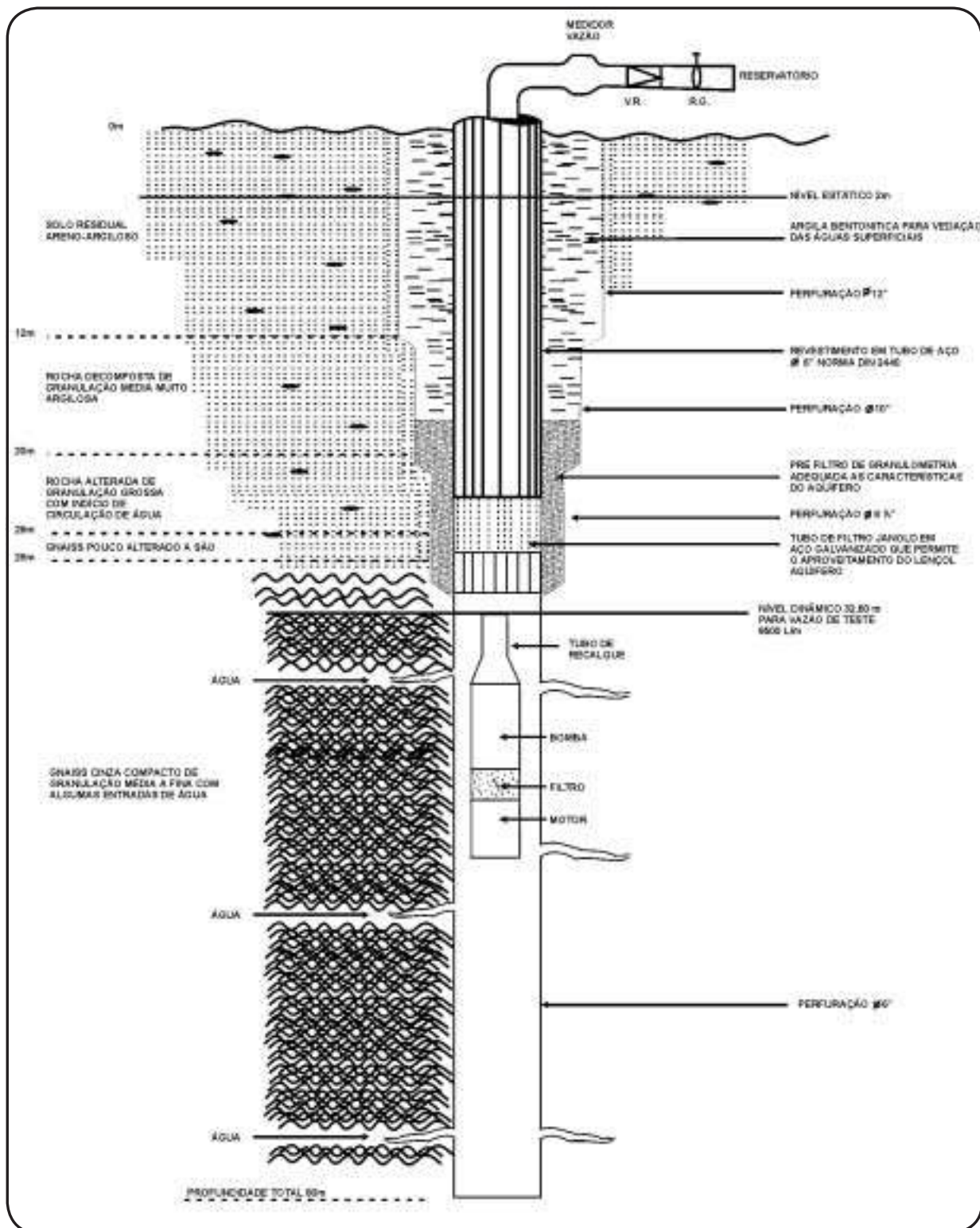
2.9.6. Captação de águas superficiais

A captação de águas superficiais depende de cuidados que devem ser levados em conta quando da elaboração do projeto. Qualquer tipo de captação deverá atender em qualidade e quantidade a demanda prevista da população futura no horizonte (alcance) do projeto.

A escolha das obras de captação deve ser antecedida da avaliação dos seguintes fatores:

- dados hidrológicos da bacia em estudo ou de bacias na mesma região;
- nível de água nos períodos de estiagem e enchente;
- qualidade da água;
- monitoramento da bacia, para localização de fontes poluidoras em potencial;
- distância do ponto de captação ao ponto de tratamento e distribuição;

Figura 24 — Perfil padrão de um poço tubular profundo em região de rochas cristalinas



Fonte: Bohnenberger, 1993.

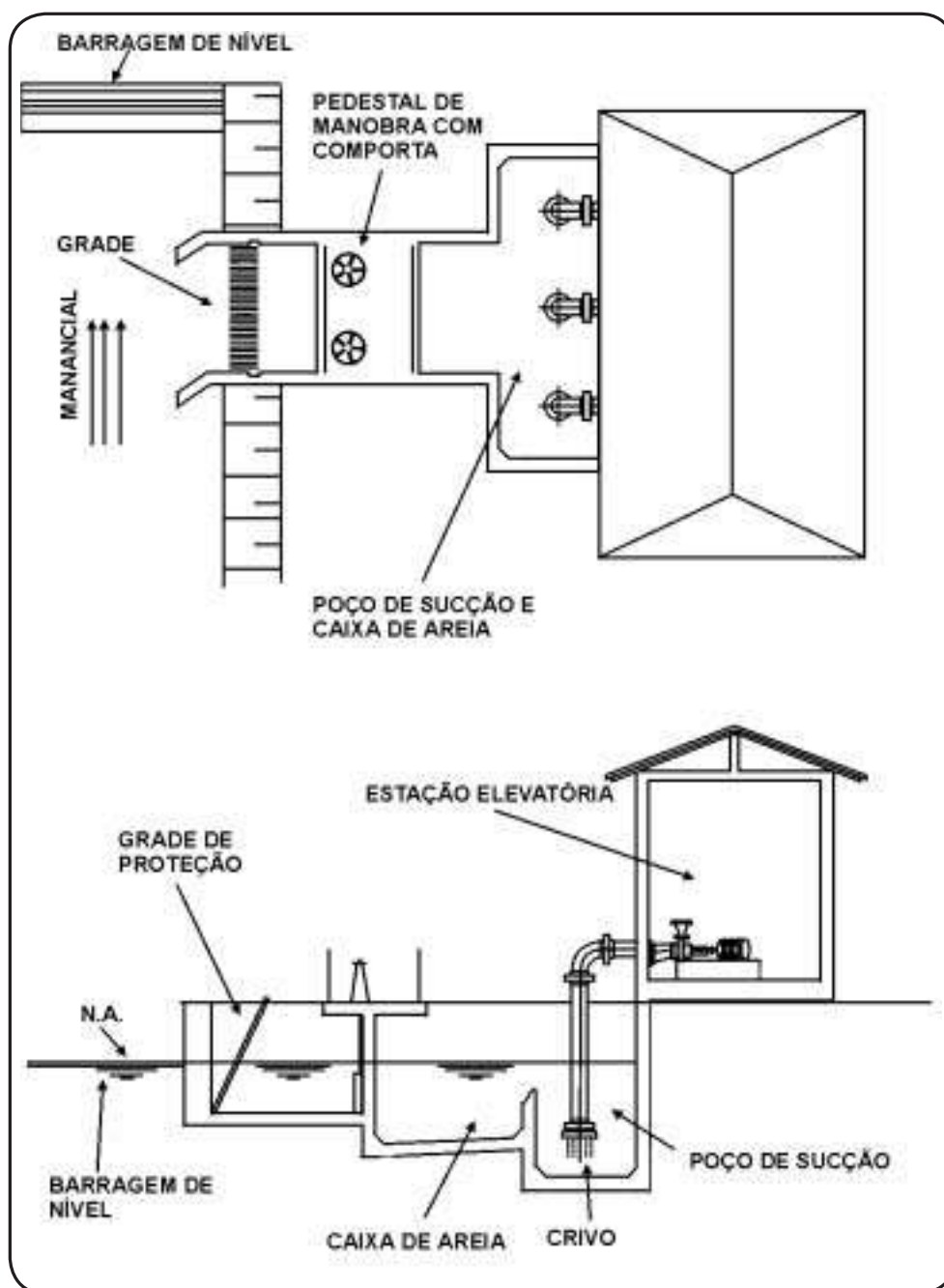
- desapropriações;
 - necessidade de elevatória;
 - fonte de energia;
 - facilidade de acesso.
- a) composição de uma captação:
- barragens ou vertedores para manutenção do nível ou para regularização da vazão;
 - órgãos de tomada d'água com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes;
 - dispositivos para controlar a entrada de água;
 - canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios;
 - poços de sucção e casa de bombas para alojar os conjuntos elevatórios, quando necessário.
- b) dispositivos encontrados na captação das águas superficiais:
- barragem de nível: são obras executadas em um rio ou córrego, ocupando toda a sua largura, com a finalidade de elevar o nível de água do manancial, acima de um mínimo conveniente e predeterminado;
 - grades: são dispositivos destinados a impedir a passagem de materiais flutuantes e em suspensão, bem como sólidos grosseiros, às partes subseqüentes do sistema;
 - caixas de areia: são dispositivos instalados nas captações destinados a remover da água as partículas por ela carregadas com diâmetro acima de um determinado valor.

Algumas soluções para tomada de água em manancial de superfície:

2.9.6.1. Tomada de água com barragem de nível

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

Figura 25 — Tomada de água com barragem de nível



Fonte: Adaptado Barros et al., 1995.

2.9.6.2. Tomada direta com proteção

2.9.6.3. Poço de tomada

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

Figura 26

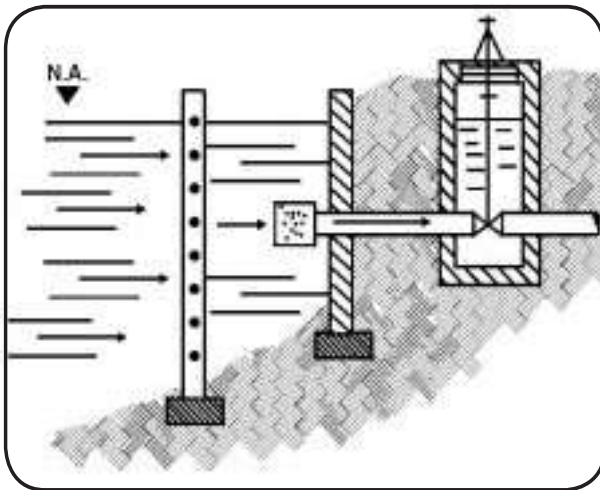


Figura 27

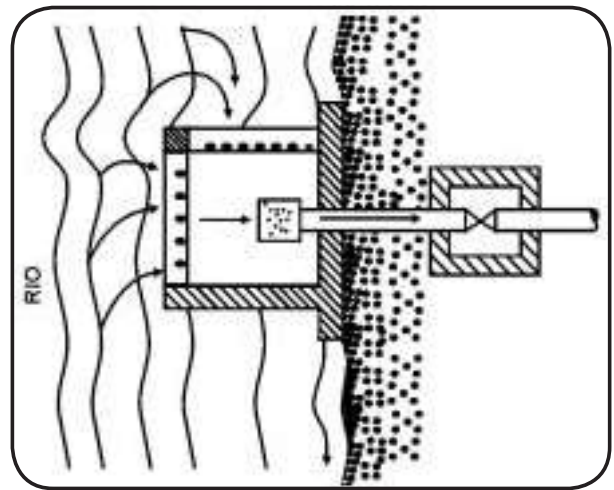


Figura 28

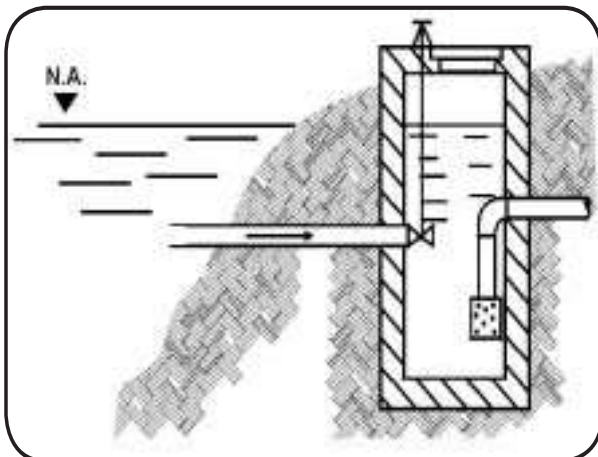
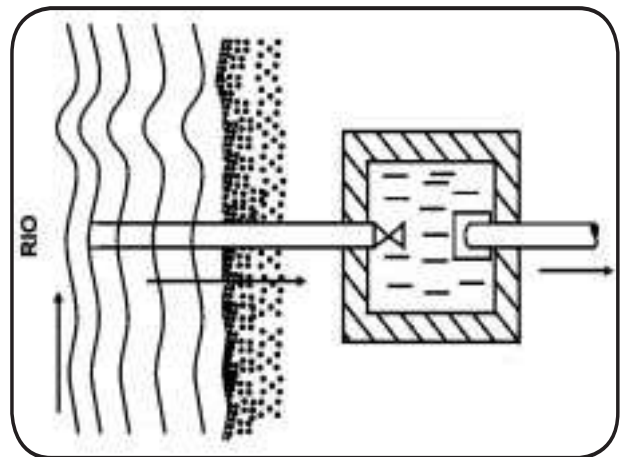


Figura 29



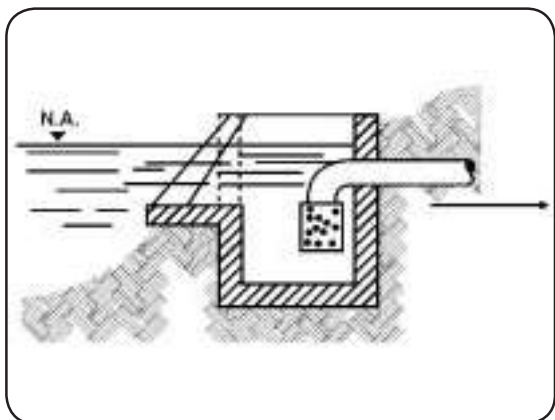
Fonte: Cetesb, 1981.

Fonte: Cetesb, 1981.

2.9.6.4. Canal de derivação

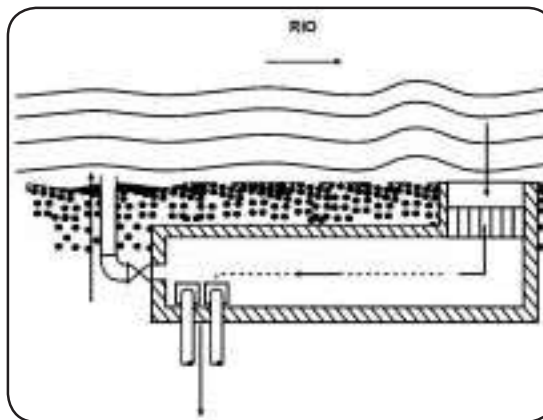
Consiste no desvio parcial das águas de um rio a fim de facilitar a tomada de água (figuras 30 e 31).

Figura 30



Fonte: Cetesb, 1981.

Figura 31

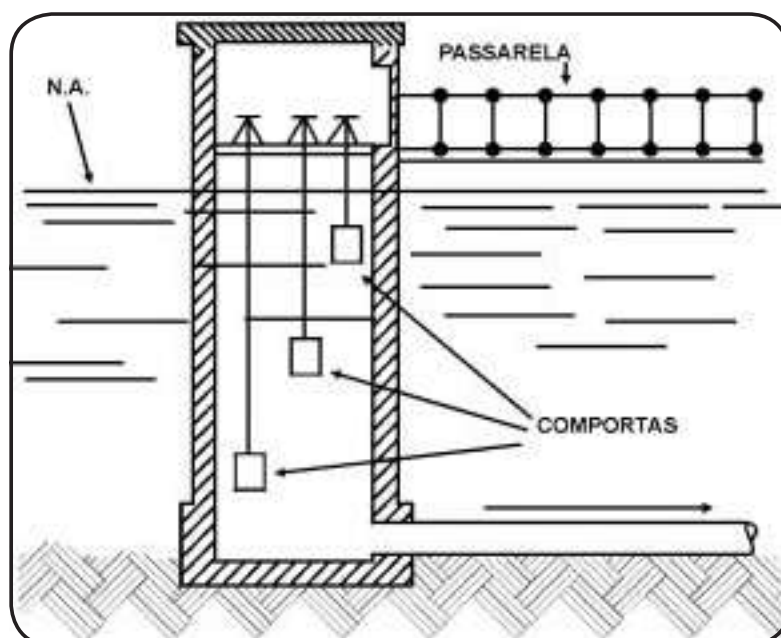


Fonte: Cetesb, 1981.

2.9.6.5. Torre de tomada

Utilizado para captação em represas e lagos. A torre de tomada fica sempre envolvida pela água sendo provida de várias comportas situadas em níveis diferentes. O ingresso da água ao interior da torre é feito por uma das comportas, permanecendo as demais fechadas. Este tipo de solução permite obter uma água de melhor qualidade. Não tão próxima à superfície onde há algas, nem do fundo onde existe lodo, ambos indesejáveis à captação pois dificultam o tratamento da água (figura 32).

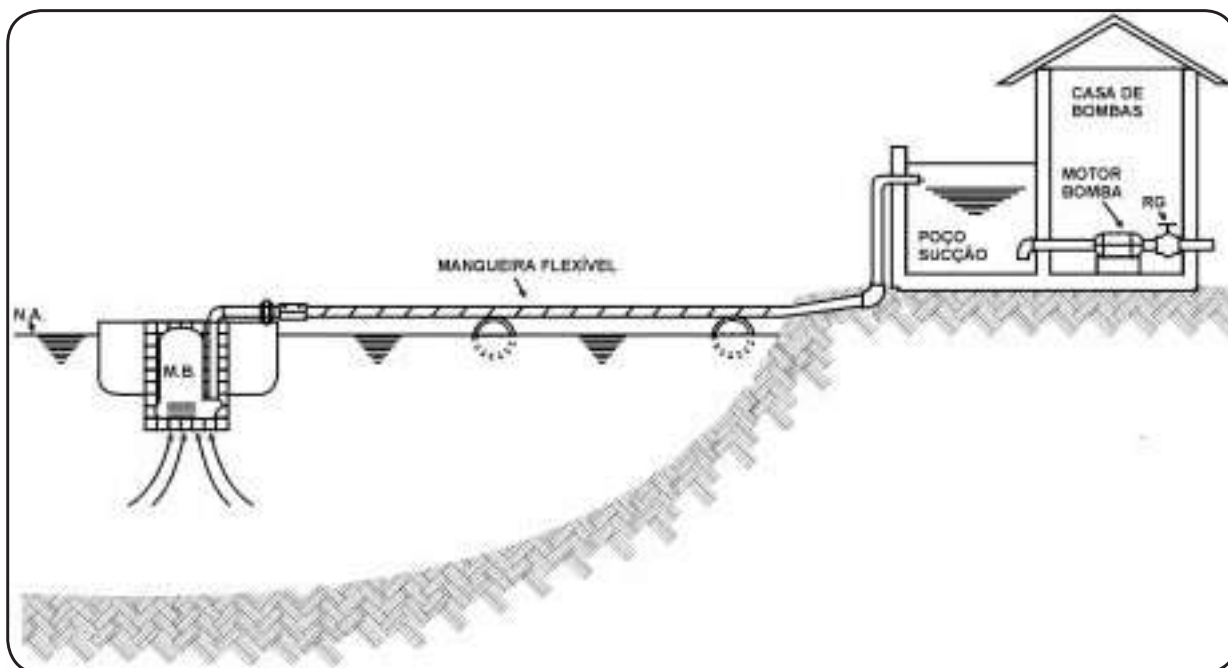
Figura 32 — Torre de tomada



2.9.6.6. Tomada de água flutuante

Esta é a solução ideal para a captação quando a Estação de Tratamento de Água está próxima ao manancial de modo a permitir um único recalque (figura 33).

Figura 33 — Esquema de tomada de água flutuante



Fonte: Bohnenberger, 1993.

2.10. Abastecimento público de água

Quando a densidade demográfica em uma comunidade aumenta, a solução mais econômica e definitiva é a implantação de um sistema público de abastecimento de água. Sob o ponto de vista sanitário, a solução coletiva é a mais indicada, por ser mais eficiente no controle dos mananciais, e da qualidade da água distribuída à população.

Não obstante, as soluções individuais para as áreas periféricas não devem ser desprezadas, pois serão úteis, salvarão muitas vidas e farão minorar muitos sofrimentos, enquanto se aguardam soluções gerais. Estas últimas envolvem grandes gastos e muitas vezes são morosas.

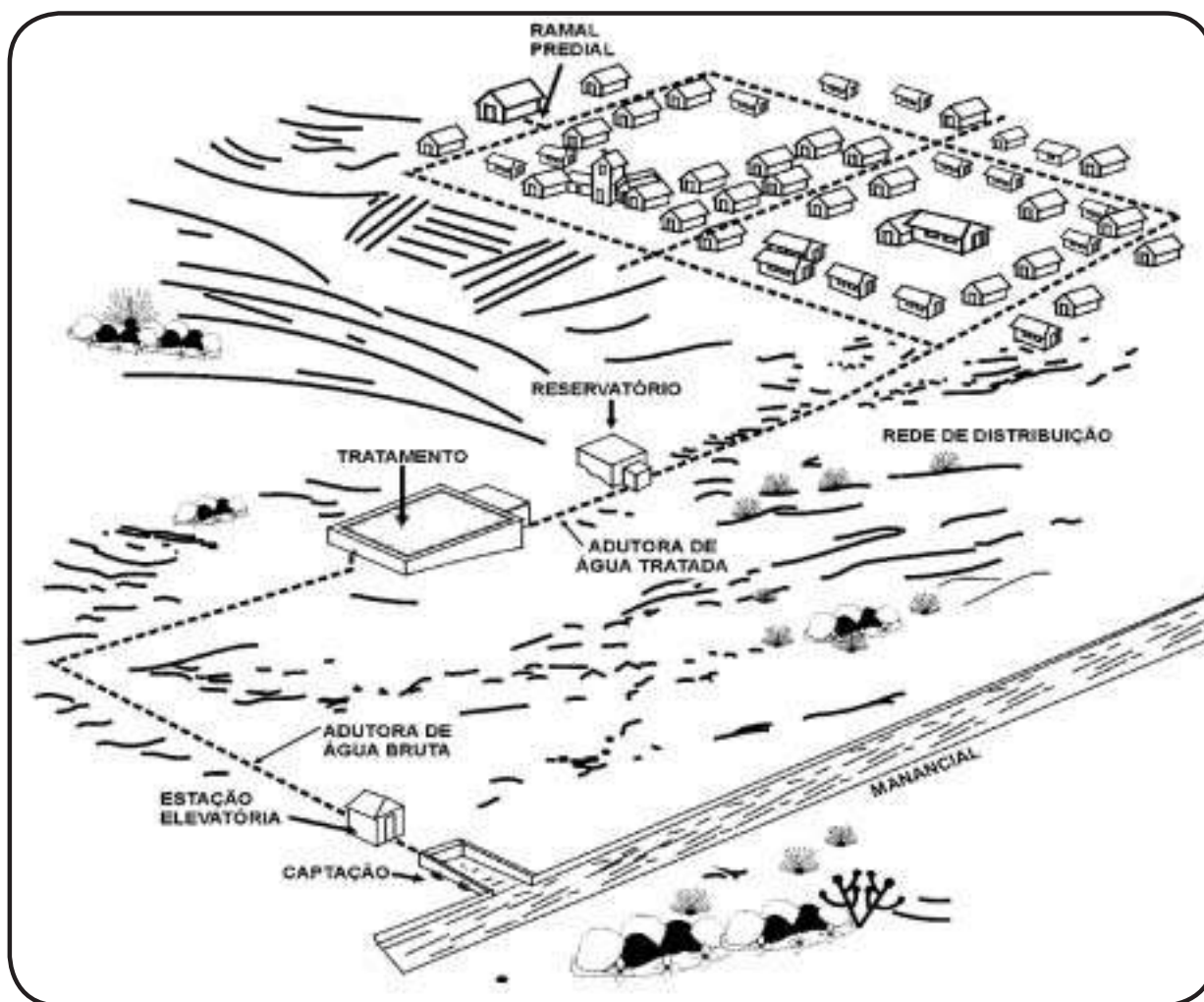
2.10.1. Partes constituintes do sistema público de abastecimento de água

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

- manancial;
- captação;

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

Figura 34 — Unidades de um sistema de abastecimento de água



2.10.1.1. Manancial abastecedor

É a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender à demanda. No caso da existência de mais de um manancial, a escolha é feita considerando-se não só a quantidade e a qualidade mas, também, o aspecto econômico.

Nem sempre o que custa inicialmente menos é o que convém, já que o custo maior pode implicar em custo de operação e manutenção menor.

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

Para que se possa fazer o cálculo do consumo provável, é necessário conhecer:

- população a ser abastecida:

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

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

2.10.1.2. Captação

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

Foto 1 - Tomada direta com barragem de nível



2.10.1.3. Adução

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

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

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

a) classificação das adutoras:

- de acordo com a natureza da água transportada:
 - adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento de Água;
 - adutora de água tratada: transporta a água da Estação de Tratamento de Água até os reservatórios de distribuição;
- de acordo com a energia utilizada para o escoamento da água:
 - adutora por gravidade: quando aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução;
 - adutora por recalque: quando utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto motobomba e acessórios);
 - mista: quando utiliza parte por recalque, e parte por gravidade;
- de acordo com o modo de escoamento:
 - adutora em conduto livre: mantém a superfície sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento, não funcionam a seção plena (totalmente cheios);
 - adutora em conduto forçado: a água ocupa a seção de escoamento por inteiro, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Permite à água movimentar-se, quer em sentido descendente por gravidade quer em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica;
- de acordo com a vazão de dimensionamento:
 - sistema com reservatório de distribuição;
- Adução contínua

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

- Adução Intermitente

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

*N = número de horas de funcionamento do sistema.

- a) Sistema sem reservatório de distribuição

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

Onde: Q = vazão a ser aduzida;

l/s = litros por segundo;

K1 = coeficiente do dia de maior consumo;

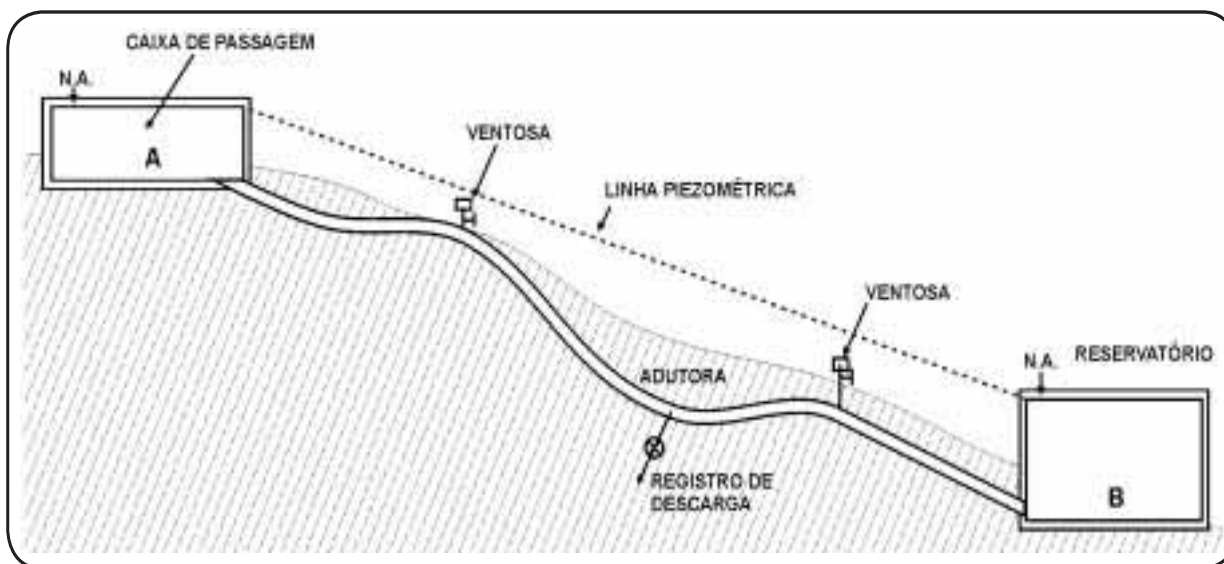
K2 = coeficiente da hora de maior consumo;

p = população de projeto;

l/dia = litros por dia;

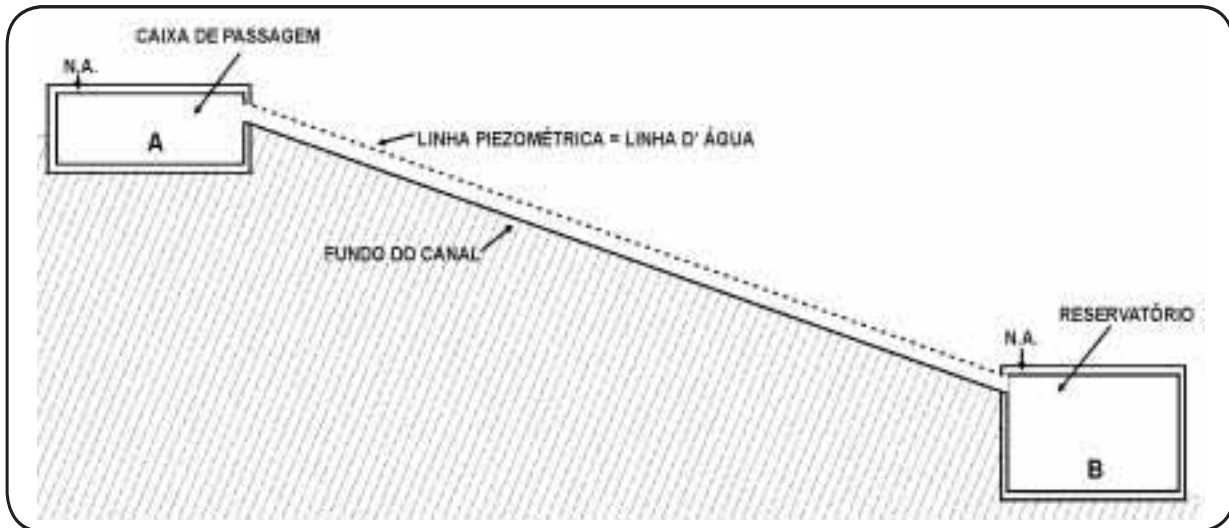
q = consumo per capita (l/hab.dia).

Figura 35 — Adutora por gravidade em conduto forçado



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

Figura 36 — Adutora por gravidade em conduto livre



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

Figura 37 — Adutora por gravidade em conduto forçado e livre

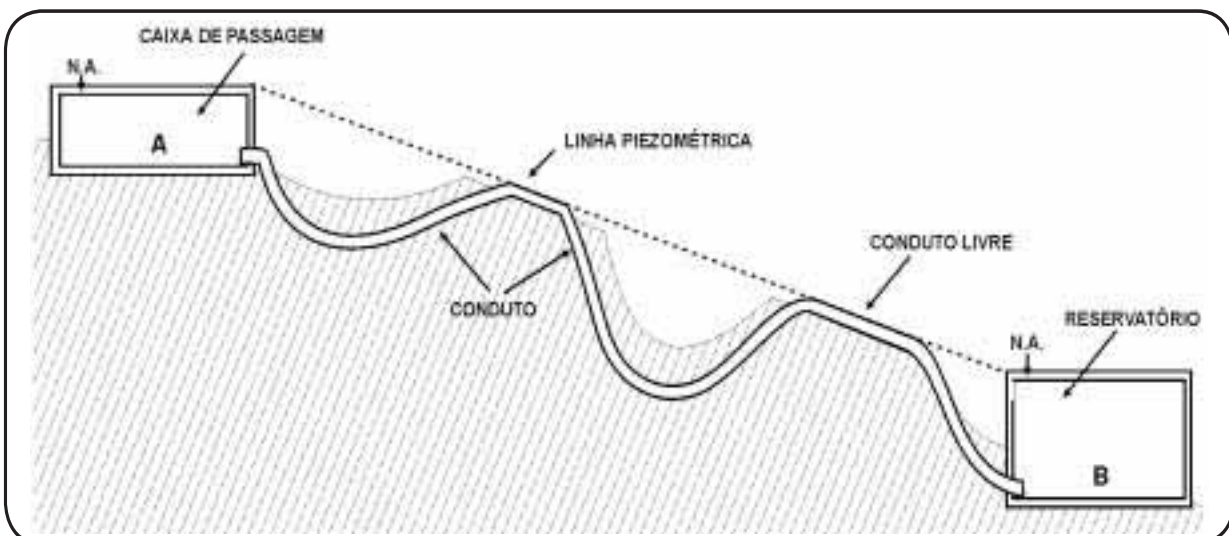
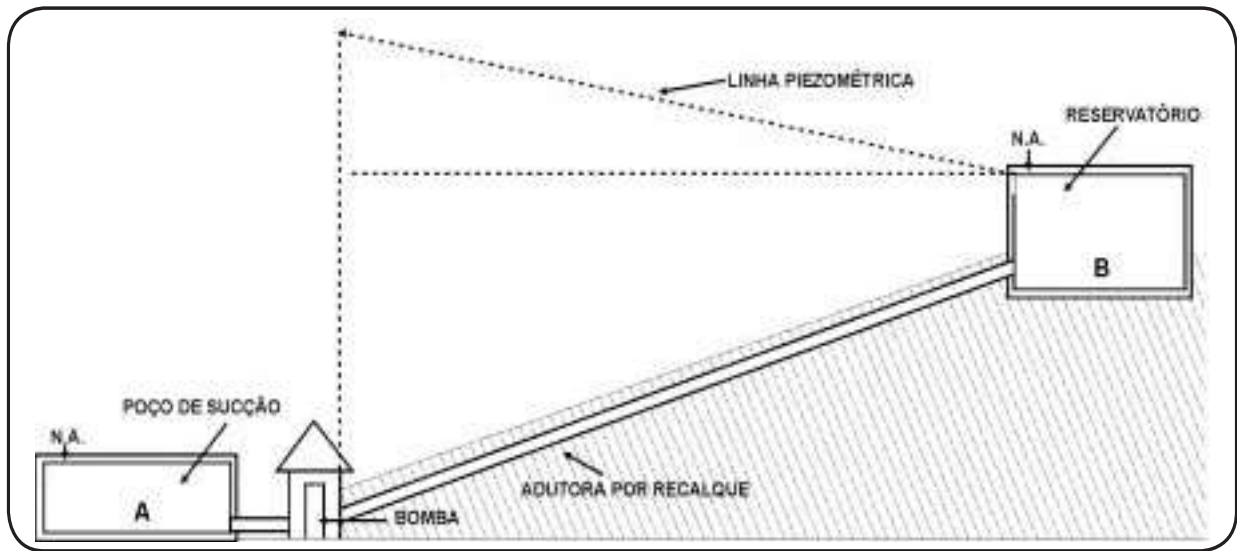


Figura 38 — Adutora por recalque



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

2.10.1.4. Tratamento

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

2.10.1.4.1. Tratamento da água

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

As águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, porque se apresentam com qualidades físicas e bacteriológicas impróprias, com exceção das águas de nascentes que, com uma simples proteção das cabeceiras e cloração, podem ser, muitas vezes, consumidas sem perigo.

As águas de grandes rios, embora não satisfazendo pelo seu aspecto físico, podem ser relativamente satisfatórias, sob os pontos de vista químico e bacteriológico, quando captadas ou colhidas em locais do rio menos sujeitos à contaminação.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente pela Resolução nº 20, de 16 de junho de 1986, classificou as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo seus usos preponderantes.

Portanto, a definição da necessidade ou do método de tratamento a ser implantado, deve obedecer à classificação das águas estabelecidas pela Resolução Conama nº 20 de 16.6.1986.

De modo geral, a qualidade das águas de superfície varia ao longo do tempo, de acordo com a época do ano e o regime das chuvas. A variação da qualidade da água dos grandes rios é mais lenta que a dos pequenos rios, cuja turbidez, por exemplo, pode variar entre largos limites e em curto espaço de tempo. Mesmo a qualidade da água de lagos artificiais ou de lagos naturais varia com o decorrer do tempo.

Nem toda água pode ser utilizada, por que cada método de tratamento tem eficiência limitada. Sendo a poluição muito alta, a água tratada poderá não ser ainda satisfatória. Assim, por exemplo, não é possível, nem prático, tratar água de esgotos por métodos convencionais, a ponto de torná-la potável.

2.10.1.4.2. Métodos de tratamentos

a) fervura

O método mais seguro de tratamento para a água de beber, em áreas desprovidas de outros recursos, é a fervura. Ferver a água para beber é um hábito que se deve infundir na população para ser adotado quando sua qualidade não merece confiança e em épocas de surtos epidêmicos ou de emergência.

A água fervida perde o ar nela dissolvido e, em consequência, torna-se de sabor desagradável. Para fazer desaparecer esse sabor, é necessário arejar a água.

b) sedimentação simples

A água tem grande poder de dissolver e de carrear substâncias.

O poder de carrear substâncias aumenta ou diminui com a velocidade da água em movimento. Diminuindo-se a velocidade da água, diminui-se seu poder de carrear substâncias, pois estas se depositam no fundo. Primeiro, decantam-se as partículas mais pesadas e, à medida que diminui a velocidade, as mais leves também se decantam. As partículas sólidas que se depositam arrastam consigo microorganismos presentes na água, melhorando sua qualidade. Obtém-se a sedimentação, fazendo passar ou reter a água em reservatórios, onde sua velocidade diminui.

A sedimentação pode ser conseguida em canais, se lhe aumentar a seção sem aumentar o volume da água. Isto em consequência de que:

$Q = SV$, onde:

$$V = \frac{Q}{S}$$

mantendo Q e aumentando S , diminui V ;

Sendo:

V = velocidade;

S = área da seção; e

Q = vazão.

Quando a água é captada em pequenas fontes superficiais, deve-se ter uma caixa de areia antes da tomada. A função dessa caixa é decantar a areia, protegendo a tubulação, as bombas, etc., contra a obstrução e o desgaste excessivo. Mesmo os filtros lentos devem ser protegidos por caixas de areia.

c) filtração lenta

É um método de tratamento da água, adotado principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam baixos teores de turbidez e cor (menor que 50UT).

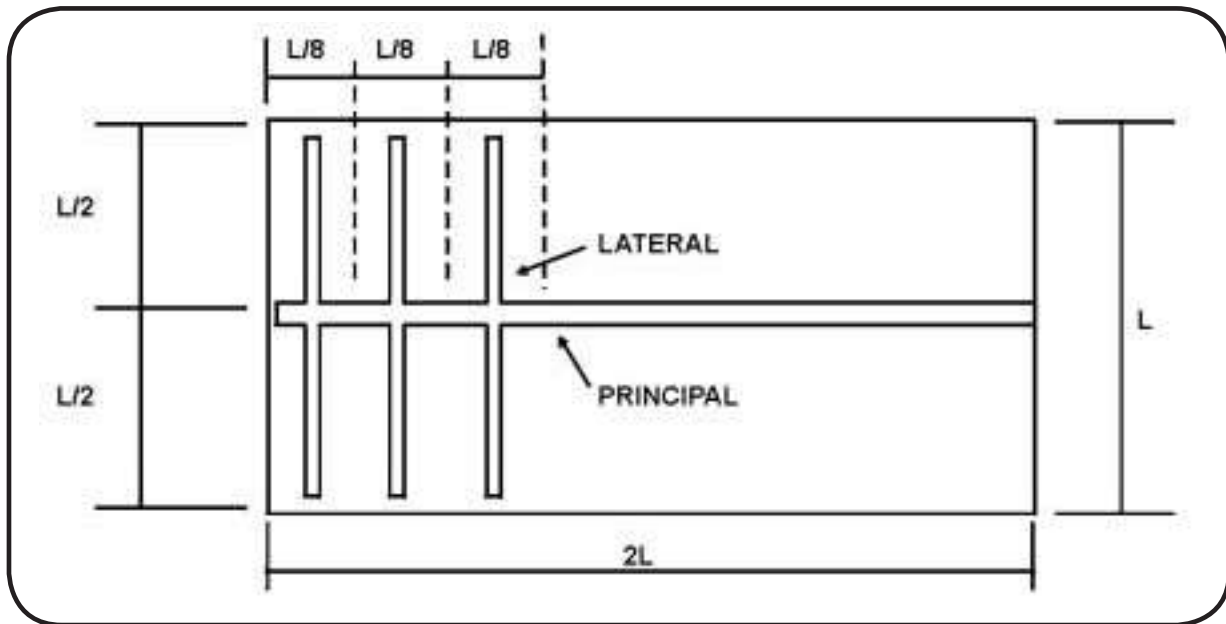
O processo consiste em fazer a água passar através de um meio granular com a finalidade de remover impurezas físicas, químicas e biológicas.

- mecanismos que atuam na filtração:
 - Ação mecânica de coar: retenção das partículas maiores nos interstícios existentes entre os grãos de areia:
 - sedimentação: reposição de partículas sobre a superfície dos grãos de areia;
 - ação Biológica: feita por uma camada gelatinosa (Schumtzdecke) formada pelo desenvolvimento de certas variedades de bactérias, que envolvem os grãos de areia na superfície do leito, que por adsorção retém microorganismos e partículas finamente divididas.
- aspectos construtivos:
 - taxa de filtração:
 - **Funasa:** 3m^3 a $5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$;
 - Arboleda: 6m^3 a $9\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$;
 - ABNT: não sendo possível determinar experimentalmente, a taxa de filtração a ser adaptada não deve ser superior a $6\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$.
 - sistema de drenagem:

Situado no fundo do filtro tem por objetivo coletar e conduzir para fora do filtro a água filtrada.

Constitui-se de um dreno principal, passando pelo centro do filtro, o qual recebe os drenos laterais (figura 39).

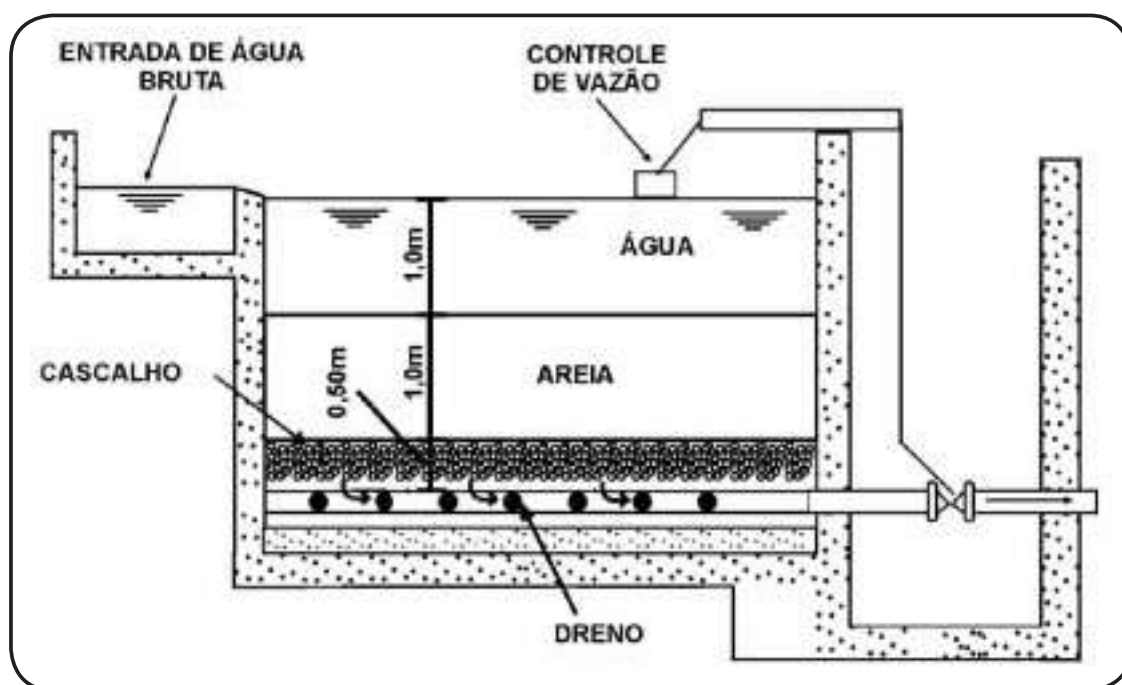
Figura 39 — Sistema de drenagem



Fonte: Cetesb, 1987.

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

Figura 40 — Corte do filtro lento detalhado



Fonte: Adaptado Barros 1995.

- aspectos operacionais

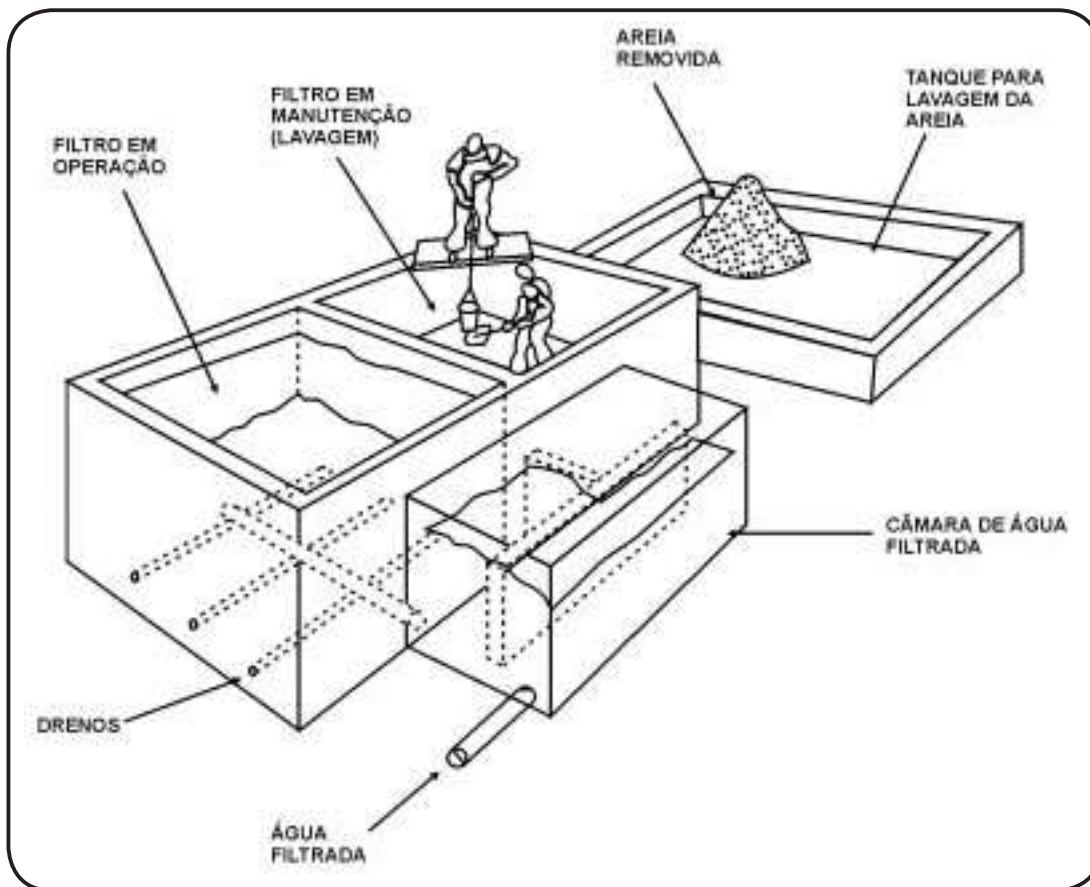
A entrada e saída da água nos filtros é controlada por meio de registros, devendo-se ter o cuidado de manter uma camada de água sobre a areia.

No início da filtração, com a areia ainda limpa, a formação da camada gelatinosa só se processará após alguns dias de operação. Portanto, durante este período, maiores cuidados deverão ser tomados quanto à desinfecção da água filtrada.

Com o prosseguimento da filtração, a camada superior da areia vai se sujando cada vez mais, diminuindo, em conseqüência, a vazão da água filtrada.

Quando esta vazão cai consideravelmente, deve-se proceder à limpeza do filtro. Faz-se a limpeza do filtro, removendo-se uma camada de dois a três centímetros da areia. Quando a camada de areia nos filtros atingir 0,70m de altura, recoloca-se a areia retirada, depois de totalmente lavada (figura 41).

Figura 41 — Limpeza do filtro lento



Fonte: Vianna, 1992.

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

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

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

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

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

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

Diâmetro dos drenos, em polegadas	Taxa de filtração 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

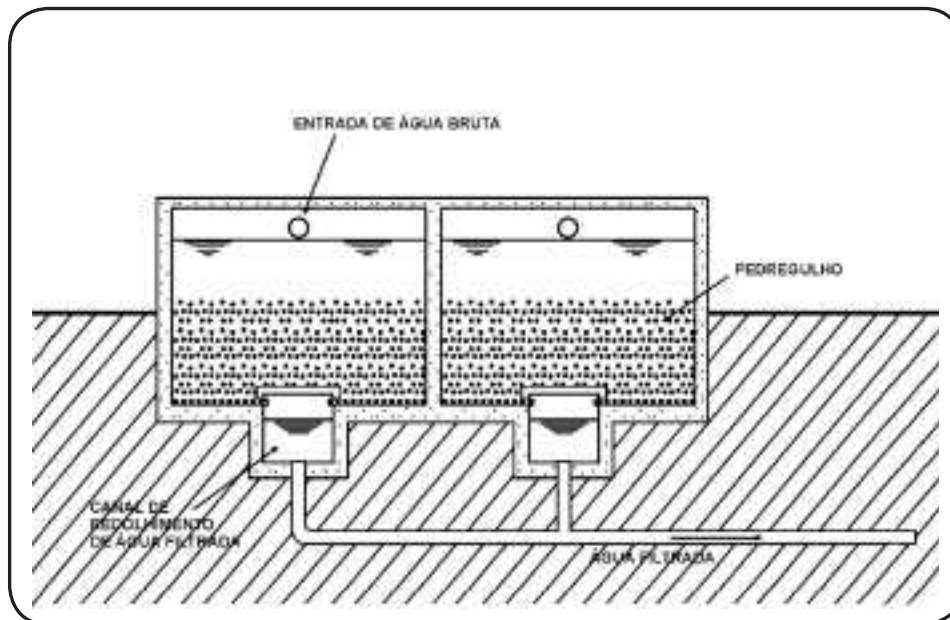
Em alguns sistemas utiliza-se como pré-tratamento para a filtração lenta o pré-filtro (figura 42) que elimina algumas impurezas, especialmente sólidas, e remove parte da carga bacteriológica da água bruta, onde parte dos organismos são removidos conjuntamente com os sólidos.

São localizados normalmente junto às captações.

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

- pré-filtro de fluxo horizontal;
- pré-filtro de fluxo vertical descendente;
- pré-filtro de fluxo vertical ascendente.
- tratamento convencional com coagulação, floculação, decantação e filtração rápida (figura 43).

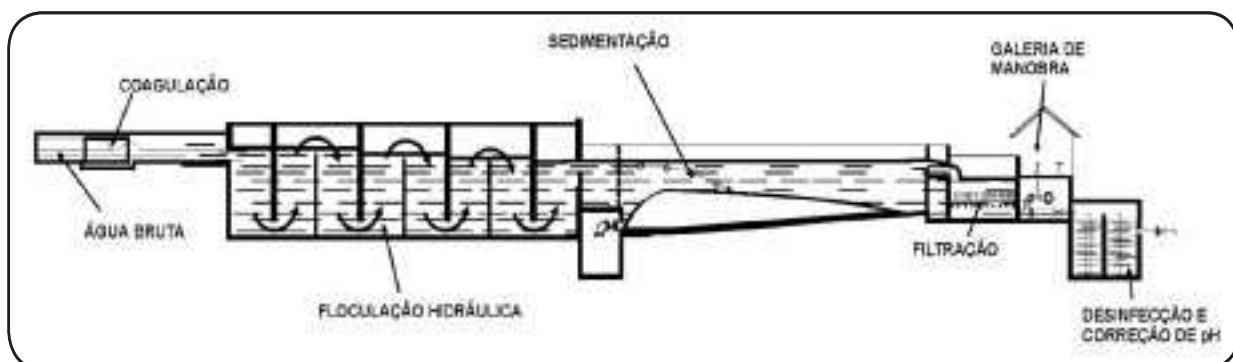
Figura 42 — Corte de um pré-filtro



Fonte: Barros, et al., 1995.

As águas que possuem partículas finamente divididas em suspensão e partículas coloidais, necessitam de um tratamento químico capaz de propiciar sua deposição, com um baixo período de detenção. Este tratamento é realizado provocando-se a coagulação, sendo geralmente empregado o sulfato de alumínio ou o sulfato ferroso. O sulfato de alumínio normalmente é o produto mais utilizado, tanto pelas suas propriedades, como pelo seu menor custo (figura 43).

Figura 43 — Seqüência do tratamento clássico ou convencional

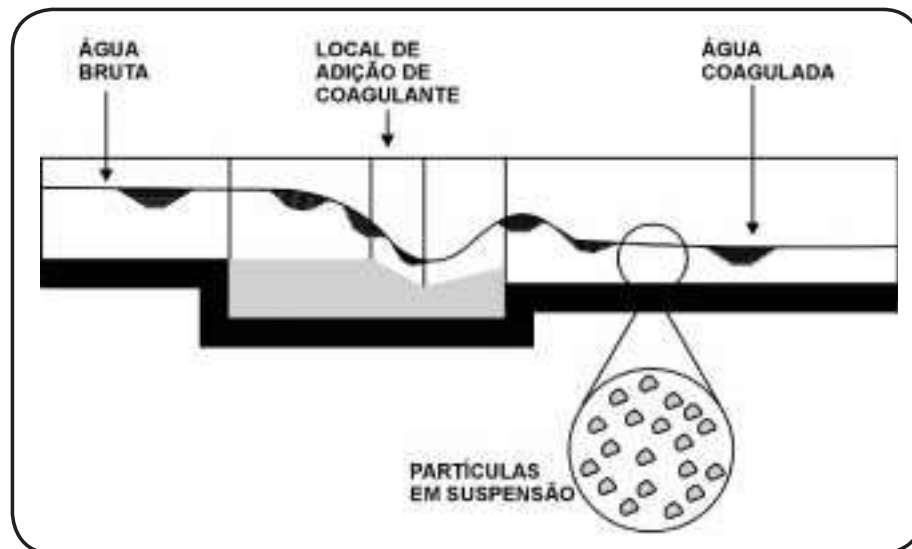


Fonte: Barros et al., 1995.

- tratamento utilizando coagulante
 - mistura rápida

Geralmente é feita no medidor Parshall, ou também por um vertedor. Este ponto é muito bom para adição dos compostos químicos, em função da turbulência da água nesse local (figura 44).

Figura 44 — Coagulação



Fonte: Barros et al., 1995.

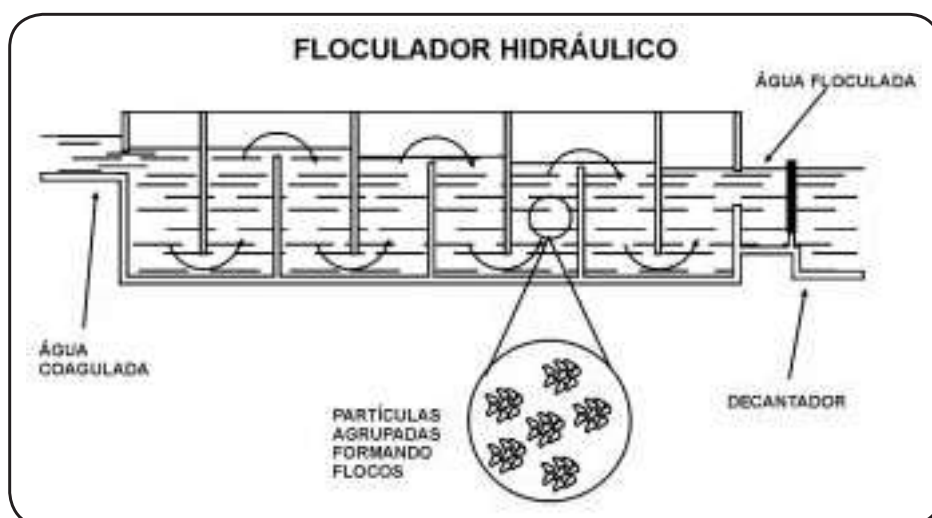
- mistura lenta ou floculação

Os compostos químicos já completamente misturados anteriormente, vão reagir com a alcalinidade da água, ou se esta não é suficiente, com a cal adicionada, formando compostos que tenham propriedades de adsorção, isto é, aqueles cujas partículas sejam carregadas eletricamente na sua superfície, e que possam, assim, atrair cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas flocos e tem cargas elétricas superficiais positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, tem carga elétrica negativa, sendo, assim, retidas por aqueles flocos.

Isto significa, que a fase de limpeza em um tratamento d'água, se processa no floculador, e esta parte deve ser bem conduzida, pois é da boa formação dos flocos, que devem ser do tamanho de uma cabeça de alfinete, que dependerá o consumo dos agentes floculadores chamados coagulantes e, também, a eficiência e melhores condições de funcionamento das outras partes.

A água deve ter ao longo dos canais, uma velocidade bem dimensionada, pois se for abaixo de um mínimo (10cm/seg), o floco depositará, e se for muito alta, poderá "quebrar" o floco, o que irá prejudicar bastante as condições nas fases subseqüentes (geralmente acima de 30cm/seg) (figura 45).

Figura 45 — Floculação



Fonte: Barros et al., 1995.

- decantação ou sedimentação

Os flocos do coagulante que já clarificaram a água pelos processos ocorridos no floculador, irão, nessa nova fase, ser removidos da água por sedimentação. Podem ser decantadores convencionais (baixa taxa) e decantadores com escoamento laminar (elementos tubulares ou de placas) denominados decantadores de alta taxa.

O decantador convencional é um tanque de forma geralmente retangular ou circular, cujo fundo é muitas vezes inclinado para um ou mais pontos de descarga (figura 46).

A saída da água é feita junto à superfície, e comumente por calhas dispostas, formando desenhos diversos e sobre cujos bordos superiores a água flui, constituindo esses bordos autênticos vertedouros.

As dimensões do decantador são determinadas de maneira que:

- o tempo de decantação seja geralmente em torno de duas a três horas.
- nos decantadores retangulares, o comprimento seja mais ou menos três vezes a largura.
- a profundidade seja de um mínimo de 2,5 metros e de um máximo de 5,50m. Depósitos de lodo são geralmente previstos no fundo dos decantadores, sendo o volume deles adicionado àquele necessário para obter o período de detenção.

O dispositivo comumente usado para dispersar melhor a água na entrada do decantador, é chamado cortina de distribuição, na qual são abertos orifícios acima do primeiro terço, a partir do fundo, geralmente em três fileiras, favorecendo, assim, a melhor distribuição do líquido.

A função do decantador, em um tratamento de água, ou de águas residuais, é como dissemos, o de permitir que os flocos que já clarificaram a água se sedimentem.

Comuns na operação de decantadores são os termos: Vazão por Unidade de Superfície e Velocidade Transversal de Escoamento.

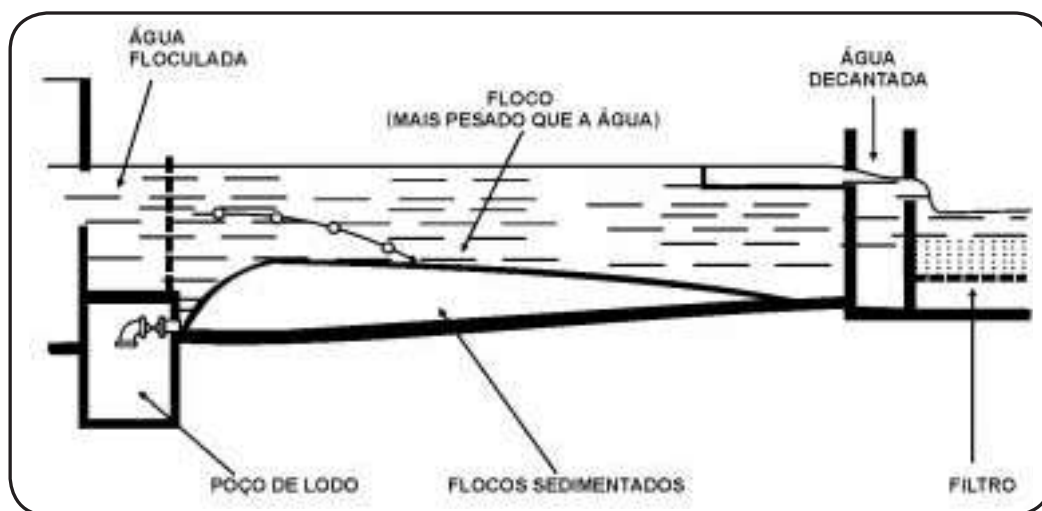
- vazão por unidade de superfície: é o volume de água tratada por dia, dividido pela área de superfície do decantador.
 - vazão de escoamento: é a vazão, em m^3/seg , dividida pela área de escoamento, isto é, pelo produto da largura pela altura útil.
- limpeza dos decantadores

Deve ser feita periodicamente, dependendo da regularidade da natureza da água, da quantidade de coagulante gasto, e da estação do ano, pois na época das chuvas ela deve ser bem mais freqüente.

Nos sistemas em que a limpeza não é mecanizada ou automática, ela é feita esvaziando-se o decantador e removendo-se a sujeira com jato de água, de preferência tendo bastante pressão.

A falta de uma limpeza periódica faz com que o período de detenção se torne menor, prejudicando as condições de operação, e faz com que o lodo do fundo se decomponha, conferindo sabor desagradável à água.

Figura 46 — Sedimentação (Tanque de Sedimentação Decantador)



Fonte: Barros et al., 1995.

- filtração

A grande maioria das partículas ficam retidas no decantador, porém, uma parte ainda persiste em suspensão, no seio da água; desta forma, o líquido é feito passar através de uma camada filtrante, constituída por um leito arenoso, de granulometria especificada, suportada por uma camada de cascalho.

A água filtrada, numa operação bem conduzida, é límpida. A remoção de bactérias neste estágio já é, no mínimo, igual a 90% . Fator influente na velocidade de filtração, é a

granulometria da areia, isto é, o tamanho de seus grãos. De acordo com essa granulometria, a filtração pode ser lenta ou rápida.

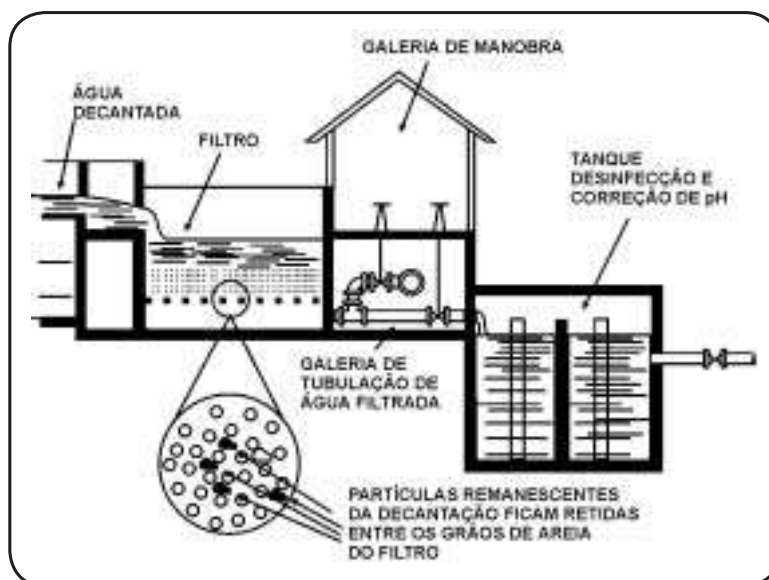
Com relação à filtração rápida, os filtros podem ser de camada simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente (figura 47) sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples.

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

- que a taxa de filtração e as características granulométricas dos materiais filtrantes sejam determinados com base em ensaios em filtro piloto;
- quando os ensaios não puderem ser realizados, a norma estabelece:
 - taxas máximas de filtração
 - para filtro de camada simples: $180\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$;
 - para filtro de camada dupla: $360\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

Observação: Em caso de filtros de fluxo ascendente, a taxa de filtração deve ser de $120\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

Figura 47 — Filtração rápida descendente



Fonte: Barros et al., 1995.

- camadas filtrantes

A camada filtrante simples deve ser constituída de areia, com espessura mínima de 45cm, tamanho efetivo de 0,45mm a 0,55mm e coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6 (figura 48).

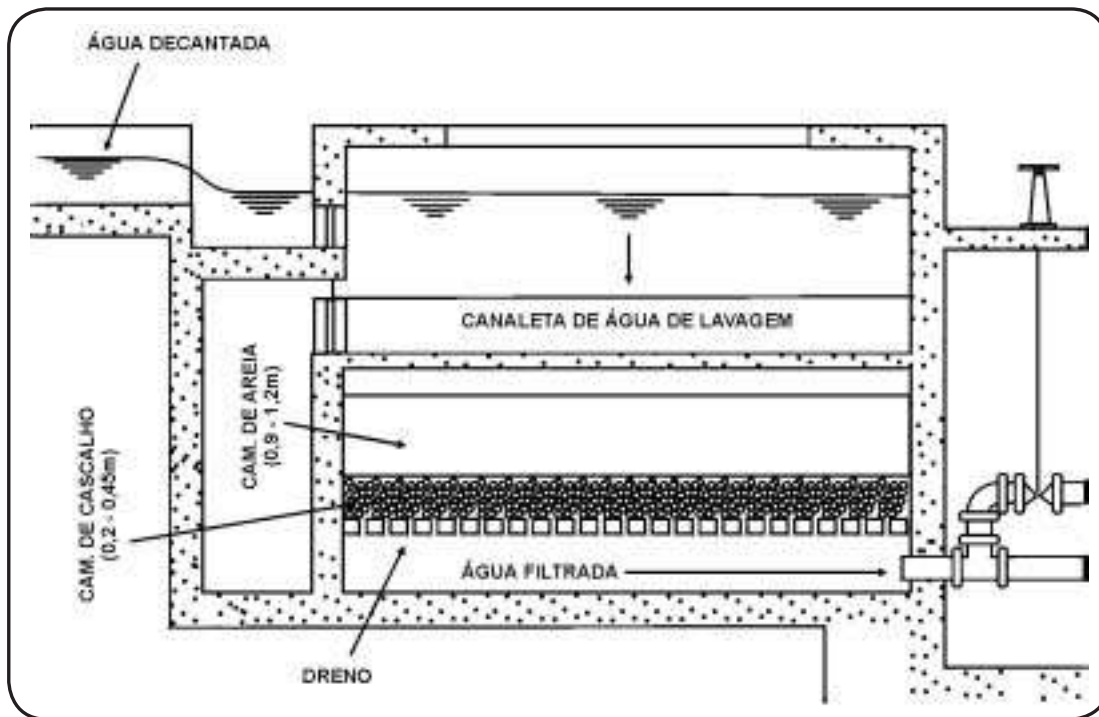
Nota: Em caso de filtro de fluxo ascendente, pode-se utilizar camada filtrante com espessura mínima de 2,0m tamanho efetivo de 0,7mm a 0,8mm e coeficiente de uniformidade inferior ou igual a 2.

A camada filtrante dupla deve ser constituída de camadas sobrepostas de areia e antracito, utilizando a especificação básica seguinte:

- areia:
 - espessura mínima de camada, 25cm;
 - tamanho efetivo, de 0,40mm a 0,45mm;
 - coeficientes de uniformidade, de 1,4 a 1,6.
- antracito:
 - espessura mínima de camada, 45cm;
 - tamanho efetivo, de 0,8mm a 1,0mm;
 - coeficiente de uniformidade, inferior ou igual a 1,4.
- a camada suporte deve ser constituída de seixos rolados, com as seguintes características:
 - espessura mínima igual ou superior a duas vezes a distância entre os bocais do fundo do filtro, porém não inferior a 25cm;
 - material distribuído em estratos com granulometria decrescente no sentido ascendente, espessura de cada estrato igual ou superior a duas vezes e meia a dimensão característica dos seixos maiores que o constituem, não inferior, porém, a 5cm;
 - cada estrato deve ser formado por seixos de tamanho máximo superior ou igual ao dobro do tamanho dos menores;
 - os seixos maiores de um estrato devem ser iguais ou inferiores aos menores do estrato situado imediatamente abaixo;
 - estrato situado diretamente sobre os bocais deve ser constituído de material cujos seixos menores tenham o tamanho pelo menos igual ao dobro dos orifícios dos bocais e dimensão mínima de 1cm;
 - estrato em contato direto com a camada filtrante deve ter material de tamanho mínimo igual ou inferior ao tamanho máximo do material da camada filtrante adjacente.
- o fundo do filtro deve ter características geométricas e hidráulicas que garantam a distribuição uniforme da água de lavagem.
 - nos filtros rápidos clássicos, a água filtrada é recolhida por um sistema de drenos ou bocais e levada à câmara de contato, onde é 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.

Figura 48 — Corte de filtro rápido descendente



Fonte: Barros et al., 1995.

**Foto 2 — Estação de tratamento de água convencional — capacidade 5l/s
São Pedro do Avai - Manhuaçu/MG**



e) aeração

A água retirada de poços, fontes ou regiões profundas de grandes represas, pode ter ferro e outros elementos dissolvidos, ou ainda ter perdido o oxigênio em contato com as camadas que atravessou e, em consequência, seu gosto é desagradável. Torna-se necessário, portanto, arejá-la para que melhore sua qualidade.

A aeração é também usada para a melhoria da qualidade biológica da água e como parte de tratamentos mais completos.

Para as pequenas instalações, a aeração pode ser feita no próprio reservatório de água; basta que este seja bem ventilado e que, ao passar para o reservatório, a água seja forçada a uma queda livre.

- métodos de aeração

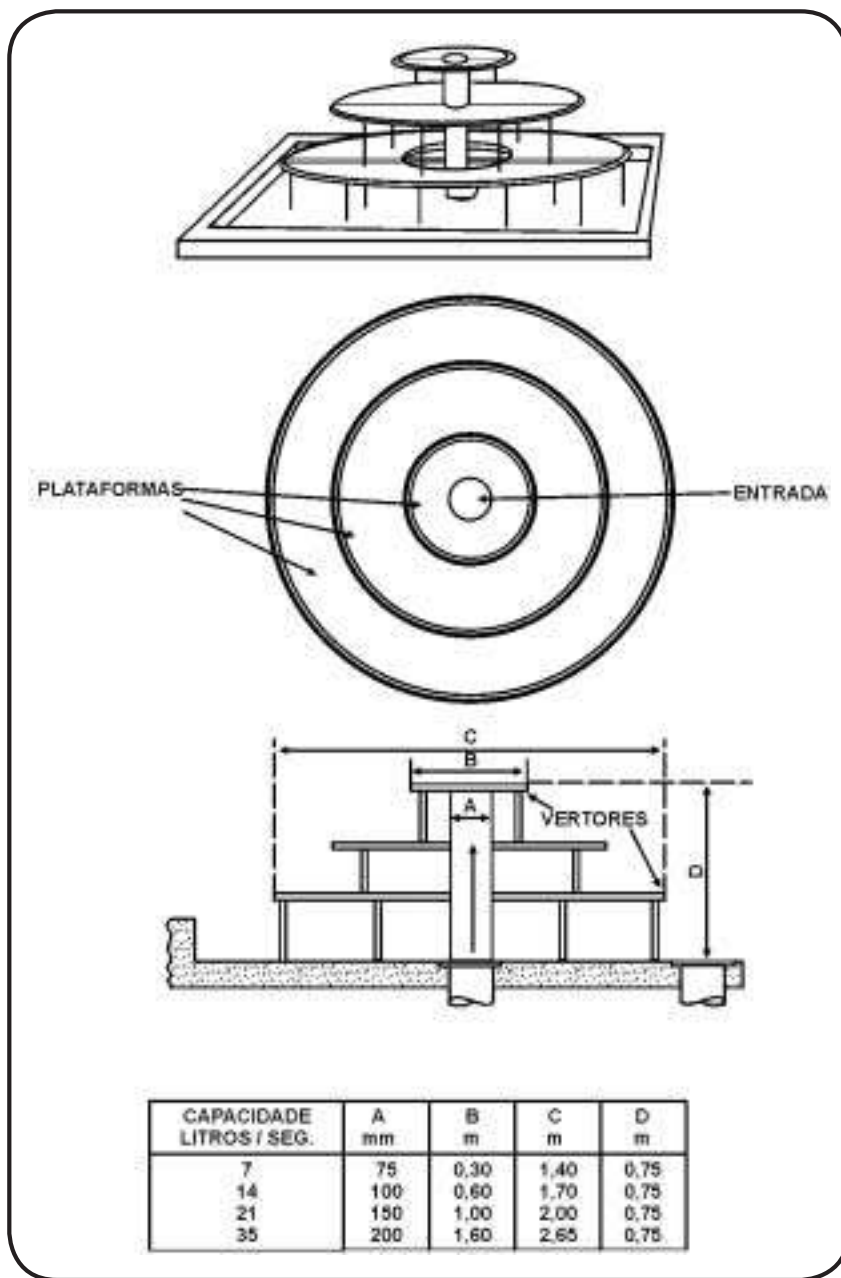
A aeração pode ser obtida, provocando a queda da água sobre bandejas ou tabuleiros, nas quais exista cascalho ou pedra britada. A água sai de uma fonte no topo do conjunto de bandejas e as atravessa sucessivamente até ser recolhida na mais baixa (figura 50).

Pode dar-se ainda pelo sistema de cascatas, fazendo a água tombar sucessivamente sobre diversos degraus (figura 49).

Pode ser obtida, levando-a a sair de bocais sob a forma de jato, recebendo oxigênio quando em contato com o ar.

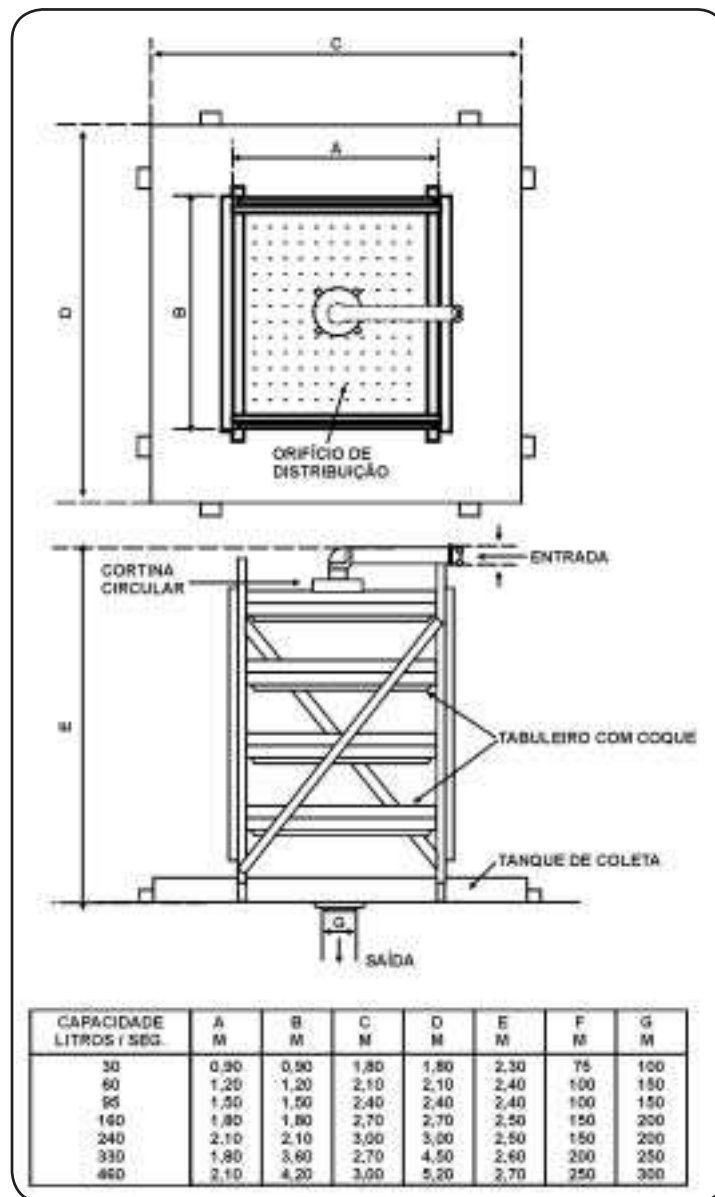
E finalmente, a aeração também pode ser feita pelos aeradores por borbulhamento que consistem, geralmente, de tanques retangulares, nos quais se instalam tubos perfurados, placas ou tubos porosos difusores que servem para distribuir ar em forma de pequenas bolhas. Essas bolhas tendem a flutuar e escapar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

Figura 49 — Aerador de cascata



Fonte: Cetesb, 1987.

Figura 50 — Aerador de tabuleiros ou bandejas



Fonte: Cetesb, 1987.

f) correção da dureza

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

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

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

A água dura tem uma série de inconvenientes:

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

Para a remoção de dureza da água, usam-se os processos da cal-solda, dos zeólitos e mais recentemente a osmose inversa. Os 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 à de um filtro rápido de pressão (filtro rápido encerrado em um recipiente de aço, onde a água entra e sai sob pressão).

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

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

g) remoção de ferro

A água que passa por camadas ferruginosas, na falta de oxigênio suficiente, dissolve sais de ferro sob forma de sais ferrosos. Quando por exemplo, retirada de um poço, essa água apresenta o inconveniente de manchar roupa e pias, e de corroer as tubulações.

O processo utilizado para a remoção do ferro depende da forma como as impurezas de ferro se apresentam.

Para águas limpas que prescindem de tratamento químico, como as águas de poços, fontes, galerias de infiltração, contendo bicarbonato ferroso dissolvido (na ausência de oxigênio), utiliza-se a simples aeração.

Se o ferro estiver presente junto com a matéria orgânica, as águas, em geral, não dispensarão o tratamento completo com aeração inicial (aeração, coagulação, floculação, decantação e filtração).

h) correção de acidez excessiva

É obtida pelo aumento do pH, com a adição de cal ou carbonatos.

Na prática rural, consegue-se a remoção fazendo-se a água passar por um leito de pedra calcária.

i) remoção de odor e sabor desagradáveis

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

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

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

j) desinfecção

Desinfetar uma água significa eliminar os microorganismos patogênicos presentes na mesma.

Tecnicamente, aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas, a fim de garantir seu aspecto bacteriológico. É o caso das águas de vertentes ou nascentes, águas de fontes ou de poços protegidos, que se encontrem enquadradas na classe Especial da Resolução Conama nº 20 de 18.6.1986.

Na prática, a simples desinfecção, sem outro tratamento, é aplicada muito freqüentemente.

A água para o consumo humano proveniente de poço, cacimba, fonte, carro-pipa, riacho, açude, etc., deverá ser clorada no local utilizado para armazenamento (reservatório, tanque, pote, filtro, jarra, etc.) utilizando-se hipoclorito de sódio a 2,5% nas seguintes dosagens:

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

Adaptada do Manual Integrado de Prevenção e Controle da Cólera, 1994.

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

Em épocas de surtos epidêmicos a água de abastecimento público deve ter a dosagem de desinfectante aumentada. Em casos de emergências deve-se garantir, por todos os meios, a água de bebida, sendo que a desinfecção, em alguns casos, é mais prática que a fervura.

A desinfecção é também aplicada à água após seu tratamento, para eliminar microorganismos patogênicos porventura presentes.

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

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

- eliminar odores e sabores;
- diminuir a intensidade da cor;
- auxiliar no combate à proliferação de algas; (eliminar toda a linha)
- colaborar na eliminação de matérias orgânicas;
- auxiliar a coagulação de matérias orgânicas.

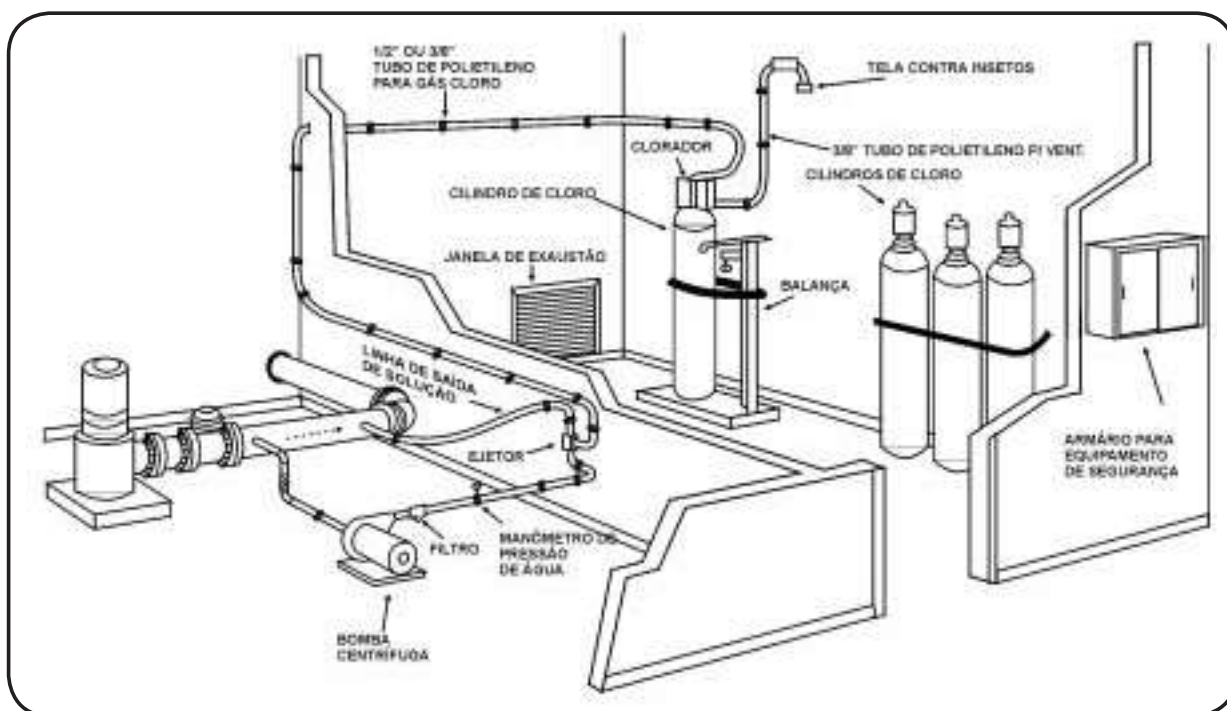
O cloro é o desinfectante mais empregado e é considerado bom, porque:

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

O cloro é aplicado na água por meio de dosadores, que são aparelhos que regulam a quantidade do produto a ser ministrado, dando-lhe vazão constante.

Pode ser aplicado sob a forma gasosa. Nesse caso, usam-se dosadores de diversos tipos. O acondicionamento do cloro gasoso é feito em cilindros de aço, com várias capacidades de armazenamento (figura 51).

Figura 51 — Instalação típica de cloro gasoso



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

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

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

Principais Compostos e Produtos de Cloro Usados para a Desinfecção de Água						
Nome do Composto	Fórmula Química	% Cloro Disponível	Características	Embalagem	Prazo de Validade	Nome Comercial
Hipoclorito de Sódio	NaOCl	10% — 15%	Solução aquosa, alcalina, de cor amarelada, límpida e de odor característico.	Recipientes opacos de materiais 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 68Kg e horizontais de 940Kg.		Cloro Gasoso.
Cal Clorada	CaOCl	35% — 37%	Pó branco.	Embalagens de 1 a 50 quilogramas. Sacos de polipropileno. Manter em local seco e ao abrigo da luz.	Pouco estável. Perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês.	Cloreto de Cal.
Água Sanitária	Solução aquosa à 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.

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

- fluoretação das águas

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

As aplicações no abastecimento de água fazem-se por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio, o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico.

Os sistemas públicos de abastecimento de água fluoretada deverão obedecer os seguintes requisitos mínimos:

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

A concentração de íon fluoreto varia, em função da média das temperaturas máximas diárias, observadas durante um período mínimo de um ano (recomenda-se cinco anos). A concentração ótima situa-se em torno de 1,0mg/l.

Após 10 a 15 anos de aplicação do flúor na água, para cada criança é efetuado um levantamento dos dentes cariados, perdidos e obturados, denominado índice **cpo**, para avaliação da redução de incidência de cáries.

A extinta Fundação Sesp foi a primeira entidade a aplicar a fluoretação de água no Brasil e também foi a pioneira na aplicação da fluorita, sal encontrado no nosso país e de uso fácil onde já existe tratamento de água com sulfato de alumínio.

Foto 3 — Cone de saturação



- estações compactas

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

- vantagens da instalação de estações compactas:
 - redução nos prazos de implantação do sistema;
 - possibilidade de deslocamento da Estação para atender a outros sistemas.
- materiais utilizados na fabricação:
 - normalmente são confeccionadas em chapas de aço com proteção e fibra de vidro.

Foto 4 — ETA compacta com casa de química



- dessalinizadores de água

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

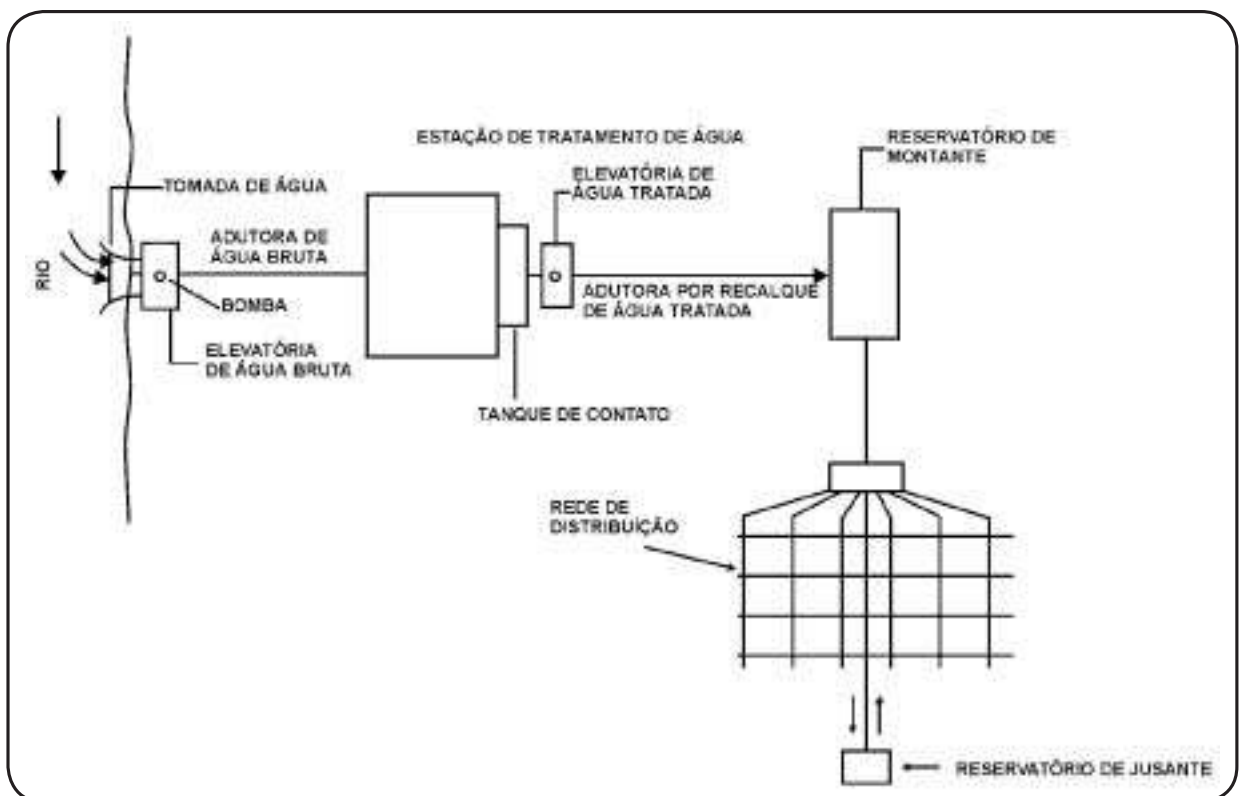
A osmose é um fenômeno natural físico-químico, é o nível final de processos de filtração disponíveis com a utilização de membranas.

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

2.10.1.5. Reservação

- a reservação é empregada com os seguintes propósitos:
 - atender às variações de consumo ao longo do dia;
 - promover a continuidade do abastecimento no caso de paralisação da produção de água;
 - manter pressões adequadas na rede de distribuição;
 - garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio.
- de acordo com sua localização e forma construtiva os reservatórios podem ser:
 - reservatório de montante: situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;
 - reservatório de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição;
 - elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas;
 - apoiados, enterrados e semi-enterrados : aqueles cujos fundo estão em contato com o terreno.

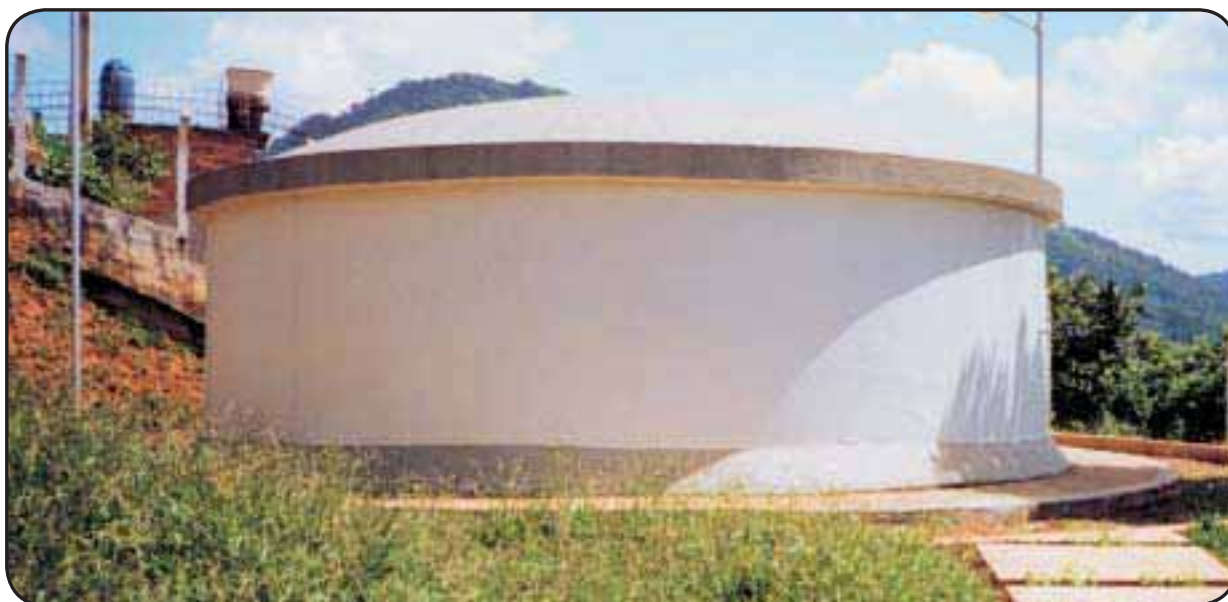
Figura 52 — Reservatório de montante e jusante



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

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

Foto 5 — Reservatório em concreto armado apoiado



Sua limpeza e desinfecção deve ser realizada rotineiramente.

Quanto à capacidade de reservação, recomenda-se que o volume armazenado seja igual ou maior que 1/3 do volume de água consumido referente ao dia de maior consumo.

2.10.1.6. Rede de distribuição de água

É o conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais, destinados a distribuir a água de forma contínua, a todos os usuários do sistema.

Quanto ao tipo as redes são classificadas em:

- rede ramificada

Consiste em uma tubulação principal, da qual partem tubulações secundárias. Tem o inconveniente de ser alimentada por um só ponto.

Figura 53 — Rede ramificada

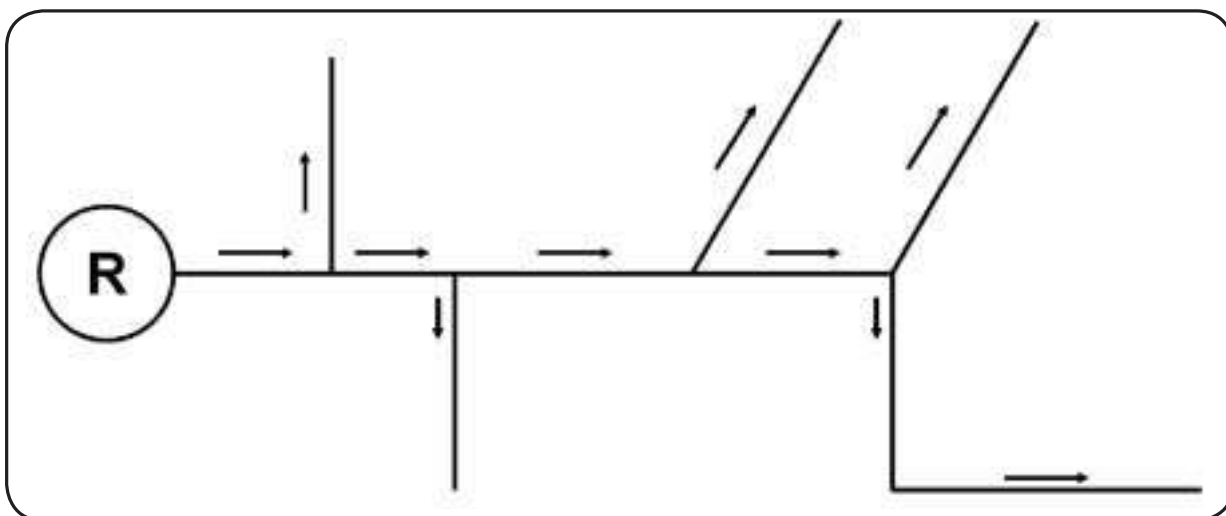
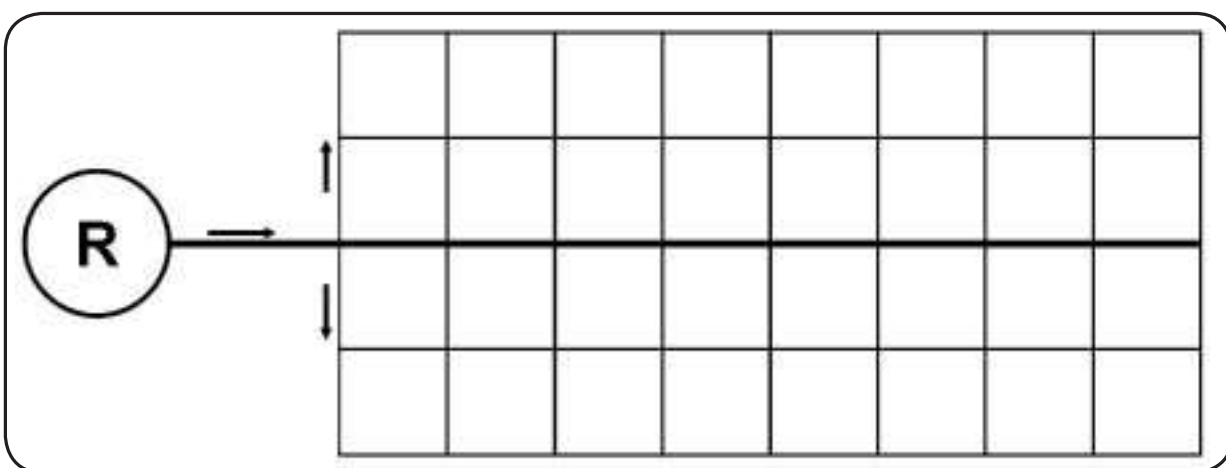


Figura 54 — Rede malhada sem anel



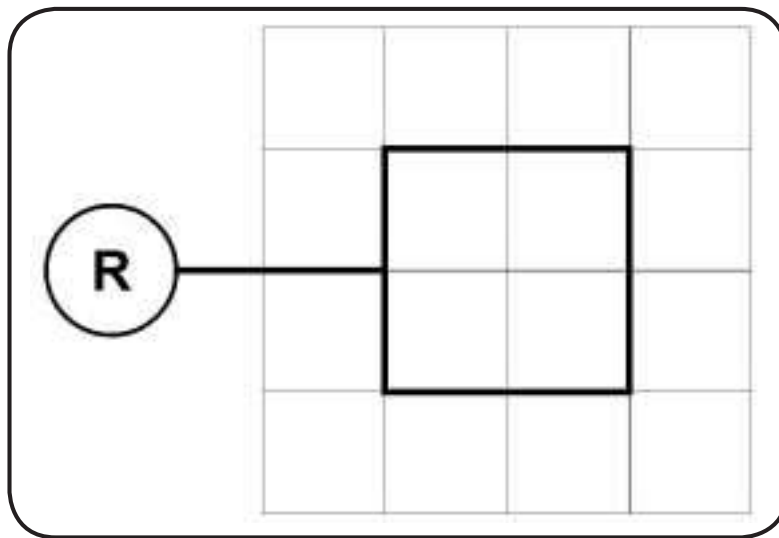
- rede malhada sem anel

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

- rede malhada com anel

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

Figura 55 — Rede malhada com anel

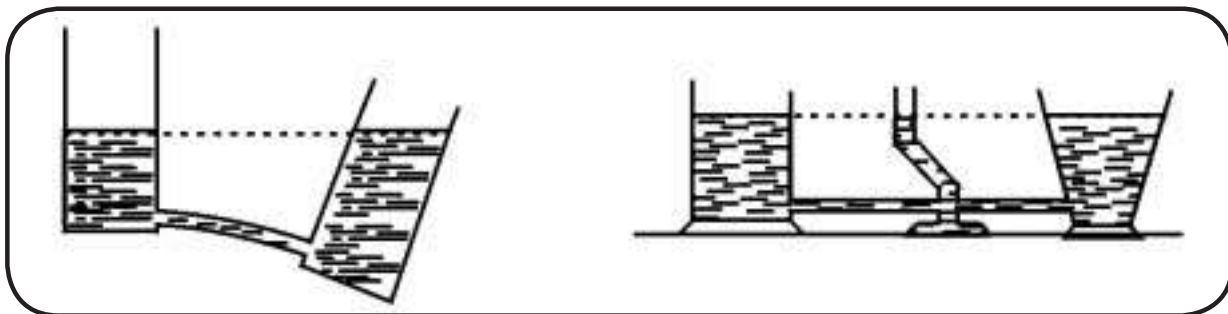


O tipo de rede a ser implantada depende basicamente das características físicas e topográficas, do traçado do arruamento e da forma de ocupação da cidade em estudo.

- funcionamento das redes de abastecimento de água

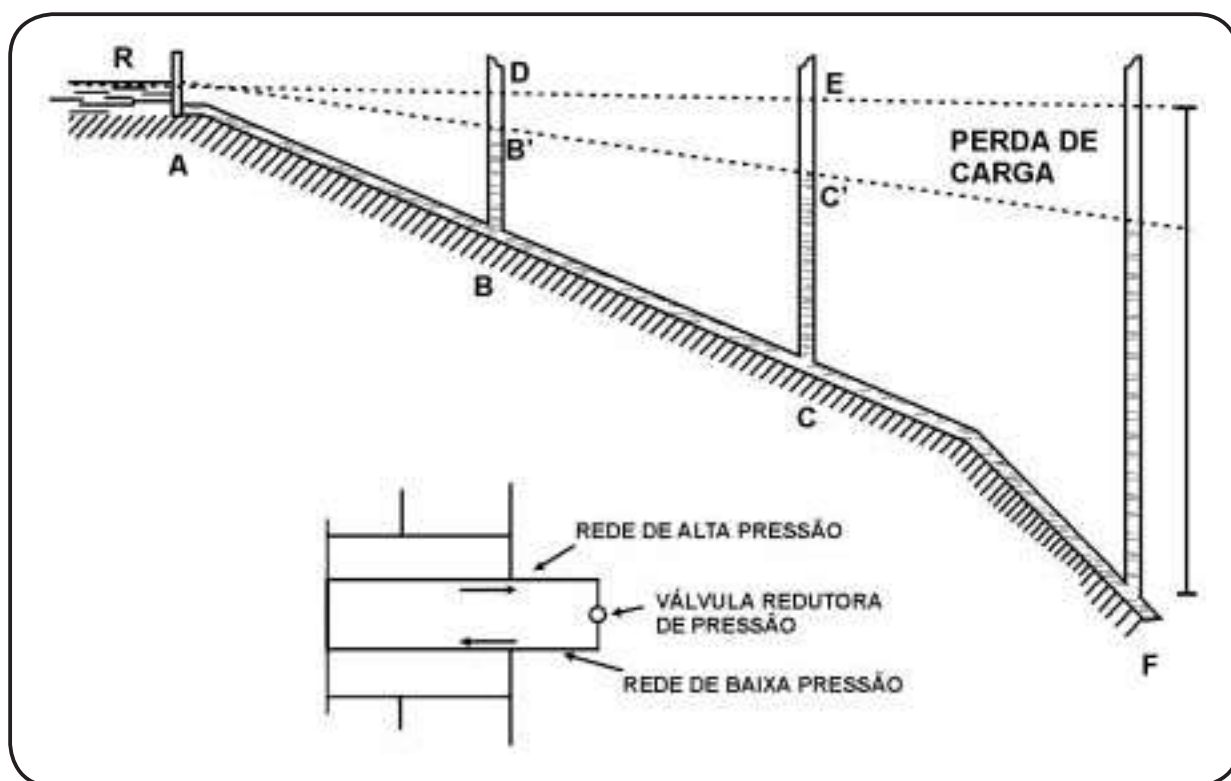
As redes de distribuição funcionam como condutos forçados, ou seja, conduzem água sob pressão, obedecendo o princípio dos vasos comunicantes - princípio de Bernouille - "Em um conjunto de vasos que se intercomunicam, quando a água estiver em repouso, atingirá o mesmo nível em todos os tubos".

Figura 56 — Vasos comunicantes



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

Figura 57 — Vasos comunicantes líquido em regime de escoamento



- variação de perda de carga

Para duas tubulações do mesmo material e do mesmo diâmetro, dentro das quais passe a mesma vazão de água, a perda de carga é maior no tubo de maior comprimento. A perda de carga é proporcional ao comprimento da tubulação. A perda de carga para um determinado diâmetro de uma tubulação, é obtida multiplicando-se a perda de carga equivalente a um metro desta tubulação pelo seu comprimento total.

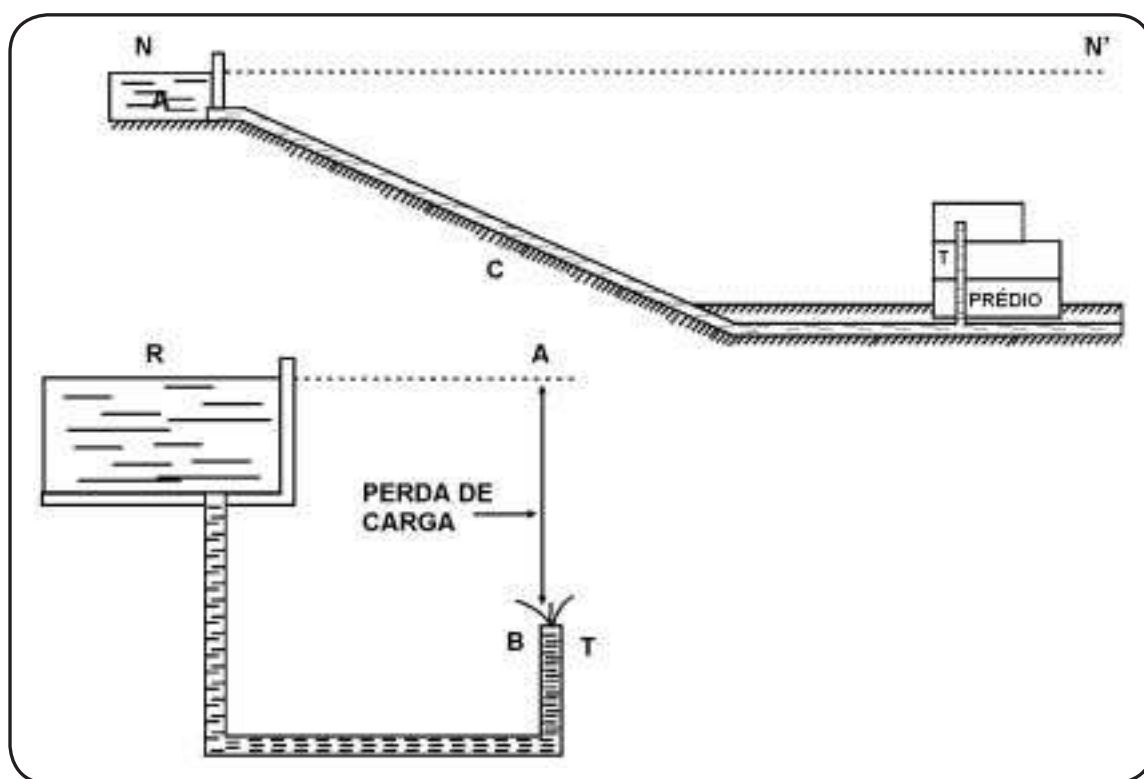
Para duas tubulações do mesmo material, do mesmo comprimento e de mesmo diâmetro, a perda de carga é maior no tubo em que ocorre maior vazão.

Para duas tubulações, feitas do mesmo material, com o mesmo comprimento, dentro das quais passe a mesma vazão, a perda de carga é maior no tubo de menor diâmetro.

Diversos autores calcularam e organizaram tabelas para as perdas de carga em diversas situações de vazão, diâmetro de tubulações e material.

As perdas de carga são dadas em metros por 1.000 metros, em metros por metro, etc. Multiplicando-se a perda de carga unitária pelo comprimento do tubo, tem-se a perda ao longo de toda a tubulação.

Figura 58 — Perda de carga



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

1) Cálculo da vazão máxima de consumo:

$$Q = \frac{P \times C \times k_1 \times k_2}{86.400}$$

Q = vazão máxima (l/s);

P = população a ser abastecida;

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

K1 = coeficiente do dia de maior consumo;

K2 = coeficiente da hora de maior consumo.

- cálculo da vazão por metro linear de rede

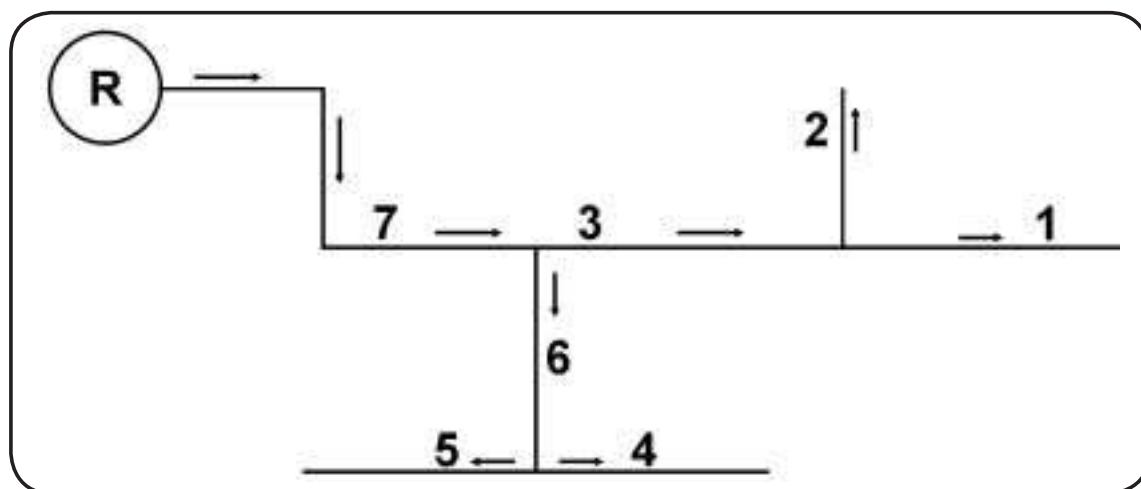
$$q = \frac{Q}{L}$$

q = vazão por metro linear de rede (l/s x m);

L = comprimento total da rede (m);

Q = vazão máxima (l/s).

Figura 59 — Rede ramificada - trechos



- cálculo das vazões por trechos da rede de distribuição:

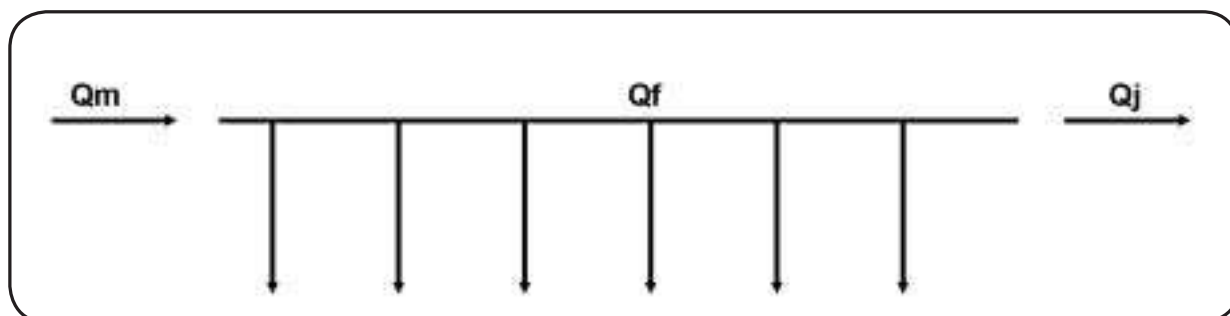
$$\begin{aligned} Q_1 &= q \times L_1; \\ Q_2 &= q \times L_2; \\ Q_3 &= (q \times L_3) + Q_1 + Q_2; \\ Q_4 &= q \times L_4; \\ Q_5 &= q \times L_5; \\ Q_6 &= (q \times L_6) + Q_4 + Q_5; \\ Q_7 &= (q \times L_7) + Q_3 + Q_6; \end{aligned}$$

Onde,

Q_i = vazão em cada trecho (l/s);
 q = vazão por metro linear de rede (l/s x m);
 L = comprimento do trecho (m).

- cálculo da vazão de dimensionamento dos trechos - Vazão Fictícia

Figura 60 — Vazões dos trechos



$$Q_m = Q_j + (q \times L)$$

$$Q_m + Q_j$$

$$Q_f + Q_j$$

$$Q_f = 2$$

Onde:

Q_f = vazão fictícia;

Q_m = vazão de montante do trecho;

Q_j = vazão de jusante ao trecho.

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

Tabela 9 — Dimensionamento da Tubulação

D (mm)	V. máx. (m / s)	Q. máx. (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 interno da tubulação;

V = velocidade;

Q = vazão.

- cálculo da perda de carga

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

- construção das Redes

As redes devem ser executadas com cuidado, em valas convenientemente preparadas. Na rua, a rede de água deve ficar sempre em nível superior à rede de esgoto, e, quanto à localização é comum localizar a rede de água em um terço da rua e a rede de esgoto em outro.

O procedimento depende ainda de estudo econômico. Há situações nas quais o mais aconselhável é o lançamento da rede por baixo de ambas as calçadas.

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

A rede de distribuição deve ser projetada de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto.

No projeto da rede de distribuição deve ser previsto a instalação de registros de manobra, registros de descarga, ventosas, hidrantes e válvulas redutoras de pressão.

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

Foto 6 — Rede de distribuição em PVC PBA



2.10.1.7. Estações elevatórias

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

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

Foto 7 — Estação elevatória de água tratada



2.10.1.8. Ligações domiciliares

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

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

Figura 61 — Ramal predial

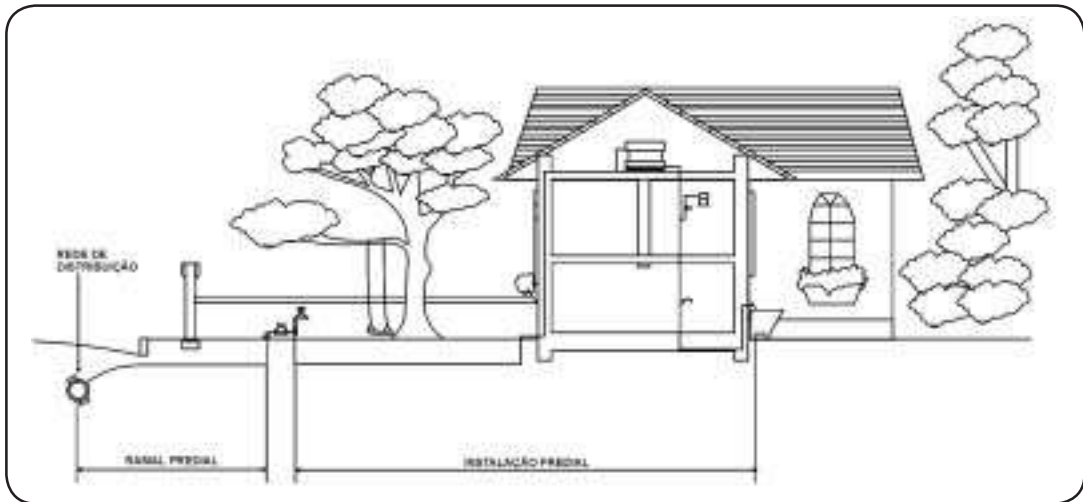


Foto 8 — Instalação de ramal predial em PVC com micromedidor (hidrômetro)



2.10.2. Instalações domiciliares

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

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

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

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

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

Estes hábitos serão facilitados pela instalação, no domicílio, de melhorias sanitárias convenientes.

Os inspetores, auxiliares e agentes de saneamento estão aptos a orientar a população sobre a construção e manutenção das melhorias sanitárias.

2.10.3. Reservatórios domiciliares para água

Os reservatórios domiciliares são pontos fracos do sistema, onde a água está mais sujeita à contaminação. Só se deveria admitir as caixas d'água nos domicílios, em sistemas de abastecimento intermitentes. O reservatório deve ter capacidade para abastecer o domicílio, pelo menos pelo período de um dia, e ser devidamente tampado (figura 62).

Para saber que tamanho o reservatório deve ter é preciso saber:

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

Por exemplo:

per capita = 150 l/hab.dia;

número de pessoas = 5.

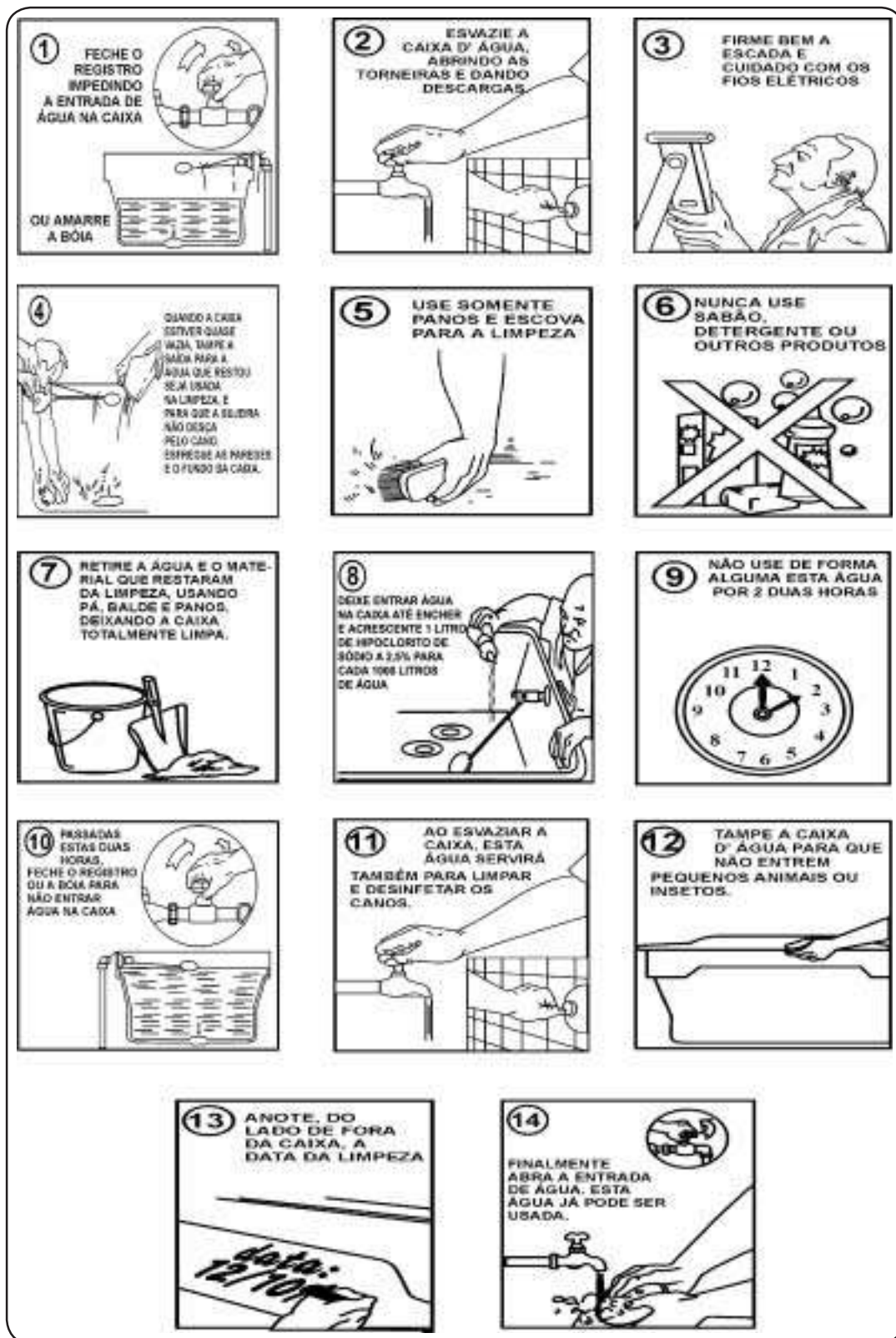
- Capacidade do reservatório:

Por exemplo:

abastecimento contínuo (água abastece dia e noite) = $5 \times 150 = 750$ litros;

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

Figura 62 — Instruções para limpeza e desinfecção da caixa d'água



2.10.4. Ligações cruzadas

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

Esta intercomunicação pode ocorrer:

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

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

2.10.5. Chafarizes, banheiros e lavanderias públicas

As redes, normalmente, não cobrem toda a cidade, cujo ritmo de crescimento as melhorias não conseguem acompanhar.

A água é, antes de medida de saúde pública, uma necessidade primordial. Assim, a população passa a servir-se da primeira água que encontra, com risco de saúde.

É interessante notar que a população que fica fora dos limites abrangidos pelo abastecimento de água é geralmente a mais pobre, portanto, a mais necessitada de ter resolvido o problema de seu abastecimento de água.

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

Para resolver esse problema, constroem-se torneiras, banheiros e lavanderias públicas, localizadas em pontos estratégicos, de acordo com a necessidade da população e a capacidade do sistema.

Torneiras, lavanderias e banheiros públicos requerem trabalho permanente de educação e esclarecimento para seu uso conveniente e sua manutenção. Torneiras quebradas, falta de asseio e lamaçais são algumas das conseqüências dessa falta de orientação das populações.

2.10.6. Poços chafarizes

Em área periférica de uma cidade, onde a rede não fica próxima, o problema tem que ser resolvido com a perfuração de poço raso ou profundo.

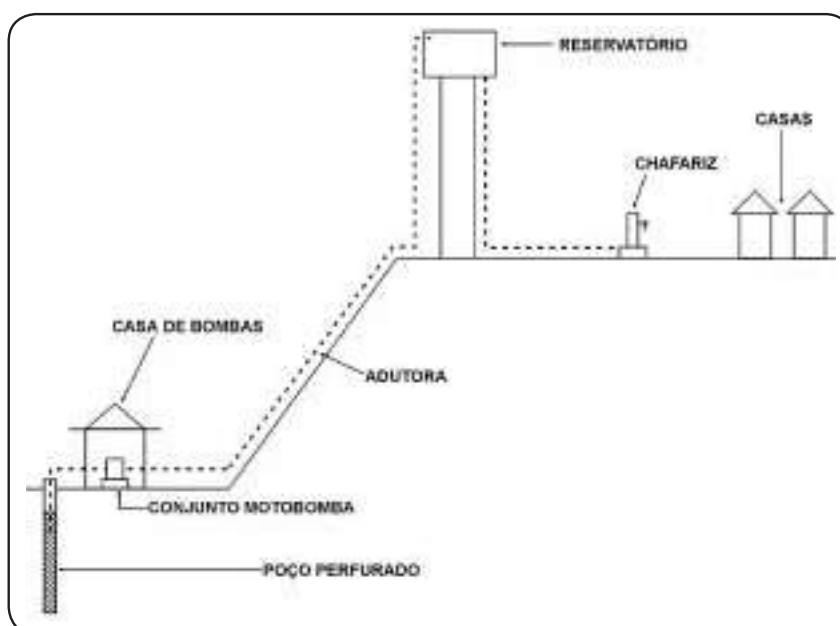
Os poços chafarizes requerem a co-participação da comunidade para sua implantação e posterior manutenção e operação.

Os poços chafarizes vêm sendo usados em muitas áreas periféricas, com bons resultados. Constam, essencialmente, de poço escavado ou tubular profundo, protegido, dispendo de bomba manual ou elétrica, adutora, reservatório e um chafariz (figura 63).

O esquema de manutenção e operação varia; em algumas localidades, a própria comissão do bairro encarrega-se delas; em outras, as prefeituras cuidam da operação, sendo sempre indispensáveis a supervisão e a assistência da autoridade sanitária competente.

Atenção especial deve ser dada à manutenção preventiva dos equipamentos e instalações.

Figura 63 — Conjunto poço, elevatória, adutora, reservatório e chafariz



2.10.7. Meios elevatórios de água

Quando se deseja retirar a água de um poço, de uma cisterna ou elevar a água de um ponto para outro mais alto, recorre-se a um meio elevatório.

Os meios elevatórios usados são os mais diversos, dos quais citaremos alguns.

2.10.7.1. Balde com corda

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

2.10.7.2. Sarilho

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

2.10.7.3. Sarilho simples

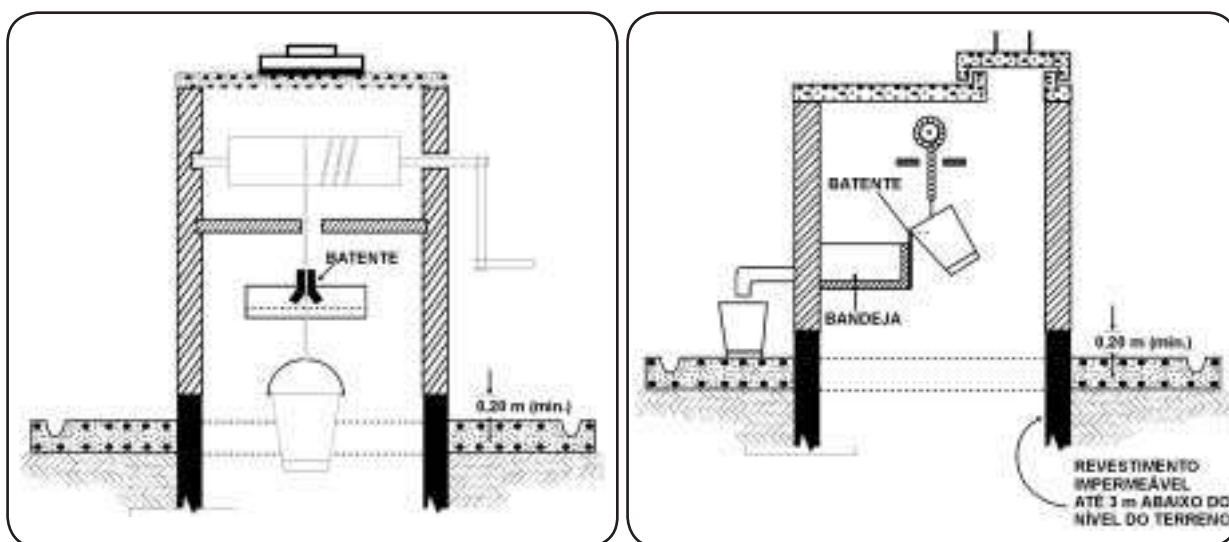
O sarilho simples onde se enrola uma corda que tem amarrada na extremidade um balde, oferece os mesmos riscos do sistema comum de balde com corda.

2.10.7.4. Sarilho protegido

O sistema sarilho-corda-balde pode ser melhorado e vir a constituir um meio elevatório sanitariamente satisfatório. Para isso, é necessário armar, acima do poço, uma casinha que proteja completamente a boca do mesmo. O Sarilho é encerrado nessa casinha e apoiado nas duas paredes, ficando de fora somente a manivela. A água é captada no poço por um balde, que é elevado por meio de uma corda enrolada no sarilho. Quando o balde chega acima do poço esbarra num dispositivo que, com a continuidade do esforço feito sobre a manivela, inclina o balde e o obriga a derramar a água numa calha. Esta leva a água para fora da casinha, onde pode ser armazenada em um recipiente (figura 64 e 65).

Tomando no conjunto, um sistema desses pode ser mais caro do que uma bomba; contudo, em regiões de poucos recursos financeiros, mas de recursos suficientes - madeira, tijolos, etc. O sistema será viável.

Figuras 64 e 65 — Sarilho com proteção sanitária



Fonte: Dacach, 1990.

2.10.7.5. Bombas hidráulicas

Podem ser grupadas em:

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

Escolha da Bomba

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

Basicamente a escolha do tipo de bomba depende de:

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

- bombas de deslocamento
 - bomba aspirante ou de sucção: a mais simples das bombas de êmbolo é a bomba aspirante ou de simples sucção. O êmbolo movimenta-se dentro de um cilindro onde vem ter a água através do tubo de sucção. O cilindro tem uma válvula na base que, fechando sobre o tubo de sucção, controla a entrada da água. A válvula de base só abre para dentro do cilindro. Existe mais de uma válvula no próprio êmbolo. Ligado ao cilindro, em sua base, está o tubo de sucção e, na parte superior, uma torneira por onde sai a água bombeada. O êmbolo é movido por uma alavanca (braço) ou por um volante, que é articulado na haste presa ao êmbolo.
 - Funcionamento: o êmbolo move-se dentro do cilindro por um movimento de vaivém. A sucção da água do poço, através do tubo de sucção, é devida ao vácuo provocado no cilindro pelo êmbolo em seu movimento de subida e a expulsão da água pela torneira é conseqüente à compressão provocada pela descida do êmbolo.
 - ✓ Na primeira etapa: o êmbolo encosta na base do cilindro;
 - ✓ Na segunda etapa: levanta-se o êmbolo, pressionando-se o braço para baixo ou girando o volante conforme o caso. Ao levantar o êmbolo, cria-se entre ele e a base do cilindro um vácuo e, por ação da pressão atmosférica, abre-se a válvula da base para o interior do cilindro;
 - ✓ Na terceira etapa: movendo-se o êmbolo para baixo, força-se o fechamento da válvula da base de abertura da válvula do próprio êmbolo;
 - ✓ Na quarta etapa: movendo-se o êmbolo para cima, a água contida na parte superior do êmbolo força o fechamento de sua válvula e a saída da água pela torneira. Ao mesmo tempo, abre-se a válvula da base e repetem-se as etapas.
 - Bomba aspirante premente ou de sucção e recalque: é uma bomba que suga e recalca ao mesmo tempo. É, em linhas gerais, a mesma bomba de sucção, com a diferença de que próximo à base do cilindro sai uma tubulação de recalque. Esta tem uma válvula que abre unicamente para o interior da tubulação e é impedida de abrir para dentro do cilindro, por um reparo.
 - funcionamento:
 - ✓ Primeira etapa: levantando o êmbolo que está situado em baixo, junto à base, forma-se abaixo dele, no cilindro, um vácuo que faz com que a válvula da base se abra e com a continuação a água penetre no cilindro;
 - ✓ Segunda etapa: descendo o êmbolo, a água força o fechamento da válvula de recalque, provocando a entrada da água na tubulação de recalque;
 - ✓ Terceira etapa: levantando de novo o êmbolo, abre-se a válvula da base e a água da tubulação de sucção penetra no cilindro. Por outro lado, pela pressão da água no tubo de recalque, fecha-se a válvula de recalque;

✓ Quarta etapa: repete-se a segunda.

A sucção da água pela bomba de êmbolo é obtida em 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 10,333m ao nível do mar. Conclui-se, daí que a sucção máxima teórica possível ao nível do mar é de 10,333m. Com o aumento da altitude, diminui o limite teórico à razão de 1,0m para cada 1.000m de altitude. Na realidade, nunca se pode contar com a sucção teórica, já que há perdas em virtude de:

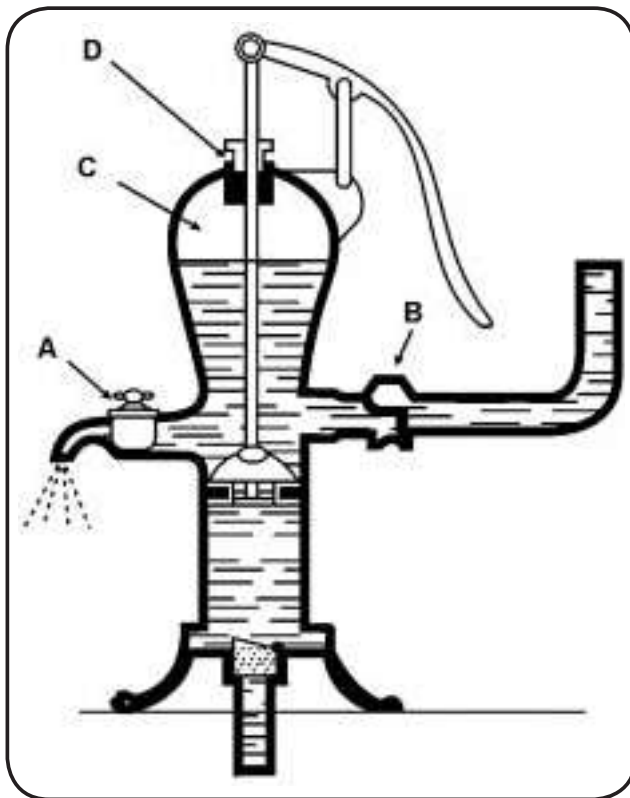
- vácuo no cilindro, que nunca é perfeito;
- perdas na entrada da água pela válvula de pé;
- perdas em consequência de atritos da água na tubulação;
- perdas nas conexões.

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

- cilindro intermediário: para tirar a água do poço no qual ela se encontre a profundidade maior que o limite prático de sucção, intercala-se na tubulação de sucção um cilindro intermediário, caso, evidentemente, se tenha escolhido uma bomba de sucção e recalque. O princípio de funcionamento do cilindro intermediário é o mesmo da bomba aspirante premente. O cilindro intermediário pode ser aberto ou fechado. Para reparar um cilindro fechado, tem-se que retirar todo o cilindro do poço. Para reparar-se um cilindro aberto, retira-se apenas o êmbolo.
- bombas de sucção e recalque com êmbolo de duplo efeito: existem bombas que sugam e recalcam a água nos dois cursos (podem ser horizontais) ascendentes ou descendentes do êmbolo, devido ao formato deste e também à disposição especial das válvulas. São chamadas de duplo efeito. Apresentam maior eficiência e regularidade na vazão (figura 66).
- força motriz: a força motriz empregada para acionar uma bomba de êmbolo pode ser manual, a catavento, a motor de explosão ou elétrico.

No caso de bomba manual, o esforço é aplicado através de uma alavanca ou braço, ou através de um volante.

Figura 66 — Bomba manual de sucção e recalque - bomba de êmbolo



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

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

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

- cata-vento: o emprego do catavento é bastante difundido sendo, no entanto, de preço elevado o de fabricação industrial. Em alguns estados do Nordeste, encontram-se cataventos improvisados manufaturados, que dão bom rendimento e tem boa durabilidade (figura 67).

Alguns cuidados devem ser observados. O catavento só é aplicável onde realmente haja vento suficientemente forte e durante todos os dias do ano (sem que seja necessário o vento soprar todo o dia); isto porque temos necessidade de água durante todo o ano.

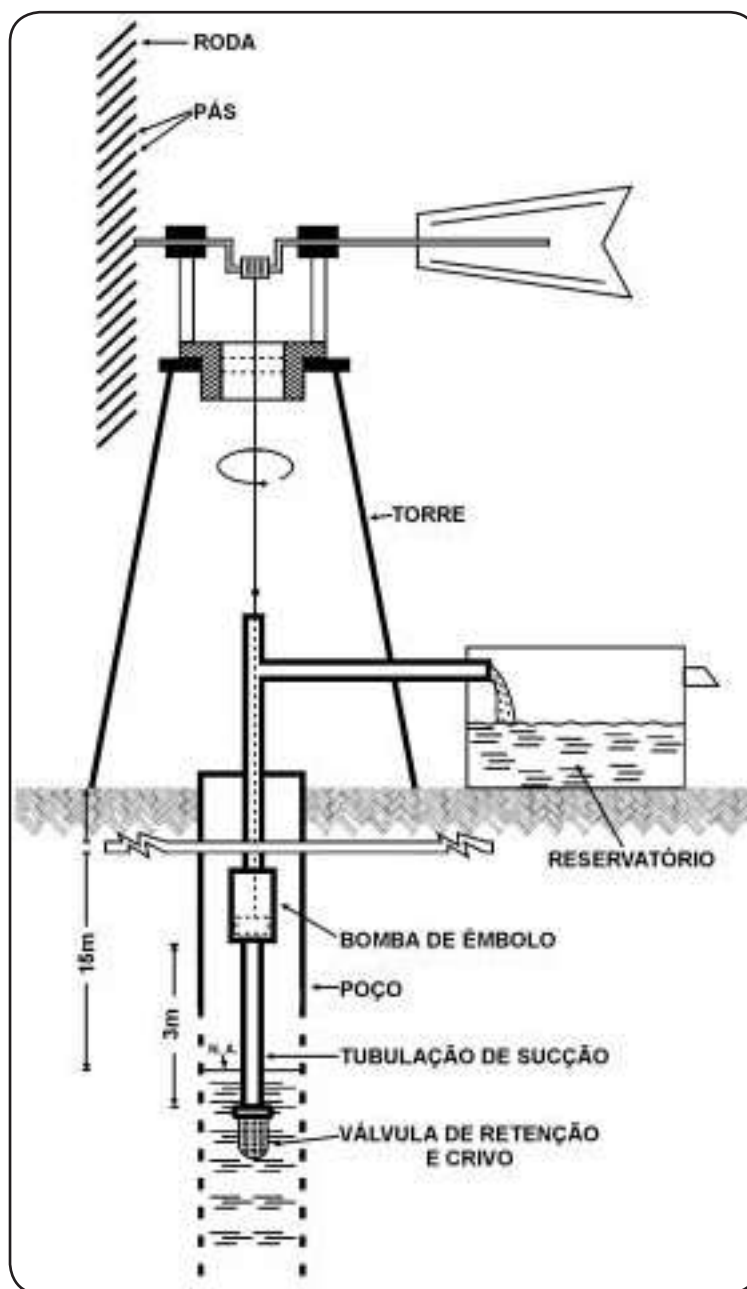
A seguir, transcrevemos resultados obtidos em experimento realizado pela Fazenda Energética de Uberaba/MG, publicado no Boletim nº 1 - "Bombeamento d'água: Uso de cata-vento".

Quadro 8 — Tipo de bombeamento d'água por uso de cata-vento - experimento

Equipamento	
<p>a) Dados do Fabricante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cata-vento completo com bomba hidráulica • Marca — Kenya • Freio: manual e automático (para ventos com velocidade superior a 30 km/hora) • Torre de sustentação : 9 metros • Desnível : até 40 metros (sucção + recalque) • Velocidade mínima do vento para acionamento: 5 km/hora • Vazão aproximada: 2.000 litros/hora 	<p>b) Condições de instalação na Faz. Energética:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local : retiro • Desnível : 18 metros (sucção + recalque) • Finalidade: abastecimento de água para bovinos. A água é elevada até um reservatório construído ao lado do poço cisterna. A distribuição para os bebedouros localizados nas pastagens é feita por gravidade, e o controle do nível d'água em cada bebedouro é feito por bóias. <ul style="list-style-type: none"> • Altitude : 790 metros • Latitude : 19° : 43' • Longitude : 47° : 55'

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

Figura 67 — Esquema de cata-vento



Fonte: Dacach, 1994.

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

- no caso em que as tubulações de sucção e recalque sejam maiores que a entrada e saída da bomba, elas são conectadas à mesma por reduções cônicas;
 - deve-se evitar ao máximo as conexões, tais como: curvas, tees, etc, usando só as indispensáveis;
 - na saída para o recalque, devem ser instalados um registro (de gaveta, de preferência) e uma válvula de retenção para proteção de bomba e ajuda nos casos de sua retirada de uso. A fim de possibilitar, quando necessário, a retirada da bomba, do registro ou da válvula de retenção para reparos, são inseridas luvas de união, nas tubulações e próximas à bomba ou às conexões, quando se empregam tubos de ferro galvanizado ou de plástico, e peças com flanges, nos casos de ferro fundido ou de aço;
 - deve-se ter o cuidado de escorvar a bomba com água limpa antes de colocá-la para funcionar;
 - substituir as válvulas sempre que estiverem gastas, para evitar maiores estragos nas bombas;
 - selecionar cuidadosamente no catálogo a bomba que mais se aproxima das suas necessidades quanto à vazão, à elevação, à qualidade da água, e ao tipo de instalações e condições de trabalho.
- cuidados na instalação de bombas de êmbolo em poço raso:
 - verificar se o nível dinâmico do poço em época de estiagem é igual ou inferior à sucção prática para a altitude do lugar onde vai ser instalada a bomba. Máximo prático ao nível do mar: de 7,60m a 8,00m;
 - sempre que se tenha mais de 8,00m deve-se usar o cilindro intermediário;
 - a bomba deve estar bem fixa em suporte apropriado ou na tampa do poço. As oscilações prejudicam a bomba;
 - a gaxeta ou guarnição da sobreporca deve ser apertada o suficiente, a fim de evitar-se a saída de água ou a entrada de ar. O aperto da porca de bronze do pistão deve ser feito com cuidado, para que a haste não se empene ou cause danos durante o curso;
 - antes de pôr a bomba em funcionamento pela primeira vez ou depois de a mesma ter passado muito tempo fora de uso, deve-se molhar as guarnições de couro dos êmbolos e das válvulas;
 - as juntas devem ser bem vedadas e cobertas com zarcão, para que se evite vazamentos que não devem existir em parte alguma da tubulação;
 - para reduzir a oscilação da bomba e da tubulação, coloca-se dentro do poço e acima do nível da água, uma travessa de madeira, onde é afixada a tubulação de sucção. O movimento do tubo de sucção danifica as juntas e permite a entrada de ar, diminuindo a escorva da bomba e a sucção da água.;
 - a válvula de pé deve estar no máximo a 30cm do fundo do poço e com recobrimento mínimo de 30cm de água;

- as flanges e as juntas devem ser bem apertadas;
- movimento da haste deve ser uniforme.

- instalação de bombas de êmbolos em poços profundos:

Aplicam-se todas as observações feitas em relação a poços rasos.

O emprego da bomba de êmbolo com cilindro intermediário para poços profundos só se 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.

- bombas de engrenagem: o segundo grupo de bomba de deslocamento é o das bombas de engrenagem, no qual podemos, também, incluir as bombas helicoidais.

A bomba de engrenagem consiste em um sistema de duas engrenagens encerradas em uma carcaça. As duas engrenagens giram em sentido contrário uma da outra. As engrenagens girando para frente criam, atrás de si, um vácuo que faz sugar a água da tubulação de sucção para dentro da carcaça, lançando-a para a frente, para o recalque.

A bomba helicoidal é composta por um parafuso sem fim, encerrado em uma carcaça. Quando em movimento giratório, cada passo do parafuso deixa, atrás de si, um vácuo que provoca sucção da água do poço ao mesmo tempo que empurra a que encontra pela frente.

São bombas em que a altura da elevação é pouca; seu uso é limitado, em abastecimento de água, à elevação da água de cisternas ou nos casos em que a vazão e a altura da elevação exigidas sejam poucas.

Recentemente, têm sido empregadas para a elevação de esgotos (baixa altura, grandes vazões).

As bombas de engrenagem são de construção robusta e simples, de fácil manejo e duráveis; empregam-se em postos de gasolina ou em casos similares quando se lida com líquidos de fácil evaporação.

- bombas de velocidade

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

- funcionamento: o princípio de funcionamento da bomba centrífuga é o mesmo da força centrífuga. A água como todo corpo pesado, quando sujeita a movimento giratório, tende a escapular pela tangente do círculo que representa seu movimento.

Cheio o rotor da bomba e iniciado o movimento, a água é lançada para o tubo de recalque, criando, assim, um vácuo no rotor que provoca a sucção da água do poço através do tubo de sucção.

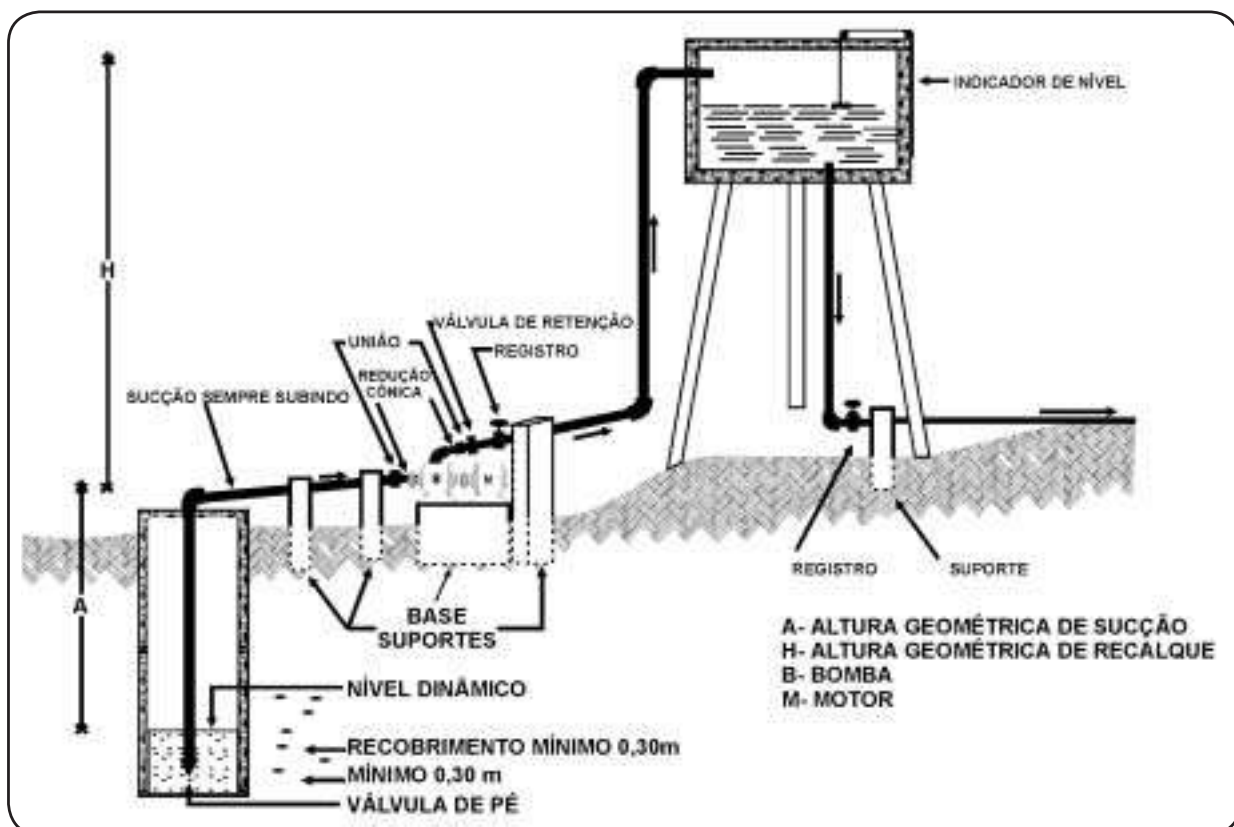
As considerações quanto à sucção prática máxima são as mesmas já feitas para bomba de êmbolo.

- força motriz: a força motriz empregada deve vir de um motor elétrico a explosão e em alguns casos de energia solar.
- localização da bomba: a bomba deve ser localizada o mais próximo possível do manancial e protegida contra as enchentes quando destinada a bombear água de rios. Quanto maior a distância da bomba ao ponto de sucção, maiores serão as perdas de carga na sucção. O rendimento de uma bomba aumenta com a redução da altura e distância de sucção. A altura de sucção prática é limitada.
- casa de bombas: as bombas e seus equipamentos de comando, devem ser instalados em local apropriado, chamado “casa de bombas”, com objetivo de se evitar os danos causados pela exposição ao tempo, e para proteção dos operadores. Certos tipos de bombas com proteção e blindagem apropriada dispensam a casa de bombas.
- base: a bomba deve ser assentada sobre uma base de concreto, devidamente afixada por parafusos chumbados.
- alinhamento: após o assentamento da bomba, é necessário verificar o nivelamento e o alinhamento, para que se possa evitar a deformação e o estrago das peças.
- tubulação de recalque: deve existir um registro à saída da bomba e, uma válvula de retenção. Nos casos de tubos galvanizados, deverá haver uma luva de união antes do registro, para permitir a retirada da bomba e de outras peças que necessitem de reparos. No caso da tubulação de ferro fundido ou de aço, as peças devem ser flangeadas.
- sucção: quando uma parte da tubulação de sucção é aproximadamente horizontal, a inclinação deve ser dada de modo a que haja sempre elevação do poço para a bomba, com a finalidade de evitar bolsa de ar e cavitação.
- sucção e recalque: o diâmetro da tubulação de sucção deve ser pouco maior que o da tubulação de recalque. Para ligar as tubulações de sucção e de recalque da bomba são necessárias reduções, na maioria das vezes.
- cuidados com a tubulação: é necessário o máximo cuidado com a estanqueidade das tubulações. Os tubos, devem ter suporte próprio; não devem ser forçados nem ter apoio na carcaça da bomba, sob pena de mau funcionamento e de estrago da bomba.
- rotor : o rotor deve girar no sentido indicado pela seta na carcaça.
- válvula de Pé: é indispensável o emprego de válvula de pé. Antes da instalação, devendo-se verificar seu funcionamento.

✓ funcionamento:

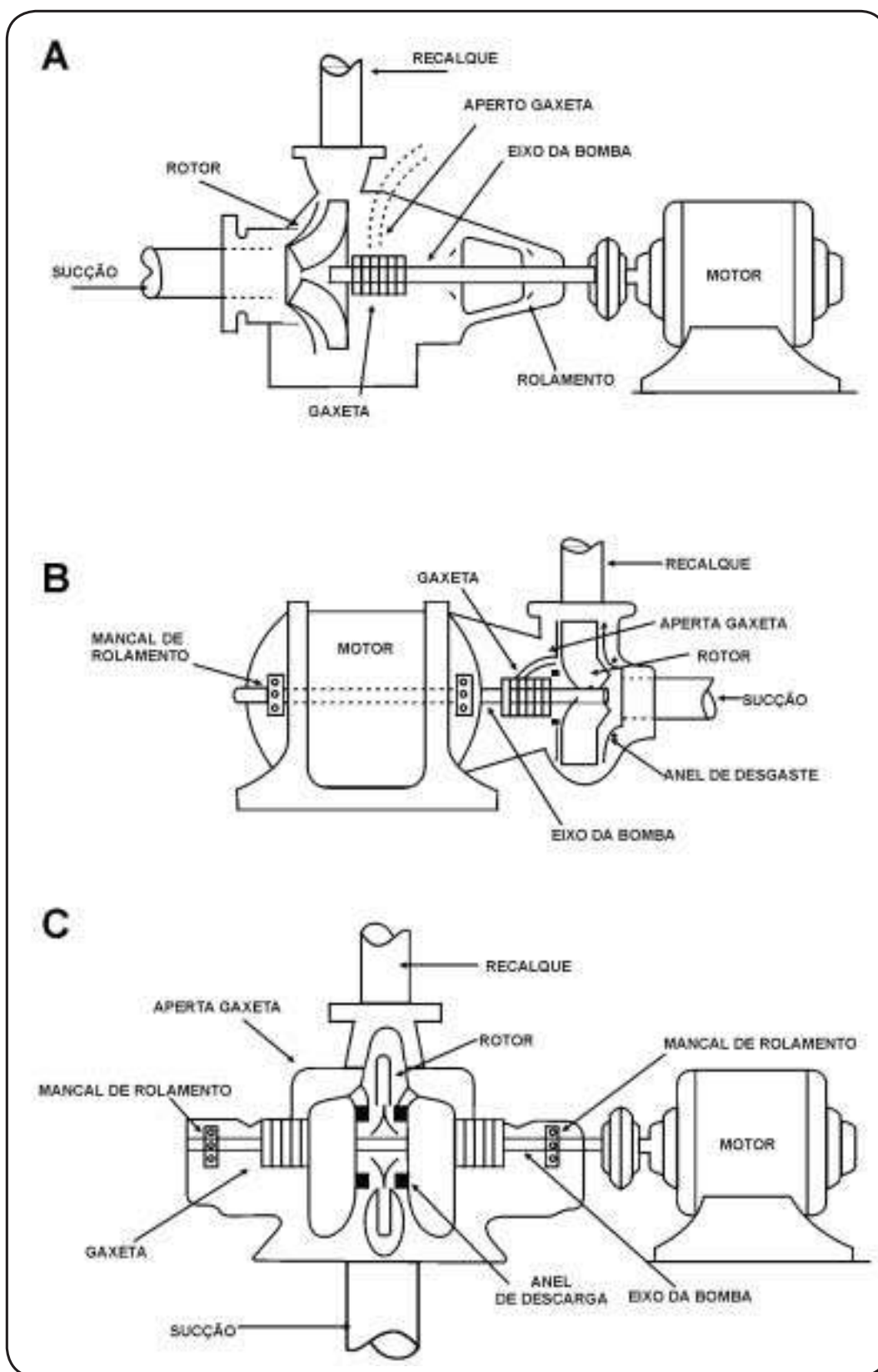
- fechar o registro da tubulação de recalque; caso exista registro na sucção, este deve permanecer sempre aberto;
- encher completamente a tubulação de sucção e o funil, com água. Muitas instalações possuem um *by pass* que liga, por meio de um tubo de pequeno diâmetro, a tubulação de recalque à tubulação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

Figura 68 — Esquema de uma instalação de sucção e recalque com poço de sucção



- principais peças de uma bomba centrífuga:
 - impulsor ou rotor: suga e impele a água. Recebe a água no centro e lança-a na periferia. De acordo com a finalidade a que se destina, pode ser um rotor fechado, para água limpa, ou aberto, para água que 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;
 - caxetas de fibrocimento: ficam em uma espécie de caixa; destinam-se a vedar a entrada de ar na carcaça ou a saída da água;
 - aperta-gaxeta: tubo de pequeno diâmetro ligado ao recalque da bomba e à gaxeta. tem por função apertar as gaxetas e lubrificá-las com água.

Figura 69 — Bombas centrífugas



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 30cm.
2.3. Penetra ar pela carcaça;	Em caso positivo, corrija. Em bomba na qual as gaxetas estejam convenientemente ajustadas, deverá haver ligeiro jorro de água. Caso não haja, é provável que exista entrada de ar; aperte as gaxetas.

Falhas e possíveis causas	Correções
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 cerrada;	Verifique e corrija.
2.8. A altura de sucção é muito elevada;	Verifique como em 1.3.
2.9. A altura de recalque é muito elevada;	Verifique como em 1.3.
2.10. A rotação do rotor está em sentido errado.	Verifique e corrija.
3. Pressão menor que a indicada:	
3.1. A rotação é baixa;	Verifique como em 1.2.
3.2. O ar ou os gases são aspirados;	Verifique, em laboratório, se uma redução de pressão igual à efetuada pela sucção sobre o líquido provoca bolhas. Se o gás está naturalmente na água (não sendo defeito da sucção, reduza a sucção ou instale câmara de separação de gases na sucção e esvazie de quando em vez.
3.3. Os anéis de desgaste estão gastos;	Verifique como em 2.6.
3.4. O rotor está avariado;	Verifique como em 2.5.
3.5. As gaxetas estão defeituosas;	Verifique como em 2.4.
3.6. O rotor é de diâmetro pequeno.	Certifique-se com o fabricante.
4. Quando a bomba funciona e para:	
4.1. O escorvamento está incompleto;	Complete-o.

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

O melhor meio de obter-se um serviço satisfatório é, em primeiro lugar, adquirir equipamentos de boa qualidade e que satisfaçam às especificações; cuidar bem da manutenção e da operação, seguindo fielmente o que preceituam os catálogos e as normas de operação que os acompanham.

Cuidado especial deve ser dado ao engraxamento dos mancais, que não deve faltar nem ser excessivo. A cada três meses, desmontar a caixa dos mancais, limpá-los bem, secá-los, engraxá-los convenientemente e remontá-los.

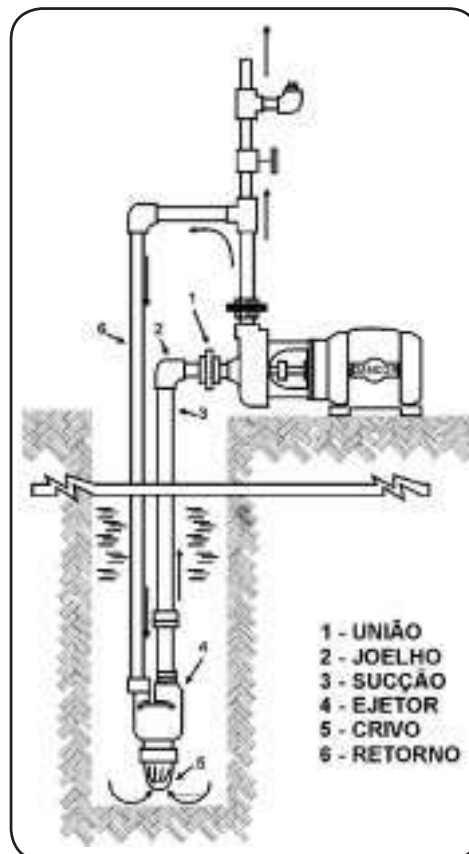
Substituir com a freqüência necessária os anéis de desgaste e as gaxetas.

- bombas centrífugas com ejetor: o ejetor é um dispositivo usado para aumentar a altura de sucção de uma bomba centrífuga. Na tubulação de recalque é feita uma tomada com um tubo de diâmetro bem menor; este tubo, que tem a outra extremidade estrangulada por um bico, vem ter à tubulação de sucção por um ponto onde esta também possui um estrangulamento (venturi).

Em um poço raso o injetor fica instalado externamente, conectando-o à tubulação de recalque e ao tubo de sucção próximo à bomba.

Constituem dispositivos simples, que pouco oneram o sistema; são de fácil operação e manutenção, sendo, contudo de baixo rendimento energético.

Figura 70 — Bomba centrífuga com ejetor



Fonte: Carvalho, 1977.

- bombas turbina: seu princípio de funcionamento é o mesmo da bomba centrífuga. Consistem em uma série de rotores em posição horizontal, acoplados em série, sobre um eixo vertical. Classificam-se em estágios, tantos quantos forem os rotores. Quando a água passa pelo primeiro rotor é impulsionada e aumenta de pressão. No estágio seguinte, o rotor recebe a água com a pressão já aumentada que, ao passar por ele, recebe novo aumento de pressão, e assim por diante.

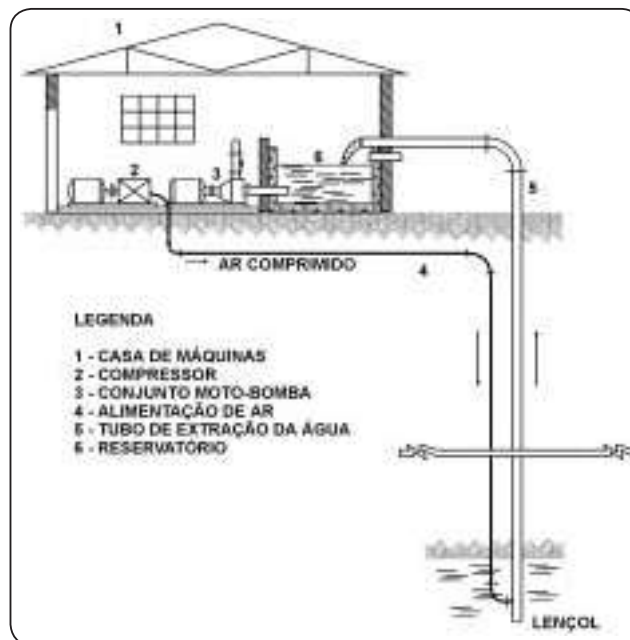
O número de estágios vai depender da elevação e da pressão que se queira dar à água. A cabeça da bomba é fixada na tampa do poço e dá movimento à bomba por meio de um eixo. Podemos ter três situações diferentes:

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

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

O “*air-lift*”, como o ejetor, apresenta facilidade de operação e manutenção, sendo, entretanto, de baixo rendimento.

Figura 71 — Esquema de uma instalação de *air-lift*



Fonte: Carvalho, 1977.

2.10.7.6. Curvas características de uma bomba

A bomba que se destina a serviços de maior responsabilidade deve ser escolhida pelas suas curvas características, sendo de diversos tipos as que aparecem nos catálogos dos fabricantes, umas relacionam eficiência com altura de elevação, outras com vazão e outras, ainda, com velocidade do rotor (rpm = rotações por minuto).

Deve-se escolher a bomba que dê maior eficiência para a altura de elevação e vazão desejadas. Quanto maior a eficiência, maior o rendimento e, portanto, menor o gasto de energia para a execução de um mesmo trabalho.

2.10.7.7. Bóias automáticas

A falta de água, estando a bomba em funcionamento, faz com que ela trabalhe a seco, com graves riscos para o conjunto motobomba. Para evitar essa possibilidade, diversos dispositivos de segurança foram inventados; um deles é a bóia automática.

Quando a vazão no poço de sucção é menor do que a da bomba, havendo, portanto, o perigo desta trabalhar a seco, usam-se bóias automáticas que se elevam ou se abaixam, acompanhando o nível da água do poço. As bóias automáticas desligam automaticamente o circuito elétrico que alimenta o motor da bomba, quando o nível da água no poço de sucção fica abaixo do nível de segurança preestabelecido; e fazem ligar automaticamente a bomba, quando o nível da água no poço de sucção chega ao nível superior preestabelecido para início de funcionamento. São dispositivos de segurança que visam a proteger a vida dos motores, resultando em economia de despesas.

2.10.7.8. Casa de bombas

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

A casa de bombas deve atender aos seguintes requisitos:

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

- estar protegida contra incêndio;
- estar protegida contra a chuva;
- ter proteção térmica contra excesso de calor;
- ser construída dentro dos requisitos de segurança, de estrutura e de proteção sanitária.

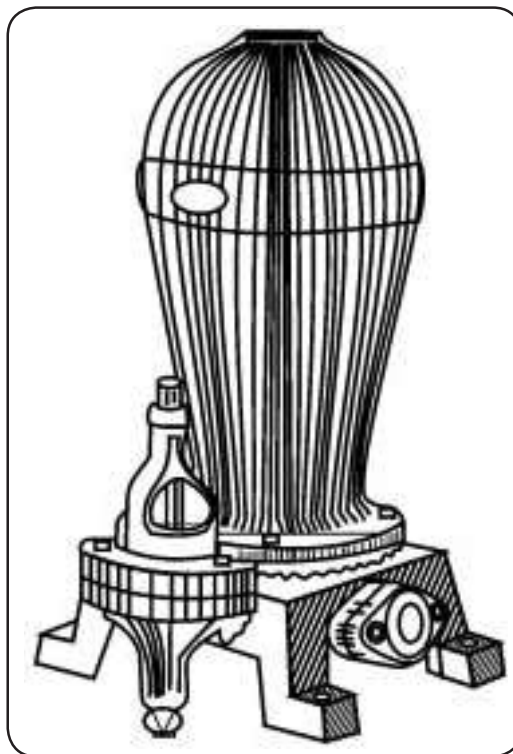
2.10.7.9. Carneiro hidráulico

É um equipamento que emprega a energia que provém do golpe de uma massa de água em movimento, repentinamente detida, ou seja do “golpe de aríete”.

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

- características:
 - trabalho ininterrupto;
 - baixo custo;
 - rendimento variável;
 - longa duração - pouco desgaste.

Figura 72 — Carneiro hidráulico



Fonte: Dacach, 1990.

- Funcionamento

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

O rendimento depende principalmente da altura de queda e de recalque.

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

Na prática, pode-se adotar:

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

Exemplo:

Dados:

Vazão do manancial = 100 litros/minuto;

Altura de queda disponível : H= 2,0 metros;

Altura de recalque desejada: H1= 14,0 metros.

Resolução:

$$\text{Para } \frac{H}{H1} = \frac{2}{14} = \frac{1}{7}$$

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

Portanto, a quantidade de água possível de se recalcar para as condições impostas será:

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

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

Dados necessários para a instalação de um Carneiro Hidráulico:

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

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

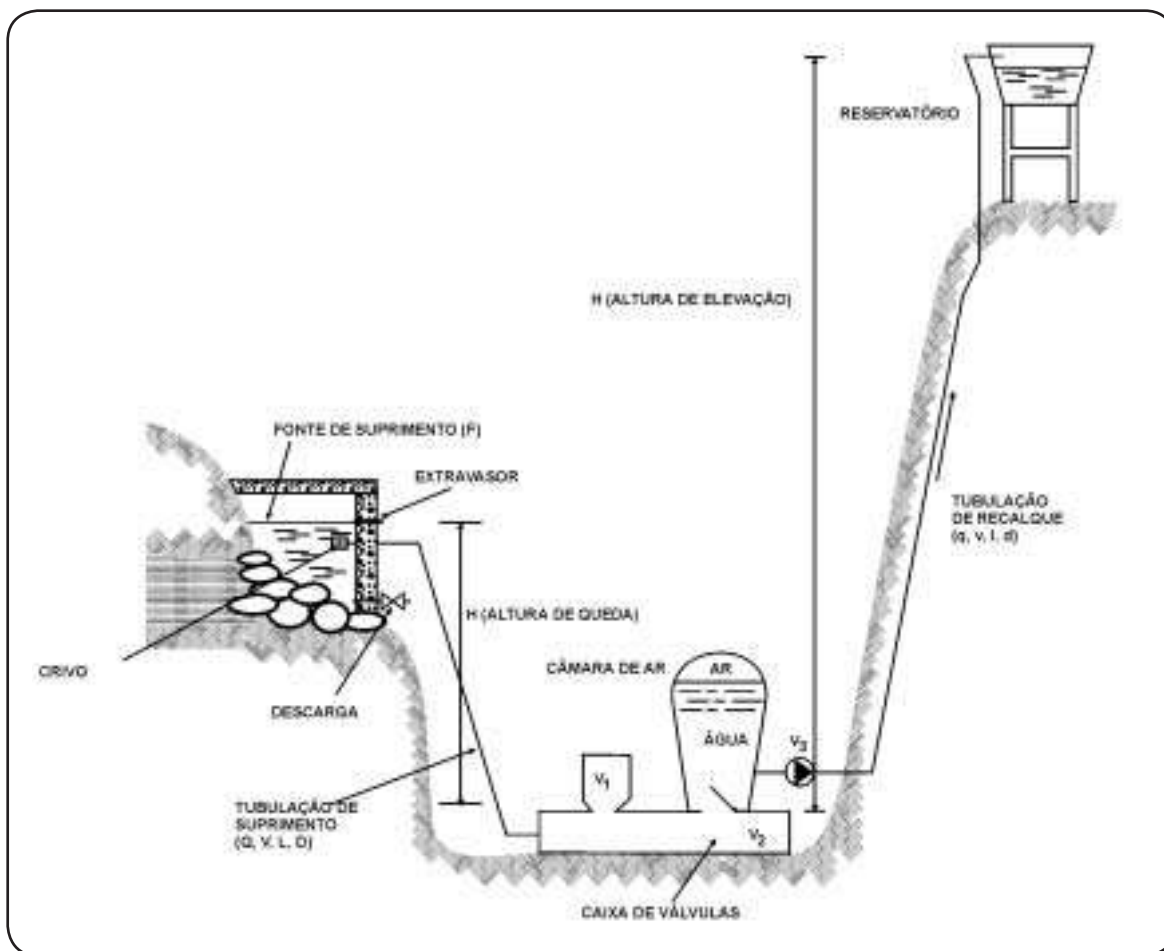
A tubulação deve ser instalada de forma a fazer uso do mínimo possível de curvas ou outras peças que possam aumentar a perda de carga no sistema de alimentação ou recalque.

Deve ser instalada uma válvula de retenção na tubulação de recalque, a uma distância de 0,50m a partir do carneiro hidráulico.

Cuidados especiais devem ser observados, com intuito de que o ar seja mantido dentro da câmara de aríete. Existem modelos de carneiros hidráulicos que possuem dispositivos especiais para a admissão contínua de ar, que são os mais recomendados. Para os modelos que não possuem os dispositivos para admissão contínua de ar, recomenda-se perfurar a tubulação de alimentação com uma broca de um a dois milímetros, a uma distância de 10 a 20 centímetros do carneiro hidráulico.

Quando a tubulação de alimentação for longa (ultrapasse 75 metros), deve ser instalada ao longo da mesma, um ou mais tubos na posição vertical, preferencialmente nos pontos de inflexão (pontos altos do caminhamento), com a extremidade superior aberta e a uma altura superior ao nível da água no manancial.

Figura 73 — Desenho esquemático da instalação de um carneiro (aríete) hidráulico



Fonte: Dacach, 1990.

2.10.7.10. Sistema fotovoltaico (energia solar)

Consiste no fornecimento de água por um sistema padrão de bombeamento solar compreendendo os módulos fotovoltaicos, e um conjunto motobomba, que pode ser submerso, de superfície ou de cavalete. Não são usadas baterias, e a água pode ser armazenada em reservatórios.

Pode ser utilizado para fornecimento de água para consumo humano melhorando as condições de vida nos seguintes locais:

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

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



Tabela 10 — Comparação dos diversos tipos de bombas usadas em pequenos abastecimentos de água

Tipos de Bomba Indicador	Deslocamento		Velocidade			Ar Comprimido	
	De êmbolo manual.	De êmbolo a motor ou cata-vento.	A engrenagem.	Centrífuga.	Turbina para poço profundo.		Ejetor
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.
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 cinco 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.

Tabela extraída do *Volter Supply for Rural Areas* — F.G. Wagner — OMS, Genebra.

2.11. Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Desinfecção de tubulações de sistema público de abastecimento de água* — NBR 10156. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. *Elaboração de projetos de reservatórios de distribuição de águas para abastecimento público* — P-NB 593. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. *Elaboração de projetos hidráulicos de redes de distribuição de água potável para abastecimento público* — P-NB 594. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água* — NB 587. Rio de Janeiro, 1989.
- _____. *Hipoclorito de Cálcio* — EB-2187. Rio de Janeiro, dez. 1991
- _____. *Hipoclorito de Sódio* — EB 2132. Rio de Janeiro, ago. 1991.
- _____. NB 592. Rio de Janeiro, 1989.
- _____. *Projeto de águas para abastecimento público* — NB 591. Rio de Janeiro, 1991.
- _____. *Projeto de captação de bombeamento de água para abastecimento público* — NB 589. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. *Projeto de poço para captação de água subterrânea* — NB 588. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. *Projeto de sistemas de bombeamento de água para abastecimento público* — NB 590. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. *Segurança de escavação a céu aberto* — NB 942. Rio de Janeiro, 1985.
- BARROS, R. T. V. et al. *Saneamento*. Belo Horizonte : Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221 p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental Para Os Municípios, 2).
- BONHENBERGER, J. C. *Sistemas públicos de abastecimento de água*. Viçosa : Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Viçosa, 1993.
- BONHENBERGER, J. C., MESSIAS, J. T. *Tabelas da perda de carga Unitária-Fórmula de Darcy-Weissbach*. Viçosa : Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- BRASIL. Conama. Resolução 20, de 18 de junho de 1986. *Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional*. Online. Disponível na Internet <http://www.lei.adv.br/conama01.htm>
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Monitorização das doenças diarréicas agudas : diarréia — epidemiologia*. Brasília, 1994.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 36, de 19 janeiro de 1990. Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano. *Diário Oficial da União*, Brasília, v.128, n.16, p.1651, 23 jan. 1990. Seção 1.
- _____. Portaria n. 134, de 24 de setembro de 1992. Dispõe sobre o registro de produto saneante domissanitário — “água sanitária”. *Diário Oficial da União*, Brasília, v.130, n.186, p.13512, 28 set. 1992. Seção 1.

- _____. Portaria n. 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Republicada *Diário Oficial da União*, Brasília, v.139, n.38E, p.39, 22 fev. 2001. Seção 1.
- CARTILHA de saneamento : água. Rio de Janeiro : Secretaria de Saneamento e Assistência : Centro de Publicações Técnicas da Aliança : Missão Norte Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil : USAID, 1961.
- CARVALHO, D. F. *Instalações elevatórias — bombas*. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Civil : IPUC, 1977. 355 p. il.
- CARVALHO, J. R. *Fluoretação de águas de abastecimento público: utilização do Fluossilicato de Sódio*. Passos, MG : Coordenação Regional de Minas Gerais da Fundação Nacional de Saúde, 1994.
- CASTRO, P. S., VALENTE, F. *Aspectos técnicos-científicos do manejo de bacias hidrográficas*. Viçosa : Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de águas*. São Paulo, 1998. Cap. 3 e 5.
- _____. *Operação e manutenção de ETA — vol. 2*. São Paulo, 1973. (Patrocinado pelo convênio BNH/ABES/cetesb, 8).
- DACACH, N. G. *Saneamento básico*. 3.ed. Rio de Janeiro : Editora Didática e Científica, 1990.
- Di BERNARDO, L. *Métodos e técnicas de tratamento e água — vol. 2*. Rio de Janeiro : ABES, 1993. Cap. 15.
- EXPERIMENTO realizado pela Fazenda Energética de Uberaba-MG. *Boletim*, N.1 — Bombeamento d'água : uso de catavento.
- MANUAL técnico de instalações hidráulicas e sanitárias. São Paulo : PINI, 1987.
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. *Guias para la calidad del agua potable — vol. 3*. Washington : 1987. Anexo 3. p. 76-83.
- PEREIRA Neto, J. T. *Ecologia, meio ambiente e poluição*. Viçosa : Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- PUPPI, I. *Estruturação sanitárias das cidades*. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 1981. 330 p. il.
- RICHTER, C., AZEVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de água : tecnologia atualizada*. São Paulo : Editora Edgard Blucher, 1991.
- SAUDERS, R. J. *Abastecimento de água em pequenas comunidades : aspectos econômicos e políticos nos países em desenvolvimento*. Rio de Janeiro : ABES: BNH : Brasília : Codevasf, 1983. 252 p.
- STANDART Methods for the Examination of water and wastewater — 19. ed. Washington : 1995. p. 1060-9060.

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

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



Capítulo 3

Esgotamento sanitário

3.1. Considerações gerais

Os dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de várias doenças, entre as quais febre tifóide e paratifóide, diarreias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase, etc. Por isso, torna-se indispensável afastar as possibilidades de seu contato com:

- homem;
- águas de abastecimento;
- vetores (moscas, baratas);
- alimentos.

Observa-se que, em virtude da falta de medidas práticas de saneamento e de educação sanitária, grande parte da população tende a lançar os dejetos diretamente sobre o solo, criando, desse modo, situações favoráveis a transmissão de doenças.

A solução recomendada é a construção de privadas com veiculação hídrica, ligadas a um sistema público de esgotos, com adequado destino final. Essa solução é, contudo, impraticável no meio rural e às vezes difícil, por razões principalmente econômicas, em muitas comunidades urbanas e suburbanas. Nesses casos são indicadas soluções individuais para cada domicílio.

3.1.1. Importância sanitária

Sob o aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos visa, fundamentalmente, ao controle e à prevenção de doenças a eles relacionadas.

As soluções a serem adotadas terão os seguintes objetivos:

- evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água;
- evitar o contato de vetores com as fezes;
- propiciar a promoção de novos hábitos higiênicos na população;
- promover o conforto e atender ao senso estético.

3.1.2. Importância econômica

A ocorrência de doenças, principalmente as doenças infecciosas e parasitárias ocasionadas pela falta de condições adequadas de destino dos dejetos, podem levar o homem a inatividade ou reduzir sua potencialidade para o trabalho.

Assim sendo, são considerados os seguintes aspectos:

- aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças;
- diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis;
- redução do custo do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais;
- controle da poluição das praias e dos locais de recreação com o objetivo de promover o turismo;
- preservação da fauna aquática, especialmente os criadouros de peixes.

3.2. Esgotos domésticos

3.2.1. Conceito

O esgoto doméstico é aquele que provem principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõe de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõem-se essencialmente da água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem.

3.2.2. Características dos excretas

As fezes humanas compõem-se de restos alimentares ou dos próprios alimentos não transformados pela digestão, integrando-se as albuminas, as gorduras, os hidratos de carbono e as proteínas. Os sais e uma infinidade de microorganismos também estão presentes.

Na urina são eliminadas algumas substâncias, como a uréia, resultantes das transformações químicas (metabolismo) de compostos nitrogenados (proteínas).

As fezes e principalmente a urina contêm grande percentagem de água, além de matéria orgânica e inorgânica. Nas fezes está cerca de 20% de matéria orgânica, enquanto na urina 2,5%.

Os microorganismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, sendo que os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae*) estão presentes em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes.

3.2.3. Características dos esgotos

3.2.3.1. Características físicas

As principais características físicas ligadas aos esgotos domésticos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez e variação de vazão.

- a) matéria sólida: os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos. É devido a esse percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos;
- b) temperatura: a temperatura do esgoto é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura;
- c) odor: os odores característicos do esgoto são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim o odor de mofo, típico do esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico;
- d) cor e turbidez: a cor e turbidez indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada de alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho;
- e) variação de vazão: a variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto doméstico é em função dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja 80%.

3.2.3.2. Características químicas

As principais características químicas dos esgotos domésticos são: matéria orgânica e matéria inorgânica.

- a) matéria orgânica: cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes com nitrogênio.

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos por: - compostos de: proteínas (40% a 60%), carboidratos (25% a 50%), gorduras e óleos (10%) e uréia, sulfatans, fenóis, etc.

- as proteínas: são produtoras de nitrogênio e contêm carbono, hidrogênio, oxigênio, algumas vezes fósforos, enxofre e ferro. As proteínas são o principal constituinte de organismo animal, mas ocorrem também em plantas. O gás

sulfídrico presente nos esgotos é proveniente do enxofre fornecido pelas proteínas;

- os Carboidratos: contêm carbono, hidrogênio e oxigênio. São as principais substâncias a serem destruídas pelas bactérias, com a produção de ácidos orgânicos, (por esta razão os esgotos velhos apresentam maior acidez);
- gordura: é o mesmo que matéria graxa e óleos, provem geralmente do esgoto doméstico graças ao uso de manteiga, óleos vegetais, da carne, etc;
- os sulfatans; são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto;
- os Fenóis: são compostos orgânicos originados em despejos industriais.

b) matéria inorgânica

Nos esgotos é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas.

3.2.3.3. Características biológicas

As principais características biológicas do esgoto doméstico são: microorganismos de águas residuais e indicadores de poluição.

a) microorganismos de águas residuais

Os principais organismos encontrados nos esgotos são: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas.

Deste grupo as bactérias são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas estações de tratamento.

b) indicadores de poluição

Há vários organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição.

Para indicar no entanto a poluição de origem humana usa-se adotar os organismos do grupo coliforme como indicadores.

As bactérias coliformes são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente (mamíferos) e por estarem presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da poluição. Seria por demais trabalhoso e antieconômico se realizar análises para determinar a presença de patogênicos no esgoto; ao invés disto se determina a presença de coliformes e, por segurança, se age como se os patogênicos também estivessem presentes.

3.2.4. Produção de esgoto em função da oferta de água

3.2.4.1. Pouca oferta de água

Nessas condições a água utilizada para consumo, geralmente é obtida em torneiras públicas ou fontes distantes acarretando um grande esforço físico para o transporte até os domicílios.

O esgoto produzido nessa condição é praticamente formado por excretas que normalmente podem ser lançados em fossas secas, estanque ou de fermentação.

3.2.4.2. Muita oferta de água

A presença de água em abundância aumenta a produção de esgoto. Nessa condição os esgotos produzidos necessitam de uma destinação mais adequada onde deve ser levado em conta: a vazão, tipo de solo, nível do lençol, tipo de tratamento (primário, secundário ou terciário), etc.

3.2.5. Bactéria aeróbica e anaeróbica

O oxigênio é essencial a todo ser vivo para a sua sobrevivência. Na atmosfera encontramos o oxigênio necessário aos organismos terrestres e o oxigênio para os organismos aquáticos se encontram dissolvidos na água. Por maior que seja a poluição atmosférica, o teor de oxigênio no ar (21%) não será tão afetado, já havendo poluição orgânica (esgoto) na água o oxigênio dissolvido pode até desaparecer, trazendo grandes prejuízos à vida aquática.

Como qualquer ser vivo, as bactérias também precisam de oxigênio. As bactérias aeróbicas utilizam-se do oxigênio livre na atmosfera ou dissolvidos na água, porém as bactérias anaeróbicas para obtê-lo terão que desdobrar (abrir) substâncias compostas. Também existe as bactérias facultativas, que podem viver do oxigênio livre ou combinado. Esses três tipos de bactérias encontram-se normalmente no solo e podem ser patogênicos ou saprófitas que vivem exclusivamente às custas de matéria orgânica morta.

3.2.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

É a forma mais utilizada para se medir a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto ou em outras palavras; medir a quantidade de oxigênio necessário para estabilizar a matéria orgânica com a cooperação de bactérias aeróbicas. Quanto maior o grau de poluição orgânica maior será a DBO. A DBO vai reduzindo-se gradativamente durante o processo aeróbio até anular-se, quando então a matéria orgânica estará totalmente estabilizada. Normalmente a uma temperatura de 20°C, e após 20 dias, é possível estabilizar 99,0% da matéria orgânica dissolvida ou em estado coloidal. Em geral a DBO dos esgotos

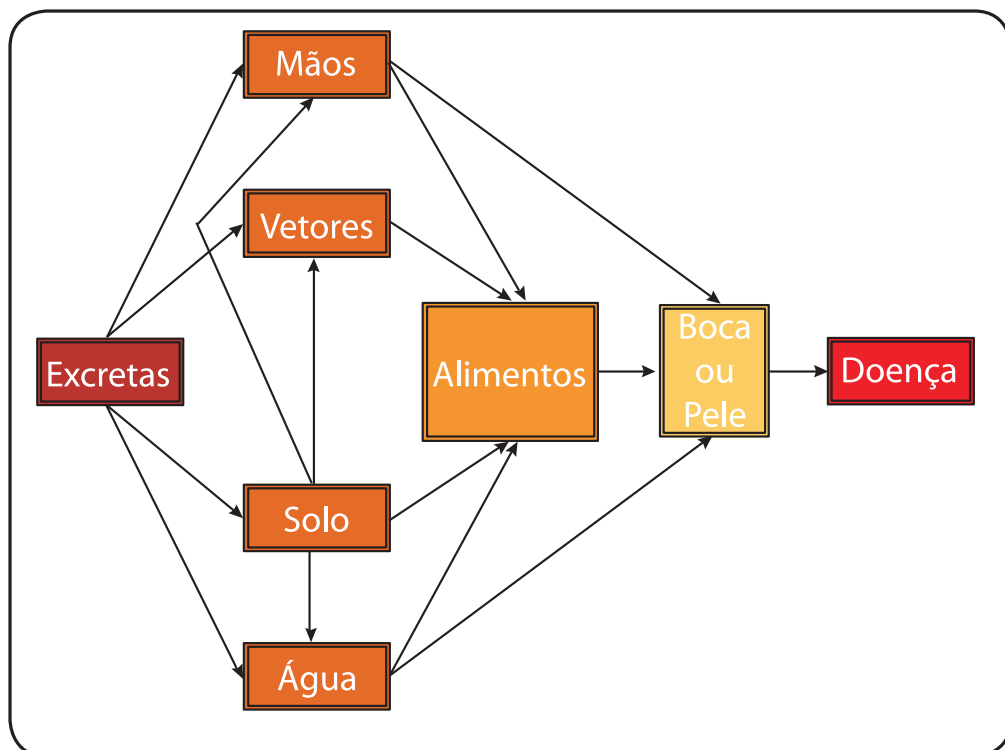
domésticos varia entre 100mg/L e 300mg/L, em outras palavras o número em mg indica a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica presente no esgoto.

3.3. Conceito de contaminação

Introdução, no meio, de elementos em concentrações nocivas à saúde dos seres humanos, tais como: organismos patogênicos, substâncias tóxicas ou radioativas.

- Fluxo de contaminação fecal

Figura 74 — Modo de propagação de doença por excretas humanas



Fonte: Adaptado Dacach, 1990.

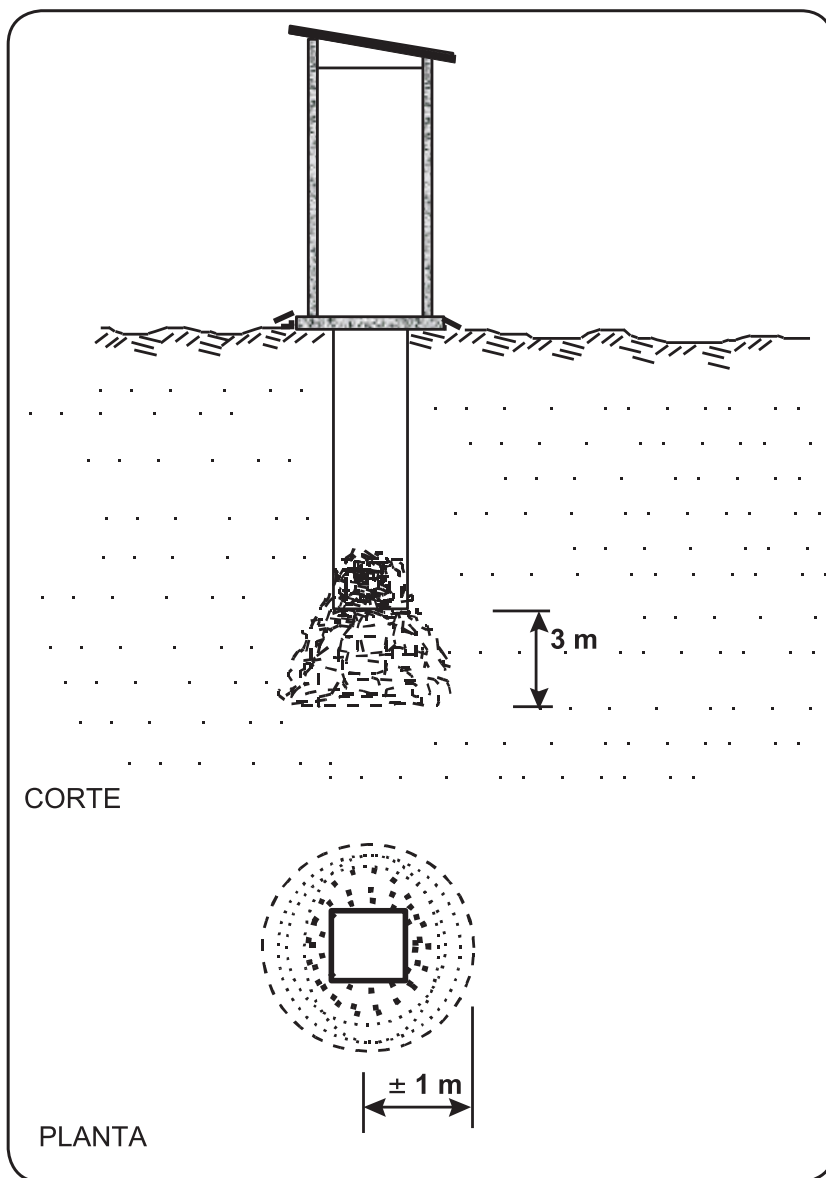
3.4. Sobrevivência das bactérias

A sobrevivência das bactérias, no solo, varia bastante; assim, o bacilo tifoídico resiste sete dias no esterco, 22 dias em cadáveres enterrados, 15 a 30 dias em fezes, 70 dias em solo úmido e 15 dias em solo seco; o bacilo disentérico, oito dias em fezes sólidas, 70 dias em solo úmido e 15 dias em solo seco.

3.4.1. Disseminação de bactérias no solo

A Disseminação horizontal é quase nula chegando a 1m de raio; a vertical atinge, no máximo, a 3m em terreno sem fenda.

Figura 75 — Disseminação das bactérias no solo



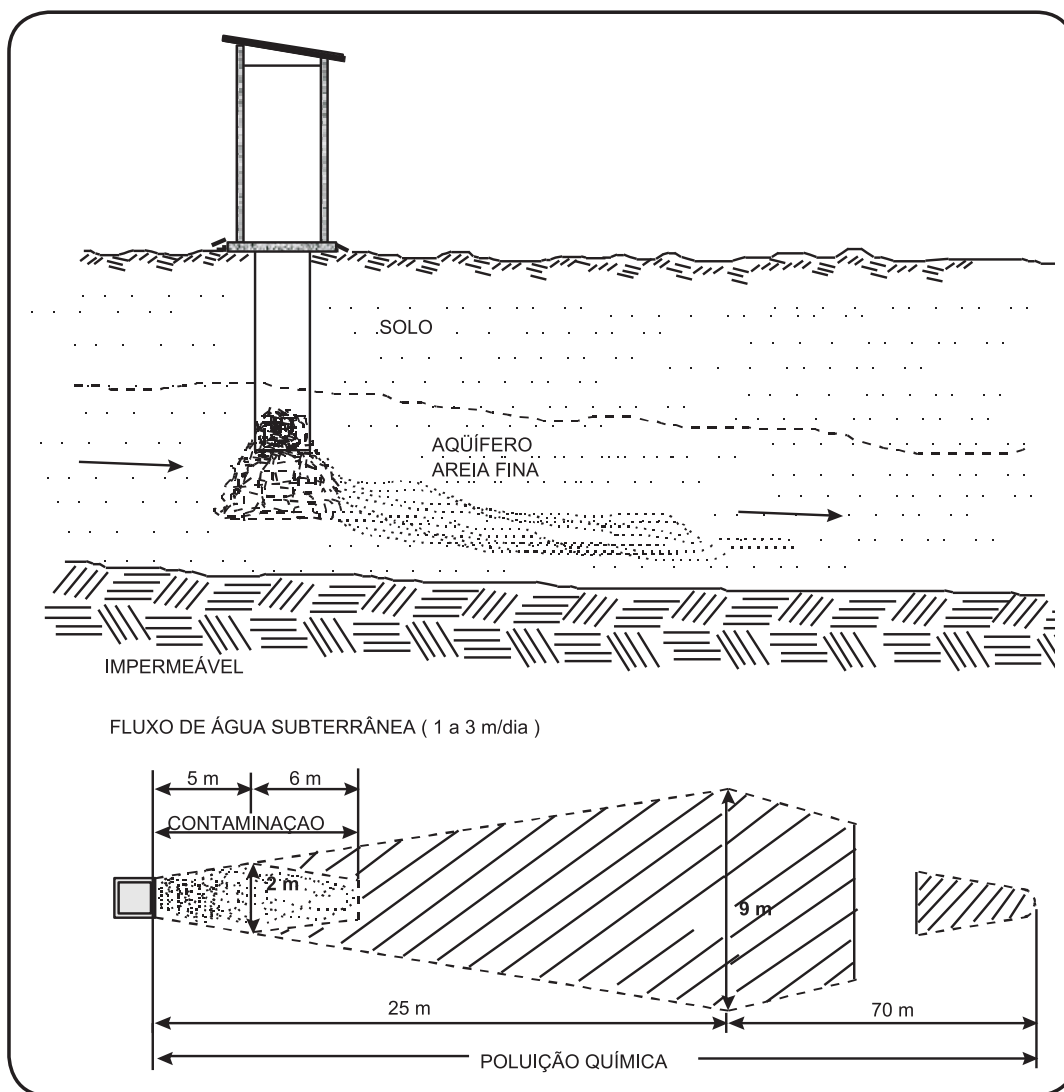
3.4.2. Disseminação de bactérias em águas subterrâneas

Como regra geral, é imprevisível. Poderá, entretanto, ser determinada no local, por meio do teste de fluoresceína.

A água subterrânea com um fluxo de 1m a 3m por dia pode resultar no arrastamento de bactérias a uma distância de 11m no sentido do fluxo.

A própria natureza encarrega-se de um processo dito de autodepuração. Contudo, o aumento da densidade humana dificulta a autodepuração e obriga o homem a sanear o ambiente onde vive, para acelerar a destruição dos germes patogênicos e precaver-se contra doenças.

Figura 76 - Disseminação das bactérias em águas subterrâneas



3.5. Estabilização dos excretas

Os excretas humanos possuem matéria orgânica, instável, constituída de poucas substâncias simples como hidrogênio (H), oxigênio (O), azoto (Az), Carbono (C), enxofre (S) e fósforo (P), que combinadas de diversas maneiras e proporções formam a imensa variedade de compostos orgânicos em estado sólido, líquido e gasoso.

Os excretas lançados no solo, sofrem ação de natureza bioquímica, pela presença de bactérias saprófitas, até sua mineralização.

A decomposição aeróbia (oxidação) acontece quando a matéria orgânica está em íntimo contato com o oxigênio livre. Quando a massa orgânica colocada em contato com o ar for muito espessa, a oxidação só acontecerá na superfície livre e conseqüentemente o seu interior sofrerá decomposição anaeróbia (redução) devido a falta de oxigênio. Entretanto, se a mesma massa for diluída em grande volume de água contendo oxigênio dissolvido, a decomposição pode ser totalmente aeróbia, porque essas condições propiciam um íntimo contato das substâncias orgânicas tanto com o oxigênio como com as bactérias aeróbias.

Além da decomposição aeróbia não produzir maus odores, processa-se em período de tempo menor que a anaeróbia. A decomposição anaeróbia, para total estabilização da matéria orgânica, requer várias semanas e até meses, enquanto a aeróbia pode efetivar-se em termos de horas.

Como a decomposição anaeróbia produz gases fétidos (gás sulfídrico, mercaptano, etc.), costuma-se dizer que a matéria está em putrefação ou estado séptico.

A matéria orgânica depois de estabilizada pode ser assimilada pelas plantas e estas ingeridas como alimentos pelo homem e pelos animais, cujas excreções são novamente desdobradas e finalmente estabilizadas, fechando-se o ciclo que se repete indefinidamente.

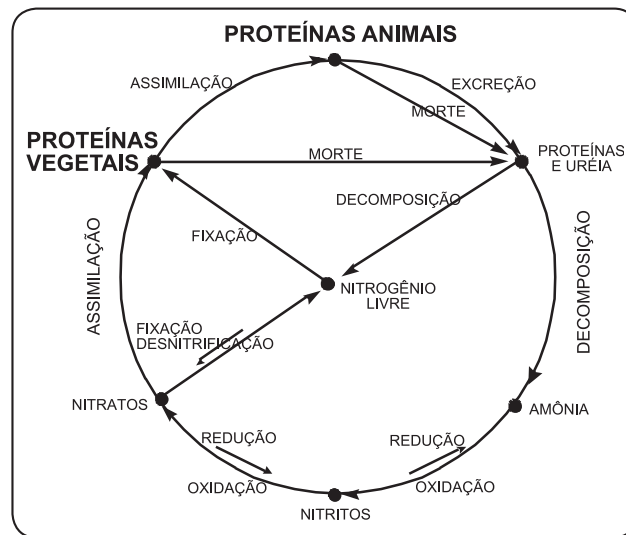
O ciclo da decomposição (ciclo da vida e da morte) pode ser representado pelos principais componentes da matéria orgânica (Carbono, Nitrogênio e Enxofre).

3.5.1. Ciclo do nitrogênio

O solo contém uma flora bacteriana abundante, sendo quase toda composta de bactérias saprófitas. Ele oferece, geralmente, condições desfavoráveis à multiplicação dos germes patogênicos e até mesmo à sua existência por muito tempo. A matéria orgânica, uma vez no solo, sofre transformações regulares, conhecidas como “ciclo da matéria orgânica”. Exemplo típico é o ciclo do nitrogênio, que é apresentado esquematicamente na figura 77, tomando as proteínas animais ou vegetais como fonte de nitrogênio:

- pela morte do animal ou do vegetal, os resíduos orgânicos (dejetos) sofrem sua primeira transformação;
- a seguir, pela ação das bactérias de putrefação sobre o cadáver ou os excretas, são produzidos gases como nitrogênio amoniacal (NH_3 - amônia);
- pela ação de bactérias aeróbias (oxidantes ou nitrificantes), presentes no solo, são produzidos, sucessivamente, nitritos e nitratos;
- fechando o ciclo, há absorção dos nitratos pelas raízes dos vegetais e destes pelos animais, recomeçando o ciclo.

Figura 77 — Ciclo do nitrogênio



Fonte: Dacach, 1990.

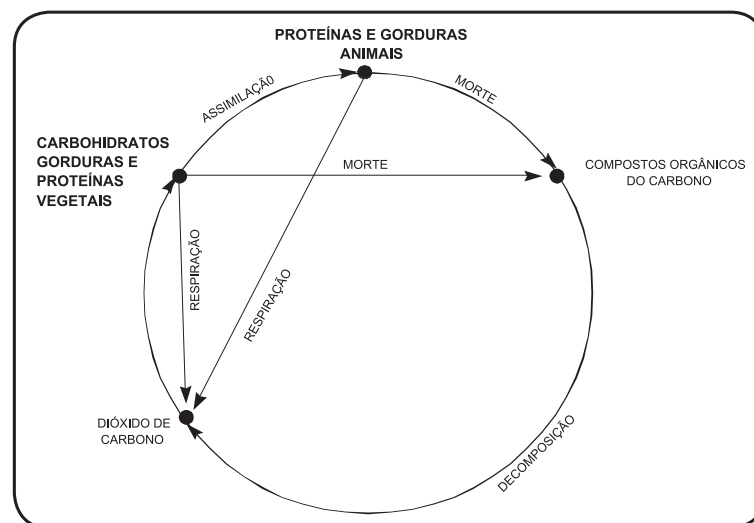
3.5.2. Ciclo do carbono

A matéria orgânica, carbonatada dos excretas ou de animais e vegetais mortos, decompõe produzindo gás carbônico ou carbonatos.

Durante o dia, pela presença dos raios solares, a clorofila entra em ação e o dióxido de carbono é assimilado formando carboidratos, que se transformarão em gorduras e proteínas. À noite as plantas, durante o seu processo de respiração, absorvem o oxigênio (O_2) e liberam o gás carbônico (CO_2).

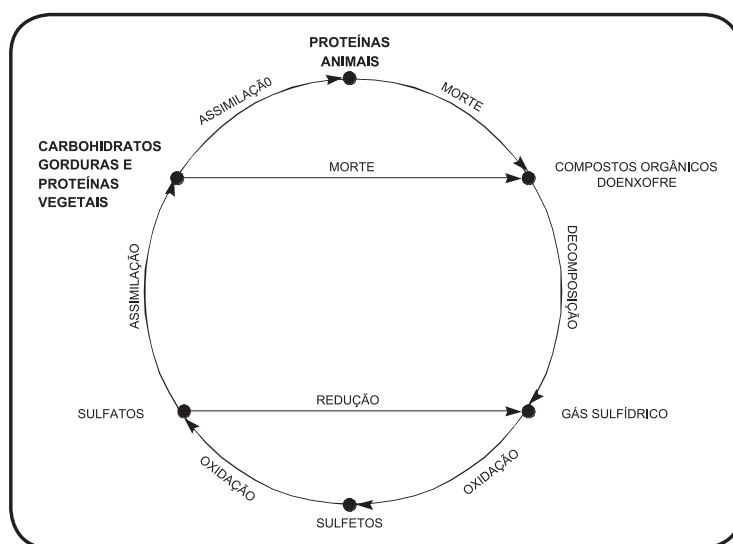
Os animais, se alimentando de produtos vegetais, transformam a matéria orgânica vegetal em animal, produzindo resíduos. Quando morrem, fecha-se o ciclo da vida e da morte em relação ao carbono (C).

Figura 78 — Ciclo do carbono



Fonte: Dacach, 1990.

Figura 79 — Ciclo do enxofre



Fonte: Dacach, 1990.

3.5.3. Ciclo do enxofre

Com a morte dos vegetais e animais, ou pelos excretas, as proteínas dão origem a compostos de enxofre, como o gás sulfídrico, que depois de sofrerem oxidação, formam os sulfatos.

A oxidação do gás sulfídrico é possível pela presença de certas bactérias (Beggiatoa e a Thiothrix) que necessitam do mesmo para sobreviver.

3.6. Doenças relacionadas com os esgotos

É grande o número de doenças cujo controle está relacionado com o destino inadequado dos dejetos humanos. Citaremos entre as principais: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarréia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estrogiloidíase, febre tifóide, febre paratifóide, salmonelose, teníase e cisticercose.

3.6.1. Modos de transmissão

- pelos contatos diretos da pele com o solo contaminado por larvas de helmintos, provenientes de fezes de portadores de parasitoses: as fezes do homem doente, portador de ancilostomose e estrogiloidose contém ovos dos parasitas que, uma vez no solo, eclodem, libertando as larvas; estas aguardam a oportunidade de penetrar na pele de outra pessoa, vindo localizar-se no seu intestino depois de longo trajeto por vários órgãos;

Exemplo de medidas de controle:

- uso de privadas evitando a contaminação da superfície do solo.

b) pelo contato direto da pele com coleções de água contaminada por cercárias:

Exemplo de medidas de controle:

- uso de privada evitando a contaminação das águas de superfície (lagoas, córregos, etc.). Evitar o banho em córregos e lagos, nas regiões onde houver prevalência de esquistossomose;

c) pela ingestão de alimentos e água contaminados diretamente pelos dejetos: é o modo de transmissão da ascaridíase, da amebíase, das febres tifóide e paratifóide e de outras doenças.

Exemplo de medidas de controle:

- lavar frutas e verduras em água potável;
 - evitar a contaminação por fezes das águas de irrigação;
 - desinfecção da água para consumo humano;
 - proteger mananciais e fontes de água destinados ao consumo humano;
- d) pela ingestão de alimentos contaminados por vetores: entre as doenças veiculadas pelos vetores, citam-se: diarreias infecciosas, febre tifóide e paratifóide.

Exemplo de medidas de controle:

- proteger os alimentos e eliminar os focos de proliferação de vetores;
- e) pela ingestão de alimentos diretamente contaminados pela mão de homem, por falta de higiene pessoal: é o principal modo de transmissão das diarreias infecciosas, que são as grandes responsáveis pela alta mortalidade infantil.

Exemplo de medida de controle:

- lavar as mãos, após o uso da privada e troca de fraldas das crianças, antes de lidar com alimentos e antes das refeições;
- f) pela ingestão de carnes suínas e bovinas contaminadas com cisticercos viáveis: a *Taenia solium* (do porco) e a *Taenia saginata* (do boi) enquistam-se nos tecidos dos mesmos, sob a forma de larvas (cisticercos). Uma vez ingerida pelo homem a carne crua ou mal cozida, contaminada com cisticercos, este adquire a teníase. A *Taenia solium* ou *saginata* fixa-se pelo escólex à mucosa do terço médio do intestino delgado, dispondo o restante do corpo ao longo da luz intestinal. Desenvolvendo o verme adulto, expulsando diariamente de quatro a oito proglotes (anéis) contendo em média 50 a 80 mil ovos, em cada proglotes.

A cisticercose humana se dá pela ingestão de ovos de *T.Solium* presentes em mãos, água e alimentos contaminados da mesma forma que a suína, havendo no entanto, uma predileção pelo sistema nervoso central.