Fonte:

http://www.funasa.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=232228&_101_type=content&_101_urlTitle=manual-de-saneamen-1&inheritRedirect=true

FUNASA



MANUAL
DE SANEAMENTO
5ª EDIÇÃO

Funasa

Manual de Saneamento

Brasília, 2019

2019. Fundação Nacional de Saúde.

Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.
A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde:<www.saude.gov.br/bvs> e no Portal da Fundação Nacional de Saúde: <http://www.funasa.gov.br/site/publicacoes/>

Tiragem: 5ª edição – 2019 – 2.500 exemplares (2.400 brochura e 100 capa dura)

Publicações anteriores:
- Manual para Guardas Sanitários. Sesp, 1944 (apostila).
- Manual de Saneamento. Sesp, 1950 (apostila).
- Manual de Saneamento. Fsesp, 1964 (apostila).
- Manual de Saneamento – Fsesp, 1972. 1ª ed. 1979 (reimpressão)
- Manual de Saneamento – Fsesp, 1981. 2ª ed. 1994 (reimpressão)
- Manual de Saneamento – Funasa, 1999. 3ª edição. 2004, 2006 e 2007 (reimpressões).
- Manual de Saneamento – Funasa, 2015. 4ª edição.

Elaboração, distribuição e informações:
Ministério da Saúde
Fundação Nacional de Saúde
Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp)
Coordenação Geral de Cooperação Técnica em Saneamento (Cgcot)
Coordenação de Informação e Tecnologia em Saneamento (Codet)
Edifício PO 700. Setor de Rádio e Televisão Norte (SRTVN) Quadra 701. Lote D. 2º andar. Asa Norte
Brasília/DF. CEP. 70719-040. Brasil.
Home page: http://www.funasa.gov.br

Equipe técnica da revisão da 5ª edição:
Patrícia Valéria Vaz Areal – Cgcot/Densp. Coordenadora-geral
Filomena Kotaka – Codet/Cgcot/Densp. Coordenadora
Daniel Oliveira dos Santos - Suest/PB
Helena Magalhães Porto Lira - Suest/PE
Hélio Sanfelice - Suest/PR
Marcelo Carvalho de Resende - Suest/MG
Maria das Graças Dias - Codet/Cgcot/Densp
Mario Mutsuo Onuki - ex-Suest/PB
Rainier Pedraça Azevedo - Suest/AM
Selma Irene Antonio – Codet/Cgcot/Densp

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

Ficha Catalográfica

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde.
Manual de saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 5.ed. Brasília: Funasa, 2019.
545 p.: il.

ISBN 978-85-7346-060-5

1. Saneamento básico. 2. Saneamento ambiental. I. Título.

CDU 628

Catalogação na Fonte - Divisão de Museu e Biblioteca.

Texto para indexação:
Em inglês: Sanitation Manual
Em espanhol: Manual de saneamiento

Sumário

Prefácio à 5ª edição **7**

Apresentação **9**

1 Saneamento e saúde **11**
1.1 Introdução 11
1.2 O saneamento no Brasil 11
1.3 Histórico da Funasa e o saneamento 13
1.4 Abordagem do saneamento 16
1.5 Conceitos 16
1.6 Considerações finais 20
Referências bibliográficas 21

2 Meio ambiente **23**
2.1 Introdução 23
2.2 O Planeta Terra 23
2.3 Litosfera 27
2.4 Atmosfera 34
2.5 Hidrosfera 36
2.6 Biosfera 46
2.7 Considerações finais 52
Referências bibliográficas 53

3 Abastecimento de água **55**
3.1 Introdução 55
3.2 Importância do abastecimento de água 55
3.3 Conceitos 56
3.4 Necessidades de água 57
3.5 Sistema de abastecimento de água e solução alternativa 59
Referências bibliográficas 147

4 Esgotamento sanitário **151**
4.1 Introdução 151
4.2 Importância da disposição final adequada para os esgotos 151
4.3 Conceitos 155
4.4 Características dos esgotos 160
4.5 Soluções de esgotamento 165
Referências bibliográficas 244

5 Drenagem das águas pluviais **247**
5.1 Introdução 247
5.2 Conceitos 247
5.3 Importância dos sistemas de drenagem urbana 248
5.4 Planejamento do sistema de drenagem urbana 249
5.5 Plano diretor de drenagem urbana 249
5.6 Medidas de controle 250
5.7 Sistema de drenagem 251
5.8 Critérios de projeto de drenagem 255
5.9 Ordenamento do meio ambiente para o controle de agravos 273
5.10 Considerações finais 278
Referências bibliográficas 279

6 Resíduos sólidos **281**
6.1 Introdução 281
6.2 Conceitos 281
6.3 Classificação dos resíduos sólidos 282
6.4 Principais características de resíduos sólidos 283
6.5 Planos de gestão de resíduos sólidos 284
6.6 Plano de gerenciamento de resíduos sólidos 286
6.7 Cooperativismo 287
6.8 Serviço público de limpeza urbana 287
6.9 Acondicionamento, coleta e transporte dos resíduos sólidos 291
6.10 Etapas da reciclagem dos resíduos sólidos 300
6.11 Processo de reciclagem de materiais 300
6.12 Compostagem 302
6.13 Resíduos de serviços de saúde (RSS) 310
6.14 Disposição final 315
Referências bibliográficas 325

7 Artrópodes **329**
7.1 Introdução 329
7.2 Importância 329
7.3 Classe *Insecta* 330
7.4 Classe *Arachnida* 365
7.5 Controle de artrópodes 375
Referências bibliográficas 377

8 Roedores **381**
8.1 Introdução 381
8.2 Importância 381
8.3 Aspectos da biologia e comportamento 383
8.4 Classificação dos roedores 385
8.5 Controle de roedores 402
8.6 Medidas de segurança no uso de raticidas 411
Referências bibliográficas 412

9 Informações geográficas para o saneamento **415**
9.1 Introdução 415
9.2 Conceitos 416
9.3 Sistemas de referência 417
9.4 Noções de cartografia 421
9.5 Noções de topografia 426
9.6 Levantamento topográfico 427
9.7 Numeração predial 441
9.8 Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 446
Referências bibliográficas 447

10 Saneamento em situações especiais **449**
10.1 Introdução 449
10.2 Desastres Naturais 449
10.3 Situações de emergência em regiões semiáridas 479
10.4 Cidades resilientes 489
10.5 Considerações finais 492
Referências bibliográficas 493

11 Orientações básicas para obras de saneamento **495**
11.1 Introdução 495
11.2 Conceitos 495
11.3 Fundamentos matemáticos usados em projetos e obras de engenharia 496
11.4 Gerenciamento técnico da obra 499
11.5 Materiais empregados em obras de saneamento 515
11.6 Considerações finais 527
Referências bibliográficas 528

12 Educação em saúde ambiental no saneamento **529**
12.1 Introdução 529
12.2 Conceitos 529
12.3 Intervenções de educação em saúde ambiental no saneamento 531
12.4 Princípios da educação em saúde ambiental no saneamento 532
12.5 Atuação em educação em saúde ambiental no saneamento 533
12.6 Considerações finais 540
Referências bibliográficas 541

Prefácio à 5ª edição

O "Manual para Guardas Sanitários", precursor do Manual de Saneamento, foi elaborado em 1944, como apostila para os cursos de guardas sanitários realizados inicialmente na Amazônia e ministrados pelo Serviço Especial de Saúde Pública (Sesp), uma das instituições antecessoras da Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**).

No decorrer desses cursos, o Manual foi aprimorado e enriquecido com as experiências e as pesquisas de campo realizadas pelo Sesp, sendo feitas várias versões a partir de 1947, quando essa instituição começa a expandir-se nacionalmente. A versão de 1950, já denominada de "Manual de Saneamento", consagra o título utilizado até os dias atuais.

Em 1964, o Manual de Saneamento foi publicado pela Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (Fsesp), com o propósito de corrigir todos os erros da edição provisória e especialmente preencher as lacunas de desenhos. Foi estruturado em dois volumes, ainda datilografados, sendo o primeiro contendo dois capítulos abordando o saneamento e o abastecimento de água e o segundo contendo mais seis capítulos com abordagens específicas sobre o destino de dejetos, lixo, controle de insetos, controle de roedores, saneamento na escola e saneamento dos alimentos.

Em 1972, publica-se a chamada "terceira edição" do Manual. Na realidade essa pode ser considerada a primeira edição em formato de livro cujo conteúdo está distribuído em três volumes. Nessa edição houve o incremento da abordagem do saneamento nos locais de banho, nas indústrias e em épocas de emergência e casos de calamidade pública. Também trouxe uma abordagem sobre noções de topografia e materiais de construção para saneamento.

A publicação de 1979, considerada como "quarta edição", tratava-se da reimpressão da edição de 1972.

A publicação de 1981 foi renumerada como segunda edição (considerando-se a primeira como a de 1972). O Manual de Saneamento nessa edição passou por uma significativa revisão e teve seu conteúdo reunido em um único volume, foi suprimido o saneamento nos locais de banho e nas indústrias, e acrescido o saneamento nos locais de trabalho, totalizando 250 páginas.

A partir de 1991, com a criação da **Funasa**, absorvendo as atribuições da Fsesp e da Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (Sucam), o Manual de Saneamento continuou a ser publicado, sendo reimpressa a segunda edição em 1994.

Na terceira edição, de 1999, a **Funasa** promoveu uma revisão detalhada do Manual, apresentando uma visão mais conceitual dos problemas ligados ao meio ambiente, reportando-se à Agenda 21, um dos principais documentos elaborados na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Essa edição foi reimpressa nos anos 2004, 2006 e 2007 e ganhou uma versão digital e passou a ser veiculada na internet.

Na quarta edição do Manual de Saneamento de 2015, além das questões técnicas abordadas anteriormente, procurou proporcionar ao leitor uma visão mais conceitual dos problemas ligados ao meio ambiente, agregando novos conceitos, tecnologias, legislação e, sobretudo, temas de preocupação atuais. Ao mesmo tempo em que o Manual apresenta as tecnologias inovadoras, não se pode esquecer das tecnologias simplificadas e das sociais, com eficácia comprovada pela **Funasa** e adequadas para as populações dispersas, sobretudo das áreas rurais, quilombolas, dos assentamentos, ribeirinhas e indígenas.

Embora existam divergências quanto a sequência correta ou numeração das publicações, os anos de todas as edições, impressões e reimpressões deste Manual são: 1944, 1950, 1964, 1972, 1979, 1981, 1991, 1994, 1999, 2004, 2006, 2007 e 2015.

Nesta quinta edição do Manual de Saneamento de 2018, para melhorar a qualidade, foram realizadas correções, ajustes no conteúdo, redação e padronização de figuras, uma vez que não foi editada uma revisão contendo as erratas identificadas na 4ª edição. Foram incorporadas novas informações pertinentes ao saneamento, resultando na necessidade de nova edição.

Manteve-se ainda a mesma estrutura e conteúdo da versão anterior, contemplando os seguintes capítulos:

1. Saneamento e saúde; 2. Meio ambiente; 3. Abastecimento de água; 4. Esgotamento sanitário; 5. Drenagem das águas pluviais; 6. Resíduos sólidos; 7. Artrópodes; 8. Roedores; 9. Informações geográficas para o saneamento; 10. Saneamento em situações especiais; 11. Orientações básicas para obras de saneamento; e 12. Educação em saúde ambiental e saneamento.

Além disso, esta edição do Manual, será publicada nas versões em inglês e espanhol. Nesse contexto, foram necessários ajustes para tornar compreensíveis os diversos conceitos do saneamento para os países de língua inglesa e espanhola.

Devido às diversas expressões utilizadas em diferentes países, buscou os termos mais consagrados na literatura para designar os regionalismos descritos neste manual. Assim, termos específicos do Brasil serão explicados em nota. Ainda, foram realizados ajustes em terminologias para atualização do documento e para tornar o texto original compatível com suas versões traduzidas.

Destaca-se que não há um conceito único para saneamento, o qual pode assumir conteúdos diferentes em cada cultura. Em diversos países, esse termo é utilizado de maneira mais restrita sendo considerado, em alguns casos, apenas para esgotamento sanitário.

O título *Manual de saneamento da* **Funasa** está consagrado no Brasil desde sua primeira edição. Optou-se, portanto, por manter o mesmo título traduzido literalmente para a língua inglesa e espanhola.

Entretanto, independentemente do conceito de saneamento que se possa adotar, este manual considera o termo "saneamento" como o conjunto das atividades relacionadas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, controle de vetores e roedores, além de outros aspectos de engenharia de saúde pública.

Manteve-se a mesma preocupação da versão anterior, com capítulos escritos de maneira didática, aprofundando os temas no nível necessário, para alcançar o público-alvo do Manual. A propósito do perfil profissional deste público-alvo, vale lembrar que, em muitos casos, foi instituído como livro didático de escolas de nível médio e superior. Apenas essa trajetória do Manual já seria suficiente para reconhecer a relevância da obra, cuja construção foi um legado da primeira geração de sanitaristas da **Funasa**.

O Manual de saneamento continua sendo uma importante fonte de consulta aos profissionais das mais diversas áreas do conhecimento, em especial, aos ligados a saneamento e à saúde pública; gestores e técnicos municipais e estaduais; professores; pesquisadores e estudantes, de instituições públicas e privadas, nacionais e estrangeiras e usuários em geral.

Apresentação

A Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**), vinculada ao Ministério da Saúde, é uma das instituições do governo federal responsável em promover a saúde pública e inclusão social por meio de ações de saneamento e saúde ambiental.

Em 1942, teve início as atividades de uma das instituições antecessoras da **Funasa**, o Serviço Especial de Saúde Pública (Sesp), por meio do convênio firmado entre os governos brasileiro e norte-americano. O Sesp, subordinado ao Ministério da Educação e Saúde, tinha como umas das suas atribuições atuar no saneamento do Vale do Rio Amazonas, especialmente na profilaxia e nos estudos de malária no Vale e a assistência médico-sanitária aos trabalhadores ligados ao desenvolvimento econômico da referida região.

Para solucionar o problema de pessoal, o Sesp organizou, como prioridade, um programa educacional para treinamento de pessoal, em relação aos problemas de saúde pública.

O primeiro curso de guardas sanitários, posteriormente denominados auxiliares de saneamento, foi realizado de 1º de maio a 10 de junho de 1944, na cidade de Itacoatiara-AM. A orientação geral para esses cursos era dada pelo "Manual de Guardas Sanitários", preparado por engenheiros do serviço, escrito em linguagem simples, com quadros e desenhos ilustrativos para maior facilidade e compreensão. Esta publicação foi a precursora do atual "Manual de Saneamento".

Em 1960, o Sesp é transformado em Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (Fsesp). O acordo que instituía o auxílio dos Estados Unidos ao Sesp chegou ao fim, passando a ser atribuição do Ministério da Saúde a geração de recursos para essa fundação.

Um dos objetivos básicos da Fsesp era de promover a difusão de conhecimentos técnicos ligados à saúde pública, por meio da edição de livros, revista e outras publicações, com destaque para o Manual de Saneamento, denominação que passou a ser adotada nas edições e revisões posteriores.

Em 1970, foi instituída a Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (Sucam), incorporando alguns órgãos já existentes no Ministério da Saúde.

A partir de 1991, com a criação da Funasa, decorrente principalmente da fusão da Fsesp e da Sucam, os acervos técnicos foram assimilados pela nova instituição, em que o Manual de Saneamento foi republicado e revisado, demonstrando interesse pelas boas obras editadas, fruto do trabalho dos técnicos, nas mais inóspitas regiões do Brasil.

A política brasileira para o saneamento básico tem como uma de suas diretrizes a garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares. O Ministério da Saúde, por intermédio da **Funasa**, é responsável pela implementação das ações de saneamento em áreas rurais.

Ao longo de seus mais de 70 anos de existência, o Manual de Saneamento é, considerado, a publicação da Funasa de maior destaque. O desafio é a cada revisão modernizar o instrumento construído nos anos 1940 (revolucionário à época) e que atravessou décadas servindo gerações de novos sanitaristas pelo Brasil e pela América Latina.

Assim como as edições anteriores, acredita-se que esta edição continuará tendo grande aceitação, não somente de leitores e profissionais ligados à área de saneamento, mas também de diversas outras áreas que procuram adquirir conhecimentos e maior integração com o saneamento.

Com a missão institucional de "promover a saúde pública e a inclusão social por meio de ações de saneamento e saúde ambiental", a Funasa torna público a 5ª edição do Manual de Saneamento – revisada e atualizada –, objetivando orientar: gestores, profissionais, estudantes e técnicos em geral.

Esta publicação é dirigida não apenas ao país, mas disponibilizada para os países vizinhos, América Latina, países africanos de língua portuguesa e outros, traduzida para os idiomas espanhol e inglês.

1 Saneamento e saúde

1.1 Introdução

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

Em função das condições de vida das civilizações antigas, é provável que, em sua época, a preocupação com ações de natureza sanitária tenha sido relativa ao suprimento de água para consumo humano, irrigação e à disposição dos efluentes.

Há citações de ruínas de uma civilização na Índia que se desenvolveu a cerca de 4.000 anos, onde foram encontrados banheiros e esgotos na construção e drenagem nas ruas.

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.

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.

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

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

Como o conhecimento era limitado a poucas pessoas, muitos avanços alcançados em épocas remotas ficaram esquecidos durante séculos, não chegando a fazer parte do saber do povo em geral.

Entretanto, se, de um lado, durante a Idade Média, a falta de difusão dos conhecimentos de saneamento levou os povos a um retrocesso em relação às conquistas sanitárias, surgindo as grandes epidemias, de outro lado, podem ser citados 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 dos conhecimentos relativos às práticas de saneamento e sua importância em relação à saúde. Em áreas rurais, a população ainda constrói suas casas sem incluir as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica, entre outras.

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

1.2 O saneamento no Brasil

No período colonial brasileiro, da descoberta até o começo do século XIX, a economia era baseada na exploração dos recursos naturais. Poucos exemplos existem sobre saneamento nas cidades. Os engenhos de moagem da cana-de-açúcar, pela necessidade de água, fizeram surgir os primeiros aquedutos rurais. As plantações de café, por sua vez, exigiam a instalação de canalizações de água para a lavagem dos grãos.

A maior parte das vilas instalava-se próxima a riachos, nascentes e ribeirões de onde podia extrair a água. O saneamento básico não estava entre as prioridades do governo. A saúde era precária e as populações criavam alternativas para obter a água. Em 1723 foi construído, no Rio de Janeiro, o primeiro aqueduto no Brasil, que transportava água captada no Rio Carioca até um chafariz no Largo da Carioca. O sistema foi ampliado, aperfeiçoado e, a partir de então, esse modelo passou a ser utilizado em outras cidades do país.

Com a chegada da Família Imperial ao Rio de Janeiro, em 1808, várias transformações urbanísticas começaram a ocorrer na cidade e, consequentemente, em outras cidades brasileiras.

Até meados do século XIX, os serviços de infraestrutura, de abastecimento de água e de esgotamento sanitário não evidenciam nenhum modelo organizado de prestação de serviços e as intervenções sanitárias não constituem políticas públicas ou ações duradouras, ficando restritas a áreas isoladas.

O Brasil passou por grandes mudanças a partir de meados do século XIX, as populações foram deslocadas das pequenas comunidades rurais para os centros urbanos em formação, o que criou condições propícias às doenças epidêmicas. Os primeiros serviços de saneamento no Brasil surgem como resposta à falta de infraestrutura urbana, em um modelo do qual participavam o setor público e as empresas privadas. Nos maiores centros urbanos do país, o Estado muitas vezes delegou a prestação de serviços públicos a concessionárias estrangeiras, principalmente inglesa, incluindo o abastecimento de água e o esgotamento sanitário. Essas companhias, dirigidas por estrangeiros, importavam da Europa todo o material, a técnica e os insumos necessários para a realização das obras; entra no país produtos industrializados para saneamento, tais como caixas d'água, canalizações, motores e chafarizes em ferro fundido.

A partir da década de 1910 o Estado tem um papel mais centralizador e surgem políticas sociais de âmbito nacional como resposta às diversas pressões populares por melhorias na qualidade dos serviços prestados por empresas privadas. Essas empresas tiveram uma duração variável e até meados do século XX todas as concessões foram canceladas em função da falta de manutenção, ampliação e da baixa qualidade dos serviços prestados.

Em 1942 destaca-se a inserção do setor saúde na política de saneamento, resultando na criação do Serviço Especial de Saúde Pública (Sesp), a partir de um programa de financiamento e assistência técnica do governo dos Estados Unidos, interessado em garantir salubridade na exploração de materiais econômicos, principalmente de borracha, durante a Segunda Guerra Mundial. Nos anos de 1950, o Sesp começava a assinar convênios com os municípios para a construção, o financiamento e a operação de sistemas de água e esgotos, dando origem aos serviços autárquicos no país. Trata-se de marco importante na conformação dos modelos de prestação de serviços, pelo seu caráter local e de autonomia administrativa e financeira, sendo a figura jurídica representada pelas autarquias municipais diretamente controladas pelos municípios.

Na década de 1970, o governo federal reorganiza o setor de saneamento por meio da implementação do Plano Nacional de Saneamento Básico (Planasa), buscando solucionar o déficit em abastecimento de água e esgotamento sanitário gerado pelo crescimento populacional acelerado nas cidades a partir dos anos 1960. O Planasa cria as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), resultando em 26 companhias regionais. Na década de 1980 o Planasa entra em decadência, com a extinção do Banco Nacional da Habitação (BNH) em 1986, seu principal financiador. A política de saneamento fica indefinida até a primeira década do século XXI.

Em 1988, nova ordem jurídica, assentada na Constituição Federal, define o Brasil um estado democrático de direito, proclama a saúde direito de todos e dever do Estado, estabelecendo canais e mecanismos de controle e participação social para efetivar os princípios constitucionais que garantem o direito individual e social.

Em janeiro de 2007 foi promulgada a Lei Federal de Saneamento Básico que inaugurou um novo ciclo do saneamento no Brasil, ao estabelecer diretrizes para o saneamento e para a política federal de saneamento básico no país, cobrindo uma histórica lacuna na legislação deste setor.

1.3 Histórico da Funasa e o saneamento

A atuação da **Funasa** em saúde pública e saneamento no Brasil é bastante intensa e de grande importância, conforme é descrito na publicação "Cronologia Histórica da Saúde Pública", de onde foram extraídos os principais fatos históricos citados a seguir.

Em 1942, organizou-se o Sesp, em cooperação com o Institute of Inter-American Affairs (IIAA), do governo americano. O convênio estabelecia o desenvolvimento de atividades de saneamento, profilaxia da malária e assistência médico-sanitária às populações da Amazônia, onde se extraía a borracha necessária ao esforço de guerra. No mesmo ano, o Instituto Evandro Chagas (IEC), fundado em 10 de novembro de 1936 sob a denominação de Instituto de Patologia Experimental do Norte, passou a integrar o Sesp, na condição de laboratório central, e ampliou o convênio básico para atuar no Vale do Rio Doce, prestando assistência aos trabalhadores na reconstrução da estrada de ferro Vitória-Minas.

Em 1953, com a criação do Ministério da Saúde, regulamentado pelo Decreto nº 34.596, de 16 de novembro de 1953, estabeleceram-se normas gerais sobre a defesa e a proteção da saúde. "*Art. 1º – É dever do Estado, bem como da família, defender e proteger a saúde do indivíduo*".

No ano de 1956 foi criado o Departamento Nacional de Endemias Rurais (DENERu), que incorporou os programas existentes, sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Saúde (febre amarela, malária e peste) e da Divisão de Organização Sanitária (bouba, esquistossomose e tracoma), órgãos do novo Ministério da Saúde.

Na década de 1960, o Sesp foi transformado em Fundação de Serviço Especial de Saúde Pública (Fsesp) (Figura 1A), vinculada ao Ministério da Saúde, e também a criação da Campanha de Erradicação da Malária (CEM), independente do DENERu.

No ano de 1970, o Ministério da Saúde reorganizou-se administrativamente, criando a Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (Sucam) (Figura 1B), subordinada à Secretaria de Saúde Pública, e incorporando o DENERu, a CEM e a Campanha de Erradicação da Varíola. Também criou a Divisão Nacional de Epidemiologia e Estatística da Saúde (Dnees), no Departamento de Profilaxia e Controle de Doenças.

No ano de 1990, as atribuições, o acervo e os recursos orçamentários da Sucam e da Fsesp passaram a denominar-se Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**) (Figura 1C), bem como incorporou o Programa Nacional de Imunizações, o Plano de Ação para Erradicação da Poliomielite, o Programa Nacional de Zoonoses, o Sistema de Vigilância Epidemiológica, o Sistema de Informações sobre Mortalidade, o Sistema de Laboratórios de Saúde Pública, a Pneumologia Sanitária, a Dermatologia Sanitária e as atividades de informática do Sistema Único de Saúde (SUS), desenvolvidas pela empresa de processamento de dados da Previdência Social (Dataprev).



A B C

Figura 1 – Logomarcas das instituições: A) Fundação de Serviço Especial de Saúde Pública (Fsesp); B) Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (Sucam); C) Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**).

A estrutura original da Funasa continuou até junho de 2003, quando as atividades desempenhadas pelo extinto Centro Nacional de Epidemiologia passaram a ser executadas pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde.

Após esta nova reestruturação, a **Funasa,** como órgão integrante do Ministério da Saúde, passa a ser uma instituição voltada para prevenção e controle de doenças, por meio do saneamento e da saúde ambiental.

Atualmente, a **Funasa** busca a redução de riscos à saúde, financiando a universalização dos sistemas de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos urbanos, promove as melhorias sanitárias domiciliares, a cooperação técnica e as ações de saneamento rural, contribuindo para a saúde da população.

Outras áreas de atuação da **Funasa** são o fomento à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias alternativas, a educação em saúde ambiental para promoção da saúde, prevenção e controle de doenças e agravos, o controle da qualidade da água para consumo humano e as ações estratégicas preventivas para a redução dos riscos à saúde humana.

1.3.1 A Funasa e os estudos e as pesquisas em saneamento

Desde 1942, o Sesp, antecessor da **Funasa**, realizava estudos e pesquisas técnicas na área de saneamento, destacando-se: poço amazonas para fonte de suprimento de água de pequenos abastecimentos; filtro dinâmico com capacitação para pequenas comunidades; filtro rápido de fluxo ascendente (clarificador de contato); filtro de fibra de coco e casca de arroz; filtro lento de fluxo ascendente; filtro biológico de fluxo ascendente; uso de fluorita nacional para fluoretação de água; uso de material magnético no tratamento da água, em substituição ao sulfato de alumínio e floculação na tubulação de recalque; fabricação local de cimento de casca de arroz para a construção de facilidades de saneamento e melhoria das habitações; privadas sanitárias usando o bambu como reforço das lajes de concreto; blocos de argila e casca de arroz para paredes e telhas de tronco de palmeiras; sistema de esgoto não convencional, simplificado, com tubulações de pequeno diâmetro; uso de cata-vento como força motriz para bombas; floculação com areia; lagoas de estabilização para tratamento de esgotos; poço combinado para pequenas comunidades; filtro lento de fluxo ascendente como pré-filtro de pedra; redes de esgotos de pequeno diâmetro; clarificador de contato (filtro russo); entre outros.

A partir de 1999, o Programa de Pesquisa da **Funasa** apoia, por meio de Edital de Convocação, aberto ao público, diversas pesquisas na área de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, gestão em engenharia de saúde pública, melhorias sanitárias domiciliares e melhorias habitacionais.

Destacam-se em abastecimento de água as pesquisas de avaliação de Estação de Tratamento de Água (ETA) quanto à remoção de cianobactérias e protozoários; cisternas para reservação de águas pluviais; desfluoretação de águas subterrâneas; adsorção de cianobactérias; percepção do uso de água; otimização do uso de água em domicílio; e gerenciamento de perdas em sistemas de abastecimento de água. Na área de esgotamento sanitário podem ser citados: estudos de alternativas de tanque séptico; gestão de odores; parâmetros de projeto; pós-tratamento utilizando filtro raiz; reúso controlado de águas tratadas e de lodo de fossa na agricultura. Na área de gestão em saneamento: avaliação de sistemas condominiais; modelos de gestão de serviços de saneamento e participação social; avaliação de impacto na saúde; participação e mobilização social; metodologia em ações educativas para saneamento em pequenas comunidades; saneamento em assentamentos rurais; desinfecção de resíduos de serviços de saúde. Na área de resíduos sólidos, foram realizadas pesquisas em: coleta de lixo seletivo; manejo e disposição de resíduos sólidos em pequenas comunidades; implantação de sistema integrado de resíduos sólidos; compostagem; barragens subterrâneas utilizando pneus; saneamento em áreas indígenas; e avaliação de filtros domésticos.

1.3.2 A Funasa e o saneamento rural

A **Funasa** é o órgão do governo federal responsável pela implementação das ações de saneamento em áreas rurais de todos os municípios brasileiros, inclusive no atendimento às populações remanescentes de quilombos, assentamentos rurais e populações ribeirinhas.

Em consonância com a Política Federal de Saneamento Básico, a **Funasa** coordena a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), considerando a integralidade das ações, a concepção de territorialidade rural e a integração com outros programas e políticas públicas.

O PNSR terá como objetivo promover o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais com vistas à universalização do acesso, por meio de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados e a participação e o controle social.

Segundo Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, no Brasil, cerca de 29,9 milhões de pessoas residiam em localidades rurais, totalizando aproximadamente 8,1 milhões de domicílios (Figura 2).

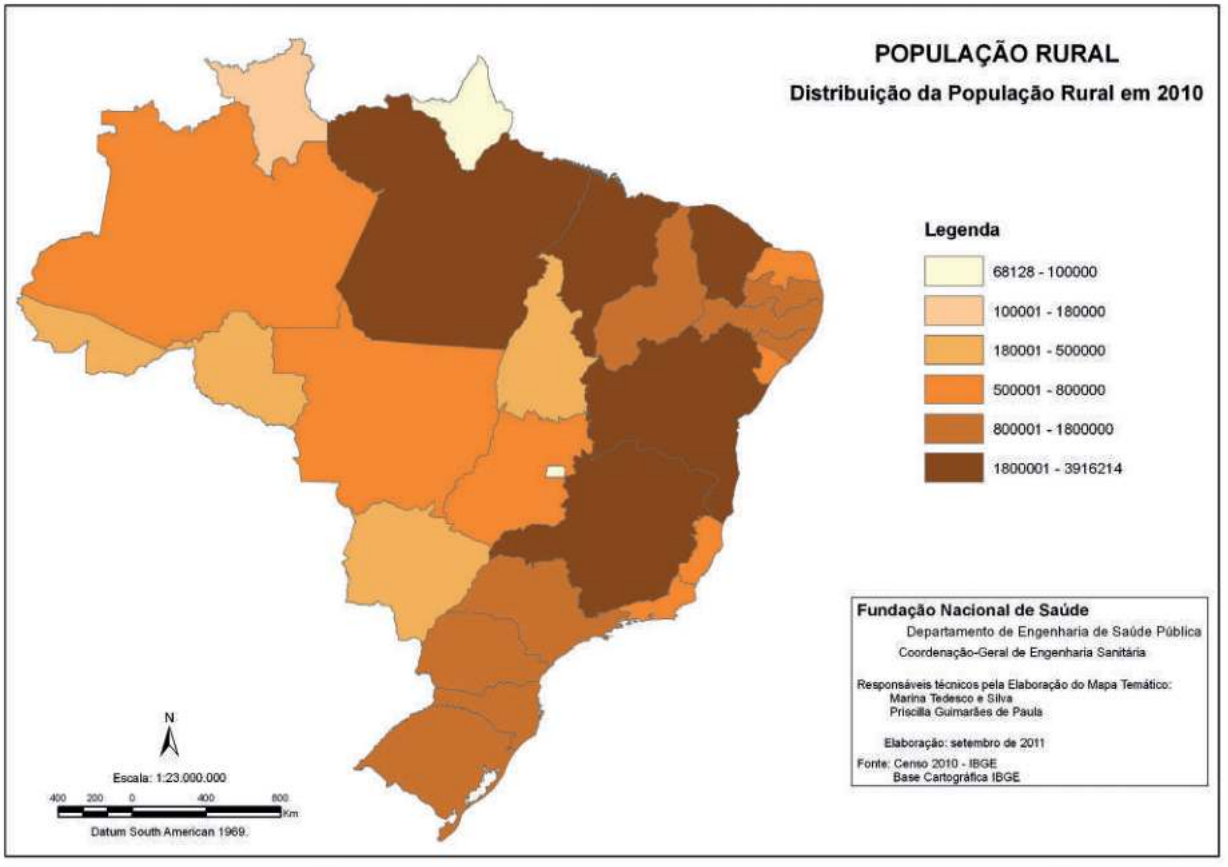


Figura 2 – Distribuição da população rural no Brasil por Unidades da Federação, no ano de 2010.

Fonte: IBGE, 2010.

É importante frisar que o meio rural é heterogêneo, constituído de diversos tipos de comunidades, com especificidades próprias em cada região brasileira, exigindo formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, quanto de gestão e sustentabilidade das ações.

1.4 Abordagem do saneamento

Na sociedade moderna, a urbanização e o adensamento populacional trouxeram o incremento da geração de rejeitos líquidos e sólidos, a impermeabilização dos solos, dentre outros fatores que resultaram em novas situações de perigo à saúde humana e ao meio ambiente.

A noção de saneamento, ao longo do tempo, assumiu conteúdos distintos de acordo com a cultura, em função da relação existente entre homem e natureza, e também de acordo com a classe social, em função das condições materiais de existência e dos níveis de informação e de conhecimento.

A incorporação de questões de ordem ambiental e sanitária às preocupações no campo do saneamento resultou na perda de força da visão antropocêntrica, dando lugar a uma nova perspectiva da relação sociedade e ambiente. Dessa forma, o saneamento passa a ser tratado também em termos de saneamento básico e saneamento ambiental.

1.5 Conceitos

1.5.1 Saúde

Saúde é uma palavra de origem etimológica variada. Em português e espanhol, saúde e *salud* derivam da raiz latina *salus*, que significa inteiro, intacto, íntegro, que, por sua vez, deriva do termo grego *holos*, que nos remete ao sentido de totalidade. A palavra francesa *santé* e o verbete castelhano *sanidad* derivam do latim *sanus*, que significa puro, imaculado, correto e verdadeiro. A palavra inglesa *health* tem origem no termo *höl*, do idioma germânico antigo, que também dá origem à palavra inglesa *holy*, sagrado, que reencontra, por sua vez, o grego *holos*.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental, social, e não apenas a ausência de doença ou enfermidade.

1.5.2 Saúde pública

A expressão "saúde pública" pode dar margem a muitas discussões quanto à sua definição, ao campo de aplicação e à eventual correspondência com noções veiculadas, muitas vezes, de modo equivalente, tais como "saúde coletiva", "medicina social, preventiva e comunitária", "higienismo" e "sanitarismo".

Saúde pública é

> a ciência e a arte de prevenir a doença, prolongar a vida e promover a saúde e a eficiência física e mental, através de esforços organizados da comunidade para o saneamento do meio e controle de doenças infectocontagiosas, promover a educação do indivíduo em princípios de higiene pessoal, a organização de serviços médicos e de enfermagem para o diagnóstico precoce e tratamento preventivo das doenças, assim como o desenvolvimento da maquinaria social de modo a assegurar, a cada indivíduo da comunidade, um padrão de vida adequado à manutenção da saúde (WINSLOW, 1920).

Nesse Manual considera-se saúde pública como um domínio genérico de práticas e conhecimentos, organizados institucionalmente, dirigidos a um ideal de bem-estar das populações, em termos de ações e medidas que evitem, reduzam e/ou minimizem agravos à saúde, assegurando condições para a manutenção e a sustentação da vida humana.

1.5.3 Indicadores de saúde

A necessidade de coletar dados a respeito da situação de saúde das populações humanas estimulou o desenvolvimento de instrumentos de mensuração que pudessem informar aos governos e à sociedade o estado de saúde dessas populações.

Os indicadores de saúde são definidos como medidas que resumem e expressam, em linguagem matemática, a situação de saúde de uma população. A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) define indicadores de saúde como medidas-síntese que contêm informação relevante sobre determinados atributos e dimensões do estado de saúde, bem como do desempenho do sistema de saúde. Vistos em conjunto, devem refletir a situação sanitária de uma população e servir para a vigilância das condições de saúde**.**

Os indicadores de saúde são, tradicionalmente, medidas que procuram sintetizar o efeito de determinantes de natureza social, econômica, ambiental e biológica sobre o estado de saúde de uma determinada população.

A OMS recomenda que os indicadores de saúde observem não apenas o número de doenças e mortes, mas também as condições demográficas, a alimentação, a educação, o trabalho, o transporte, a economia, a habitação, o saneamento básico, o vestuário, o lazer, a segurança social e a liberdade humana. Esta recomendação da OMS nos induz a conceber os indicadores de saúde como instrumentos complexos, compostos por diferentes medidas que, em conjunto, indicariam o estado de saúde de um determinado grupo humano.

1.5.4 Saneamento

O conceito de saneamento vem sendo socialmente construído ao logo da história da humanidade, em função das condições materiais e sociais de cada época, do avanço do conhecimento e da sua apropriação pela população. A noção de saneamento assume conteúdos diferenciados em cada cultura, em virtude da relação existente entre homem-natureza e também em cada classe social, relacionando-se, nesse caso, às condições materiais de existência e nível de informação e conhecimento.

A OMS define saneamento como "*o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu estado de bem-estar físico, mental ou social*". Esta definição é amplamente difundida; no entanto, são encontrados diversos outros significados, caracterizando a inexistência de um conceito único.

1.5.4.1 Os conceitos de saneamento no Manual da **Funasa**

A **Funasa** e suas instituições antecessoras, nos Manuais de Saneamento publicados entre os anos de 1944 e 2007, o conceito de saneamento passou por transformações, não só devido às próprias atividades desenvolvidas por essas instituições, mas por toda conjuntura nacional e internacional envolvendo o próprio saneamento, a saúde pública e suas diversas interfaces com o meio ambiente.

Os conceitos de saneamento apresentam-se com algumas variações nas publicações do Manual de Saneamento, conforme segue:

a) **Publicação de 1944 (Manual para Guardas Sanitários)**.

Saneamento é definido como a aplicação de medidas para evitar transmissão de doenças nas nossas casas e cidades, pois existem muitas doenças perfeitamente evitáveis, e os trabalhos de saneamento visam justamente evitar as doenças comunicáveis.

Nessa primeira publicação o conceito de saneamento estava ligado às intervenções físicas, de modo a interromper o ciclo de doenças transmissíveis, ou, no caso, evitáveis, com aplicação de medidas sanitárias nas quais, na época, investiu-se principalmente em construção de privadas higiênicas, sobretudo do tipo fossa seca, e em implantação de sistemas de abastecimento de água.

b) **Publicação de 1950 (Manual de Saneamento, uma variação do Manual para Guardas Sanitários)**.

Definiu-se saneamento como sendo a aplicação de medidas, modificando condições do meio ambiente, que procuram interromper o elo da cadeia de transmissão de certas doenças. O saneamento, aliado à educação sanitária, é, portanto, base de um programa de saúde pública.

Os principais elementos utilizados no saneamento das casas e cidades foram: suprimento de água adequado; destino dos dejetos; controle dos animais transmissores de doenças; cuidados e manuseio dos alimentos; e coleta e destino do lixo.

c) **Publicação de 1964**.

Essa edição do Manual apresentou duas conceituações em relação ao saneamento.

- **Saneamento** como o conjunto de medidas visando modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir a doença e promover a saúde.

É uma definição física, material, que, na sua expressão, não leva em conta fatores humanos.

- **Saneamento** é um modo de vida, é qualidade de viver expressa em condições de salubridade com casa limpa, vizinhança limpa, comércio e indústria limpos, fazendas limpas. Sendo um modo de vida, deve vir do povo, é alimentado pelo saber e cresce como um ideal e uma obrigação nas relações humanas.

Esta definição agregou valor não material ao conceito de saneamento, aproximando-se da definição clássica de que saneamento é o ato de sanear e sanear significa tornar são, habitável.

d) **Publicações de 1972, 1979, 1981, 1991 e 1994**.

Nessas publicações são preservados os conceitos da publicação de 1964 com poucas variações.

e) **Publicações de 1999, 2004, 2006 e 2007**.

Nas publicações iniciadas em 1999, o conceito de saneamento é ampliado para **saneamento ambiental**, e foi definido como o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de 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.

O saneamento ambiental como instrumento de promoção da saúde proporciona redução do sofrimento humano e perdas de vidas por doenças que podem ser evitadas, especialmente na população infantil.

Nestas publicações o conceito de salubridade ambiental foi entendido como o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere à 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.

f) **Publicações de 2015 e atual.**

O saneamento básico, de acordo com a Lei do Saneamento, inclui o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável; b) esgotamento sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Desse conceito conclui-se que o homem e o meio possuem uma relação intrínseca que pode ser mediada pelo campo do saneamento. À medida que o saneamento evolui em conhecimento, tecnologia e investe na melhoria das condições sanitárias, entende-se que sem o saneamento seria impossível desfrutar da qualidade de vida.

1.5.5 Acesso aos serviços de água e esgoto

A OMS e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) definem o acesso aos serviços de abastecimento de água como a disponibilidade de pelo menos 20 litros por pessoa por dia a partir de uma fonte "melhorada" que esteja localizada no entorno de 1 quilômetro da habitação. Uma fonte "melhorada" é considerada como aquela que possibilite proporcionar água "segura", tais como instalações hidráulicas residenciais, poços e outros.

De forma semelhante, a Organização das Nações Unidas (ONU) adota definições para os acessos adequado e melhorado a serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Definições adotadas para acesso adequado e melhorado aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Abastecimento de água adequado	Abastecimento de água potável em quantidade suficiente, de forma regular, prática e disponível a um preço econômico.
Abastecimento de água melhorado	Acesso ao abastecimento de água a partir de uma instalação doméstica, uma rede de distribuição pública, um poço perfurado, um poço protegido ou um coletor de água de chuva protegido. Ao menos 20 litros/pessoa/dia devem estar disponíveis em uma fonte a menos de 1 km da residência.
Esgotamento sanitário adequado	Acesso a um sistema de esgotamento sanitário proveitoso para todos os membros da família (mulheres e crianças incluídas), econômico e que elimine o contato com os restos humanos e outras águas residuais da residência e da vizinhança.
Esgotamento sanitário melhorado	Acesso a sanitários privados ou compartilhados, conectados a uma rede de coleta de esgotos pública ou a uma fossa séptica, ou acesso a latrinas com cisterna, latrinas de poço simples ou latrinas de poço ventiladas melhoradas, privadas ou compartilhadas.

Fonte: ONU, 2003.

1.5.6 Meio ambiente

Meio ambiente é o conjunto de fatores exteriores que agem de forma permanente sobre os seres vivos, aos quais os organismos devem se adaptar e com os quais têm de interagir para sobreviver.

No Brasil, o conceito de meio ambiente corresponde ao 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.

A ONU define meio ambiente como o conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos em um prazo curto ou longo sobre os seres vivos e as atividades humanas.

Três aspectos: a) meio ambiente natural, ou físico, constituído pelo solo, pela água, pelo ar atmosférico, pela flora; enfim, pela interação dos seres vivos e seu meio, em que se dá a correlação recíproca entre as espécies e as relações destas com o ambiente físico que ocupam; b) meio ambiente artificial, constituído pelo espaço urbano construído; e c) meio ambiente cultural, integrado pelo patrimônio histórico, artístico, arqueológico, paisagístico, turístico, que, embora artificial, difere do anterior pelo sentido de valor especial que adquiriu ou de que se impregnou.

1.5.7 Salubridade ambiental

Salubridade ambiental pode ser definida como o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere à sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, quanto no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar.

O saneamento é um dos fatores de promoção de um ambiente salubre, que favorece condições de sobrevivência, quando devidamente implantado e adequado às características locais.

Salubridade não é a mesma coisa que saúde, e sim o estado das coisas, do meio e seus elementos constitutivos, é a base material e social capaz de assegurar a melhor saúde possível dos indivíduos. Correlativamente é na salubridade que aparece a noção de higiene pública, técnica de controle e de modificações dos elementos materiais do meio que são suscetíveis de favorecer ou, ao contrário, prejudicar a saúde.

A salubridade ambiental é um fator importante para a promoção da saúde pública, a identificação dos elementos que a compõem, principalmente nas áreas de ocupação espontânea; torna-se de extrema importância, não só no sentido de caracterizar as condições de salubridade destas áreas e no estudo da relação saneamento e saúde, como também para contribuir na definição de políticas públicas que promovam a sua melhoria.

1.5.8 Saúde ambiental

A saúde ambiental compreende aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que são determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Refere-se também à teoria e à prática de avaliação, correção, controle e prevenção daqueles fatores que, presentes no ambiente, podem afetar potencialmente de forma adversa a saúde humana das gerações do presente e do futuro.

A interação entre saúde humana e os fatores do meio ambiente natural e antrópico que a determinam, condicionam e influenciam, com vistas a melhorar a qualidade de vida do ser humano, sob o ponto de vista da sustentabilidade.

1.5.9 Promoção de saúde

O conceito de promoção de saúde proposto pela OMS, desde a Conferência de Ottawa, em 1986, é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. Neste documento, promoção de saúde é o "processo de capacitação da comunidade para atuar na melhoria de sua qualidade de vida e saúde, incluindo maior participação no controle desse processo".

O significado do termo promoção da saúde foi mudando ao longo do tempo e, atualmente, associa-se a valores como: solidariedade, equidade, democracia, cidadania, desenvolvimento, participação e parceria. A promoção da saúde é a capacitação das pessoas e comunidades para modificarem os determinantes da saúde em benefício da própria qualidade de vida, contemplando a implementação de políticas públicas saudáveis, criação de ambientes saudáveis, capacitação da comunidade, desenvolvimento de habilidades individuais e coletivas e reorientação de serviços de saúde.

Para a atenção integral de saúde, deve-se congregar saberes e práticas como: atenção médico-hospitalar; programas de saúde pública; vigilância em saúde; educação para a saúde; ações extras setoriais como água, esgoto, resíduos e drenagem urbana. Deve-se considerar também a educação, a habitação, a alimentação, a nutrição, e dirigir esses saberes e práticas de forma integrada a cada população, considerando as características culturais, sociais, políticas e econômicas.

1.6 Considerações finais

As ações de saneamento devem ser precedidas de pesquisa realizada de forma conjunta com os moradores, de modo a serem identificadas as reais necessidades das intervenções a serem realizadas. Devem ser continuadas e construídas de modo que as metas a serem alcançadas e a responsabilidade de cada um dos agentes envolvidos (moradores, agentes do poder público e da concessionária) seja estabelecida, a fim de que se possa identificar, ao longo do seu desenvolvimento, os avanços obtidos e os responsáveis por eventuais sucessos e fracassos nas ações.

Toda intervenção na área de saneamento deve contemplar os princípios de atendimento universal, de equidade, de integralidade, de participação e de controle social, gestão e responsabilidade pública.

Referências bibliográficas

ALMEIDA FILHO, N.; COELHO, M. T. A. D. Conceito de saúde em discursos contemporâneos de referência científica. **História, Ciências, Saúde**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 315-333, 2002.

ASSIS, M. M. A.; VILLA, T. C. S. O controle social e a democratização da informação: um processo em construção. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 376-382, maio/jun. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 18 nov. 2013.

BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. O saneamento como um direito social. *In:* EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 9., 2005, Belo Horizonte. **Anais**... Belo Horizonte: Assemae, 2005. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007. Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Serviços de Saúde Pública. **Manual de Saneamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Serviços de Saúde Pública, 1972. 152p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fsesp, 1981. 250p.

_____. _____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 2. ed. Brasília: Funasa, 1991. 250p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. 2. ed. - Reimpressão. Brasília: Funasa, 1994. 256p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: Funasa, 1999. 250p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. 3. ed. - Revisada Brasília: Funasa, 2006. 408p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. 3. ed. - Reimpressão. Brasília: Funasa, 2007. 408p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**. Cronologia histórica da saúde pública. Brasília:Funasa, 2015. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/museu-da-funasa/cronologia-historia--da-saude-publica/>. Acesso em: 30 jan. 2015.

_____. _____. _____. **Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento**: Pesquisas Conveniadas – Editais 2000/2001/2003/2007/2011. 1. ed. Brasília: Funasa, 2014. 66p.

_____. _____. _____. **100 anos de Saúde Pública**: a visão da Funasa. Brasília: Funasa, 2004a. 232p.

_____. _____. _____. **1º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. 1. ed. 3ª reimpressão. Brasília: Funasa, 2013. 244p.

_____. _____. _____. **2º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. 1. ed. Brasília:Funasa, 2004. 204p.

_____. _____. _____. **3º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. 1. ed. 1ª reimpressão. Brasília:Funasa, 2013. 256p.

_____. _____. _____. **4º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. 1. ed. Brasília: Funasa, 2010. 228p.

_____. _____. _____. **5º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. 1. ed. Brasília: Funasa, 2013. 166p.

_____. _____. _____. **8º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. 1. ed. Brasília: Funasa, 2017. 240p.

_____. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Programa de Atenção Integral à Família – PAIF**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2004c. Disponível em: <http://www.mds.gov.br>. Acesso em: 19 nov. 2013.

BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p. 163-177, 2000.

COSTA, A. M. **Análise histórica do saneamento no Brasil**. 1994. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1994.

FREITAS, C. M. **Promoção da saúde**: conceitos, reflexões, tendências. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. p. 15-38.

HELLER, L. Política pública e gestão dos serviços de saneamento a partir de uma visão de saúde pública. *In:* ENCUENTRO POR UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA EN AMERICA LATINA, 2005, Zaragoza. **Anais...** Zaragoza: Fundación Nueva Cultura del Agua. Disponível em: <http:/www.unizar.es>. Acesso em: 18 nov. 2013.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. (Orgs.). **Política pública e gestão de serviços de saneamento.** Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz; Ed. UFMG, 2013. 567p.

HELLER, L.; MOLLER, L. M. Saneamento e saúde pública. *In:* BARROS, R. T. V. *et al.* **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.** Belo Horizonte: UFMG, 1995. v. 2, cap. 3.

HOBSBAWM, E. J. E. **Era dos impérios (1875-1914)**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.censo 2010.ibge.gov.br/sinopses>. Acesso em: 23 jan. 2015.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento:** pesquisa qualitativa em saúde. 8. ed. São Paulo: Editora Hucitec, 2004. 269p.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Carta de Ottawa**. *In:* CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE PROMOÇÃO DA SAÚDE, 1986, Ottawa. Ottawa: OMS, 1986. Disponível em: <http://www.opas.org.br>. Acesso em: 19 nov. 201 3.

_____. **La Iniciativa PHAST-Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento:** un nuevo enfoque para el trabajo comunitario. Ginebra: OMS, 1996. 41p. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int>. Acesso em: 18 nov. 2013.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Sitio oficial de Año Internacional del Agua Dulce 2003.** [s.l.]: ONU, 2003. Disponível em: <http://www.wateryear2003.org/>. Acesso em: 19 nov. 2013.

_____. ONU celebra Año Internacional del Saneamiento. **Centro de Noticias ONU**, 2 enero 2008. Disponível em: <http://www.un.org>. Acesso em: 18 nov. 201 3.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil**: políticas e interfaces. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002. 310p.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo; Rio de Janeiro: Hucitec; Abrasco, 1994.

SILVA, S. R. **O papel do sujeito em relação à água de consumo humano**. 2007. 285f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Constitution of the World Health Organization 1946**. Geneva: WHO, 1948. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int>. Acesso em: 19 nov. 2013.

_____. **Meeting the MDG drinking water and sanitation target**: the urban and rural challenge of the decade. Switzerland: WHO, 2006.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION; WSSCC – WATER SUPPLY AND SANITATION COLLABORATIVE COUNCIL. **Sanitation and hygiene promotion**: programming guidance. Geneva: WHO; WSSCC, 2005. Disponível em: <http://www.wsscc.org>. Acesso em: 18 nov. 2013.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Global water supply and sanitation assessment**: 2000 report. Switzerland: WHO, 2000. 80p.

WINSLOW, C. E. A. The untilled fields of public health. **Science New Series**, v. 51, n. 1306, p. 23-33, 1920. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1645011>. Acesso em: 18 jun. 2015.

WORLD BANK. **Hygiene and sanitation promotion**: definitions. Washington: World Bank, 2007. Disponível em: <http://www.worldbank.org>. Acesso em: 18 nov. 2013.

2 Meio ambiente

2.1 Introdução

À medida que a espécie humana espalhou-se pelo planeta, organizando-se em clãs e sociedades, foi desenvolvendo e produzindo bens e serviços destinados a atender às necessidades cada vez mais complexas. O homem, visando à sua sobrevivência e ao bem-estar, em busca do que se convencionou chamar de progresso, transforma constantemente o meio em que vive, o qual, numa escala maior, corresponde ao próprio Planeta Terra. Este, contudo, está também em constante transformação, reestruturando e reequilibrando seus aspectos físicos, químicos e biológicos, numa espécie de equilíbrio dinâmico. Nas últimas décadas, contudo, a atuação do homem vem acelerando esse processo de transformação, tornando o equilíbrio do planeta cada vez mais frágil e difícil.

A atividade humana modifica as condições do meio natural, podendo gerar impactos que tornam, por vezes, esse meio adverso, favorecendo agravos que afetam a saúde das populações. Entretanto, o homem pode intervir no ambiente de forma ordenada, com objetivo de promover condições para a saúde individual e coletiva.

As ações de saneamento são formas de intervenção destinadas à preservação, à melhoria e à recuperação da qualidade ambiental, a fim de assegurar a saúde e a dignidade da vida humana. Para a efetividade delas, faz-se necessário, dentre outros fatores, o conhecimento das condições ambientais de onde se pretende intervir.

A compreensão atual do processo "saúde *versus* doença" transcende a dimensão pessoal e social e aponta para uma visão abrangente, incorporando a dimensão ecológica, que depende do saneamento e da preservação do ambiente. Não é possível manter a saúde de uma população quando esta respira ar poluído e ingere água e alimentos contaminados. 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, entre outros, são essenciais à proteção do ambiente natural e modificado onde vive e trabalha o homem.

Além disso, problemas ambientais não se restringem a um espaço definido, pois podem atingir dimensões transcontinentais, como o caso da contaminação nuclear, da poluição dos mares e oceanos e da destruição da camada de ozônio. Tais impactos podem tomar dimensões que ultrapassam as fronteiras territoriais, afetando a vida de todos no planeta e, nesse caso, necessitam de uma abordagem global.

Visando a uma melhor compreensão dos problemas ambientais que afetam o planeta, incluindo a saúde humana, procurar-se-á, a seguir, conhecer o Planeta Terra a partir de suas diferentes camadas, abrangendo a sua estrutura interna, a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera. É importante compreender que essa subdivisão é puramente didática, pois, na natureza, não existe a separação entre esses elementos. Eles formam um todo inseparável em que qualquer alteração de um reflete no outro.

2.2 O Planeta Terra

A Terra é o terceiro planeta do Sistema Solar, composto de uma estrela central, o Sol, de oito planetas com suas luas, dos planetas anões e de milhares de asteroides e cometas. Os quatro planetas mais próximos ao Sol – Mercúrio, Vênus, Terra e Marte – são rochosos. Os demais – Júpiter, Saturno, Urano e Netuno – são conhecidos como gigantes gasosos. Plutão é considerado atualmente como um dos planetas anões, devido às suas dimensões e pouca gravidade.

Pelo conhecimento atual, a Terra é o único planeta do Sistema Solar a ter vida, devido, entre outros fatores, às suas temperaturas amenas (média na superfície de 15º C, podendo atingir -70º C nos polos e 55º C em alguns desertos), que permitem a existência de água em estado líquido, bem como de vapor d'água na atmosfera.

2.2.1 Estrutura interna da Terra

A ciência que estuda a constituição e a evolução física da Terra é a geologia. Por meio da análise de rochas e fósseis (restos ou vestígios biológicos preservados em rochas) pode-se reconstituir o passado e a evolução da Terra. Entretanto, com base em métodos geofísicos (métodos que estudam os fenômenos elétricos, térmicos, magnéticos, gravitacionais e sísmicos do planeta), na composição dos meteoritos e também em escavações e sondagens, pode-se inferir a composição interna da Terra.

Um dos modelos da estrutura interna da Terra a tem como sendo constituída por três camadas internas concêntricas principais, de composição química bastante diferente: crosta, manto e núcleo. Outro modelo para estrutura interna da Terra considera principalmente suas propriedades físicas, verificadas por meio do estudo das ondas sísmicas. Neste modelo, o globo terrestre é constituído por quatro regiões: litosfera, astenosfera, mesosfera e endosfera.

- Litosfera: zona sólida e rígida. Compreende a crosta e a parte mais externa do manto superior.
- Astenosfera: zona de comportamento plástico, situa-se desde a base da litosfera até a profundidade de 350 km.
- Mesosfera: zona rígida. Estende-se desde a base da astenosfera até a fronteira do manto com o núcleo.
- Endosfera: zona que corresponde ao núcleo. Pode ser dividida em duas regiões: a endosfera externa, líquida, e a endosfera interna, sólida.

A Figura 1 esquematiza os dois modelos da estrutura interna da Terra. O primeiro, que considera suas propriedades químicas, chamado de modelo químico, e o segundo, que considera suas propriedades físicas em relação à propagação das ondas sísmicas, chamado de modelo físico.

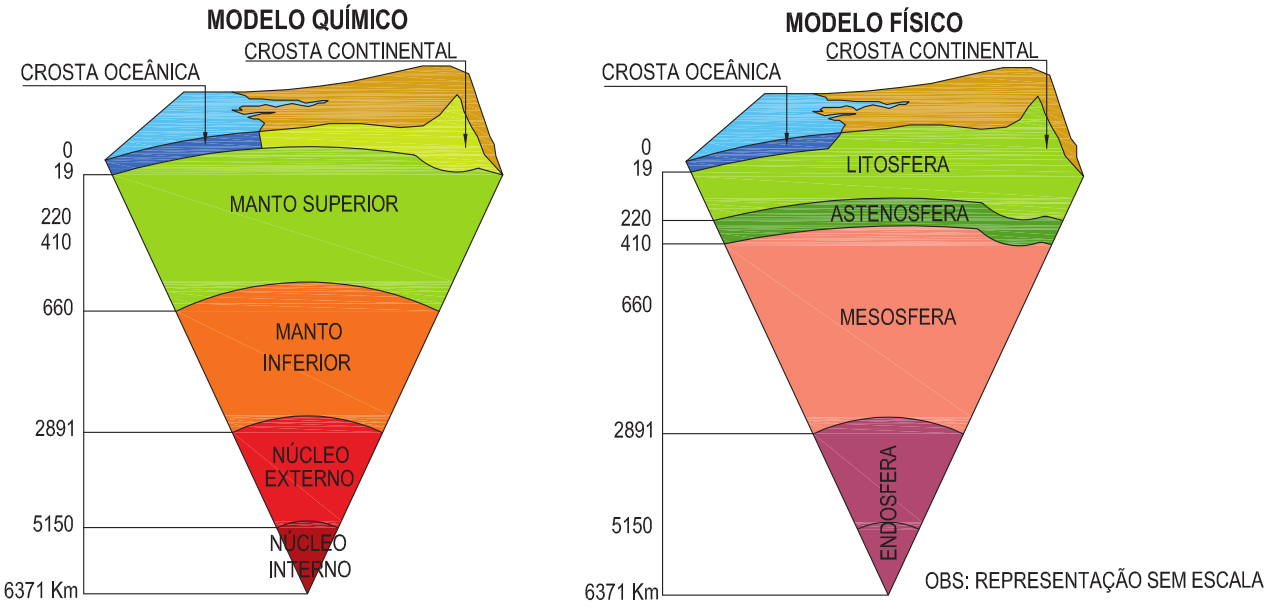


Figura 1 – Modelos para a estrutura interna da Terra.

2.2.2 Evolução da Terra

Estima-se que a idade da Terra esteja entre 4,5 e 5 bilhões de anos. Tais estimativas são possíveis devido a datações feitas com base no estudo da radioatividade de certos elementos químicos, como o urânio e o tório. Tais elementos, presentes nas rochas e nos minerais, possuem átomos radioativos, ou seja, que emitem espontaneamente partículas do núcleo, transformando-os em outros elementos químicos. Essas são chamadas de datações radiométricas.

O passado e a evolução da Terra podem ser conhecidos por meio do estudo das rochas e dos fósseis e com apoio das datações radiométricas. Essas diferentes formas de investigação da idade das rochas, da evolução da vida e da própria Terra constituem uma ciência geológica (geociência) chamada de geocronologia.

A partir da geocronologia e de outras geociências, como a estratigrafia e a paleontologia, é possível estabelecer uma sucessão de eventos desde a formação da Terra até os dias atuais. Essa linha do tempo é chamada de escala do tempo geológico e pode ser dividida em: éons, eras, períodos, épocas e idades, conforme apresentado na Tabela 1. Grandes transformações modificaram sucessivamente a crosta terrestre. Cadeias de montanhas formaram-se e desapareceram; continentes separaram-se; o clima e a biodiversidade do planeta sofreram enormes mudanças. Os acontecimentos que resultaram na atual conformação dos continentes e oceanos decorreram de processos geológicos que se desenvolveram ao longo de milhões ou mesmo bilhões de anos, no chamado tempo geológico.

Analisando-se a escala do tempo geológico, verifica-se que a história das sociedades humanas corresponde a uma fração muito pequena do tempo da história do planeta. Essa constatação é muito importante para a compreensão do tempo necessário de formação dos recursos naturais e dos limites para as ações humanas no processo de transformação do planeta. A Figura 2 ilustra a espiral da vida na Terra.

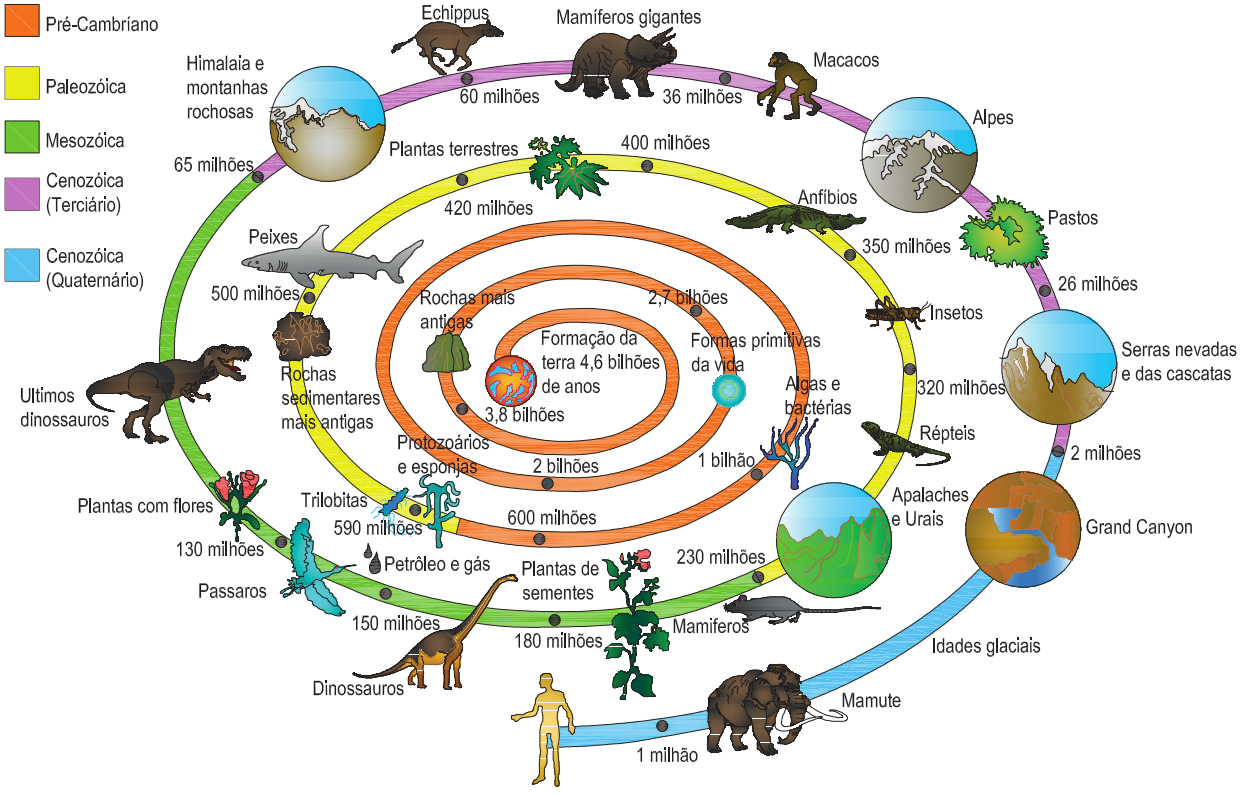


Figura 2 – Espiral da evolução da vida na Terra.

Tabela 1 – Escala do tempo geológico.

A evolução da Terra – escala do tempo geológico						
Éon	**Era**	**Período**	**Ma***	**Época**	**Evolução física da Terra**	**Principais eventos**
Fanerozoico	Cenozoica (vida atual)	Quaternário	1,800	Holoceno Pleistoceno	Glaciações	Desenvolvimento da espécie humana
		Terciário	65,500	Plioceno Mioceno Oligoceno Eoceno Paleoceno	Dobramentos modernos (Alpes, Andes, Himalaia); bacias sedimentares do Pantanal, Amazônica. Formação de ilhas oceânicas como Fernando de Noronha e Trindade	Idade dos mamíferos; extinção dos dinossauros e de muitas outras espécies
	Mesozoica (vida intermediária)	Cretáceo Jurássico Triássico	145,500 199,600 245,000	"Idade dos Répteis"	Separação dos continentes; formação de bacias sedimentares e de petróleo. Atividades vulcânicas no Sul do Brasil (derrames de lavas basálticas que originaram o solo terra roxa)	Desenvolvimento de plantas com flores e pássaros; dinossauros dominantes; "Idade dos Répteis"
	Paleozoica (vida antiga)	Permiano Carbonífero Devoniano Siluriano Ordoviciano Cambriano	299,000 359,000 416,000 443,000 488,000 542,000	"Idade dos Invertebrados"	Intenso processo de sedimentação, formação das jazidas carboníferas do Sul do Brasil	Desenvolvimento de répteis, pântanos, de carvão, anfíbios, insetos, plantas terrestres e peixes. Extinção de trilobitas e de animais marinhos primitivos
Proterozoico	Pré-Cambriana (vida primitiva)	Neoproterozoico Mesoproterozoico Paleoproterozoico	2,500		Formação dos escudos cristalinos (rochas magmáticas e metamórficas), como o Brasileiro e o Guiano. Formação de jazidas de minerais metálicos. Formação das serras do Mar e Mantiqueira	Fauna de metazoários grandes; organismos pluricelulares
Arqueano		Neoarqueano Mesoarqueano Paleoarqueano Eoarqueano	4,030		Formação das rochas mais antigas (magmáticas) e dos primeiros continentes	Organismos unicelulares
Hadeano			4,566		Início da Terra	Nenhum sinal de vida

Fonte: Adaptado de Lygia Terra *et al.* (2011).
Nota: * Milhões de anos.

2.3 Litosfera

No mapa do mundo (planisfério) percebe-se que a Costa Leste da América do Sul tem uma forma que quase se encaixa na Costa Oeste da África. A partir dessas observações e em descrição de fósseis e rochas idênticas dos dois lados do Oceano Atlântico, formulou-se, em 1912, a teoria da deriva continental.

De acordo com essa teoria, os continentes atuais formavam, no final do período Carbonífero, uma única e gigantesca massa continental denominada Pangeia. Esse supercontinente teria se fragmentado inicialmente em dois outros continentes menores: Laurásia (América do Norte, Europa e Ásia) no Norte e Gondwana no Sul (Figura 3).

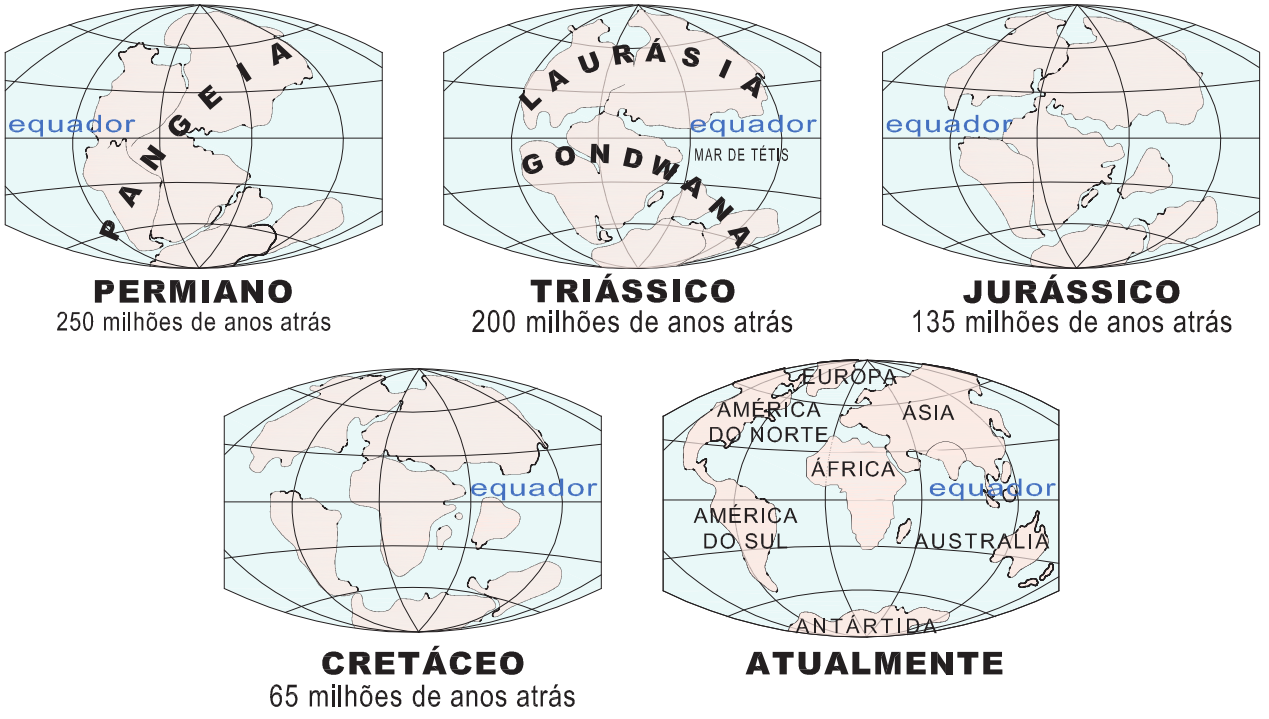


Figura 3 – Teoria da Deriva Continental.

Os estudos de magnetismo das rochas antigas (paleomagnetismo) e do assoalho oceânico, por meio das sondagens acústicas, que identificaram as dorsais submarinas (cadeias montanhosas submersas, que emergem formando ilhas, cujo centro é constituído por rochas do assoalho oceânico, bem mais jovens que as circundantes), vieram confirmar a deriva continental. Com base nessas e em outras evidências, os cientistas formularam, em 1960, a Teoria da Tectônica de Placas, que procura explicar como esses fenômenos ocorrem.

A expressão litosfera deriva do grego (*lithos,* pedra, e s*phaira,* esfera) e significa, etimologicamente, a camada das rochas. A litosfera corresponde à crosta terrestre e à porção mais externa do manto superior, fragmentada em blocos mais ou menos rígidos, chamados de placas tectônicas, com formas e dimensões variadas (Figura 4). Essas placas movem-se, umas em relação às outras, sobre uma camada parcialmente fundida do manto terrestre, chamada de astenosfera. Essas podem separar-se, chocar-se ou deslizar ao longo de outras. Os limites entre as placas litosféricas coincidem, em geral, com faixas localizadas em áreas de intensa atividade tectônica, marcadas por terremotos e vulcanismo.

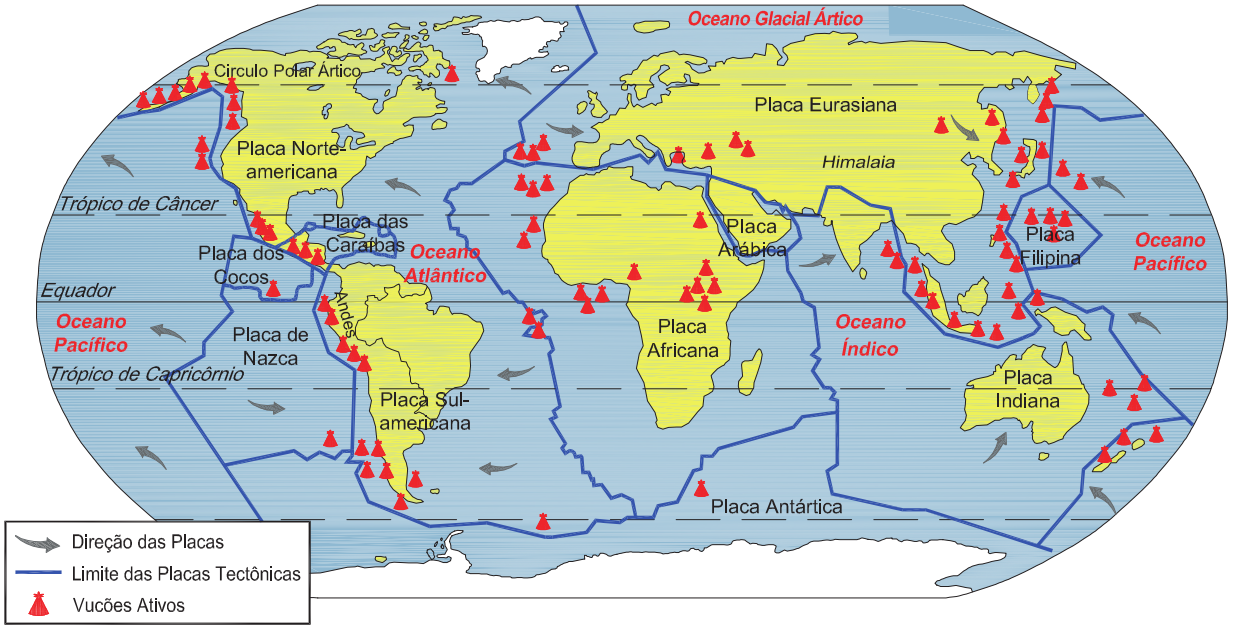


Figura 4 – Placas tectônicas.

2.3.1 Dinâmica interna e externa da Terra

O relevo atual da superfície da Terra é o resultado das modificações impostas pelo processo de interação entre a dinâmica interna e externa do planeta, atuantes desde a sua formação.

Denomina-se dinâmica interna ao processo de modificação do relevo terrestre devido à energia interna do planeta, responsável pelos movimentos das placas tectônicas e pelos fenômenos magmáticos. São processos estruturais que atuam do interior para a superfície terrestre, de forma lenta, ou, em alguns casos, de forma bastante rápida e violenta. A Figura 5 apresenta esquematicamente a dinâmica interna da Terra.

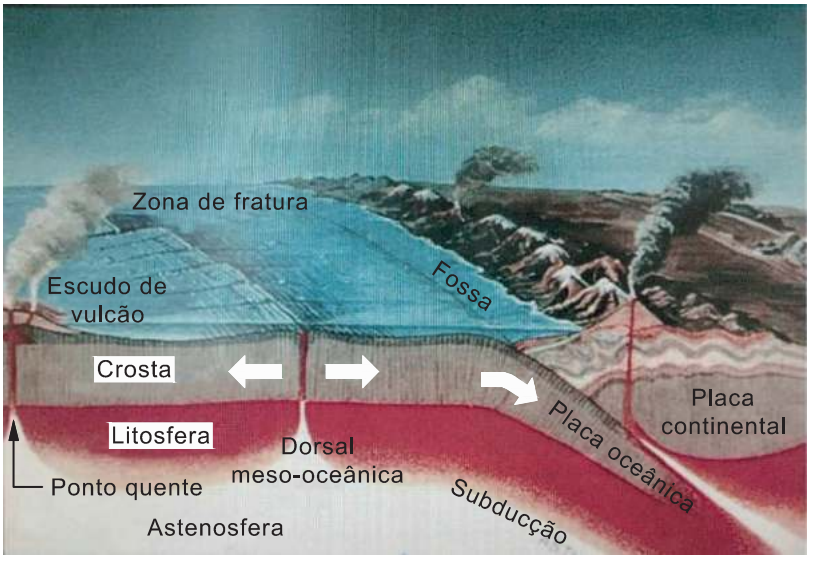


Figura 5 – Dinâmica interna da Terra.

Fonte: Adaptado de <http://www.windows2universe.org/earth/interior/earths_crust.html>.

Os processos endógenos de modificação do relevo terrestre, também chamados de agentes internos do relevo, são: tectonismo; movimentos epirogênicos (movimentos verticais, de abaixamento ou soerguimento da crosta); movimentos orogênicos ou de formação de montanhas; dobramentos; falhamentos; vulcanismo e terremotos.

As formas de relevo criadas pelos agentes internos sofrem constantemente a ação dos agentes externos ou exógenos, que realizam um trabalho de modelagem da paisagem, de forma lenta e prolongada. Esses processos são desencadeados pela energia solar, pela ação da gravidade, do movimento de rotação da Terra, bem como pela ação dos seres vivos.

O conjunto de processos resultantes dos agentes externos e que provocam a alteração e a decomposição das rochas recebe o nome de intemperismo ou meteorização. O intemperismo pode ser físico, químico ou biológico.

O processo de mobilização, incluindo remoção e transporte das partículas desagregadas das rochas (sedimentos), é chamado de erosão, e o processo de deposição desses materiais em um novo local é chamado de sedimentação.

2.3.1.1 Agentes externos do relevo

Os principais agentes externos do relevo são:

2.3.1.1.1 Água

A água modifica o relevo terrestre, provocando intemperismo, erosão e também transporte e deposição da maioria dos sedimentos. A erosão pela água, ou erosão hídrica, pode ser de origem fluvial, marinha ou pluvial.

a) **Erosão fluvial**: é devida à ação dos rios que escavam leitos, formam vales e causam desgastes nas encostas, removendo porções do solo e provocando desmoronamentos. Destroem as margens, nas suas zonas de maior velocidade (alto curso), removendo e transportando sedimentos, depositando-os nas áreas de baixo curso e formando novas feições de relevo, como planícies, estuários e deltas.

b) **Erosão marinha**: corresponde à modificação do relevo das zonas litorâneas devido à ação das ondas e correntes de maré. Como resultado, a linha da costa pode recuar em direção ao continente.

c) **Erosão pluvial:** a ação das chuvas provoca o escoamento superficial no terreno, arrastando partículas maiores e carreando substâncias em suspensão. Quando um grande volume de chuvas concentra-se em um pequeno intervalo de tempo, ocorrem as enxurradas e torrentes, que transportam grande quantidade de materiais. Aliada à ação da gravidade, as chuvas também são responsáveis pelos chamados movimento de massas, tais como deslizamentos e desbarrancamentos.

2.3.1.1.2 Gelo

As geleiras têm uma grande capacidade de erosão quando se movimentam, por meio da abrasão e da remoção, desgastando as rochas, cavando vales profundos, conhecidos como fiordes. O processo de congelamento e o degelo também atuam sobre o relevo, fragmentando as rochas por ação mecânica.

2.3.1.1.3 Vento

Provoca a chamada erosão eólica, comum em ambientes áridos e secos (desérticos), com pouca ou nenhuma cobertura de solo, e em praias. Os principais processos de erosão eólica são: a abrasão, processo erosivo ou de desgaste de rochas pelo impacto e atrito de partículas carregadas pela ação

dos ventos; e a deflação, que ocorre frequentemente em regiões de campos de dunas, com a retirada de material superficial mais fino, como areia e silte, deixando uma camada de material grosseiro (pedregulhos e seixos) na base da superfície erodida.

2.3.1.1.4 Outros

A temperatura, os micro-organismos e o ser humano também agem como modificadores do relevo. A variação da temperatura provoca dilatação e trincas nas rochas por onde micro-organismos e vegetais penetram, decompondo-a. O ser humano tem a capacidade de alterar a superfície com suas obras.

2.3.1.2 Desastres naturais

Desastres são resultados de eventos adversos extremos, naturais ou provocados pelo homem, sobre ecossistemas vulneráveis, causando danos humanos, materiais, ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. São responsáveis por graves perturbações no funcionamento de uma comunidade, provocando perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais de tal magnitude que excedem a capacidade e os recursos de reação da comunidade afetada.

Quanto à origem, ou ao agente causador, os desastres podem ser classificados em:

- **Desastres humanos ou antropogênicos** – estão relacionados com as atividades do homem, como agente ou autor, por meio de ações ou omissões. São exemplos: acidentes em usinas nucleares, incêndios urbanos, contaminação de rios, rompimento de barragens.
- **Desastres naturais** – são aqueles causados por fenômenos e desequilíbrios da natureza que atuam independentemente da ação humana. Em geral estão associados a "riscos geológicos" e têm como gênese um fenômeno natural de grande intensidade (ou evento natural extremo), agravado ou não pela atividade humana, como, por exemplo, chuvas intensas, provocando inundação, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado e furacão, entre outros.

Por sua vez, o termo "riscos geológicos" engloba tanto os fenômenos geológicos, como deslizamentos de terras e erupções vulcânicas, quanto os riscos hidrometeorológicos, do tipo inundações e marés extremas, e os riscos geofísicos, como os sismos. Qualquer processo da Terra que coloque em risco a vida humana pode ser considerado um risco geológico. O seu âmbito varia desde os acontecimentos locais (por exemplo, a queda de blocos de rochas) aos globais, que podem ameaçar a totalidade da espécie humana, como o impacto de asteroides e a ocorrência de grandes erupções em vulcões.

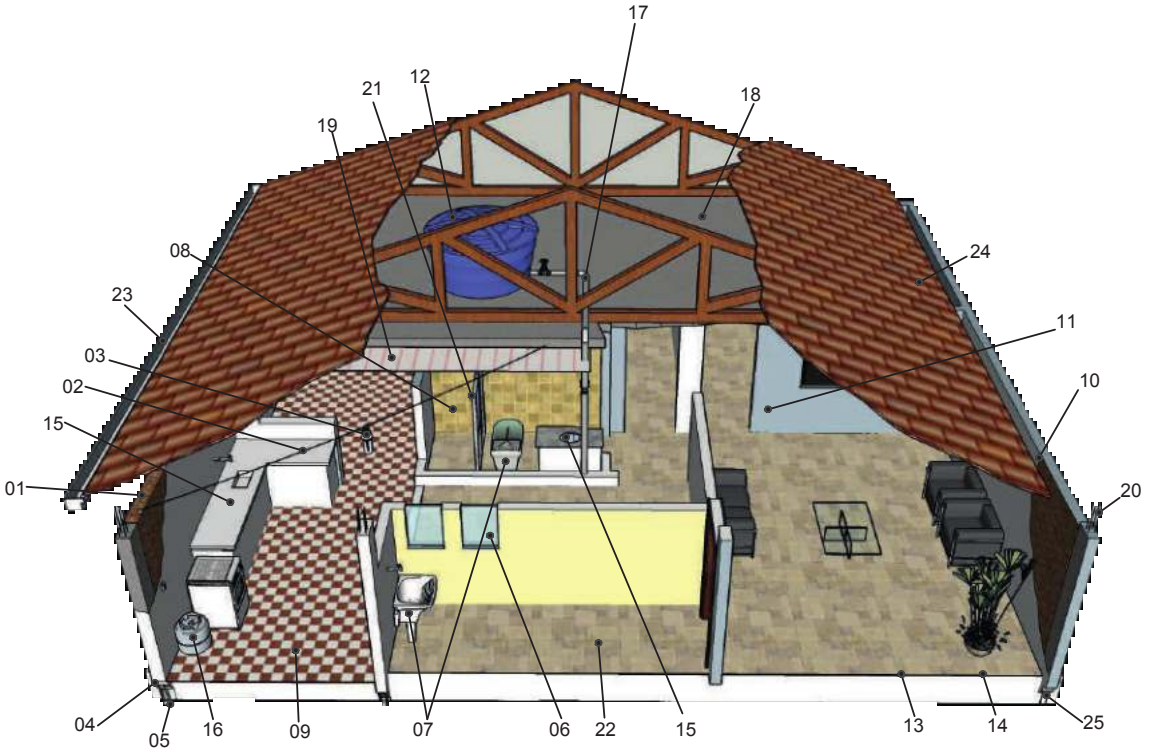
2.3.2 Importância dos minerais e rochas

A matéria sólida que constitui a crosta terrestre é formada por minerais e rochas.

Minerais são elementos ou compostos químicos com composição definida dentro de certos limites, cristalizados e formados naturalmente por meio de processos inorgânicos.

Rochas são agregados naturais, constituídos por uma mistura de minerais, ou, em alguns casos, por um único mineral.

Grande parte dos materiais e objetos existentes são fabricados a partir dos minerais e das rochas, desde materiais em estado bruto, como o cascalho, a areia e a argila, que são utilizados nos diversos tipos de construção, até objetos nobres, como joias e artefatos médicos em ouro e platina. A Figura 6 exemplifica essa importância, apresentando os principais minerais utilizados na construção de uma casa.



01 - Tijolo	Argila - bloco (brita +areia+calcário)	14 - Contra-piso	Areia+brita+calcário+ferro
02 - Fiação elétrica	Cobre - petróleo (plástico)	15 - Pias	Mármore-granito-ferro+níquel+cobalto
03 - Lâmpada	Quartzo - tungstênio - alumínio	16 - Gás (GLP)	Gás natural-minerais metálicos
04 - Fundação - concreto	Areia+brita+calcário+ferro	17 - Encanamento	Ferro-cobre-pvc (petróleo, calcário)
05 - Ferragens	Ferro+alumínio+cobre+zinco	18 - Laje	Areia+brita+cimento+ferro
06 - Vidro	Quartzo+calário+dolomito+feldspato	19 - Forro	Gipsita (gesso)
07 - Louças sanitária	Argila+calcário+feldspato+talco	20 - Armação-fundação	Areia+brita+calcário+argila+ferro
08 - Azulejo	Argila+calcário+feldspato+talco	21 - Esquadrias	Bauxita-ferro+manganês
09 - piso (bwc/cozinha)	Argila+calcário+feldspato+talco	22 - Piso	Ardósia-granito-argila+talco+caulim
10 - Isolante parente	Quartzo+feldspato+agregado de mica	23 - Calha	Zinco-amianto-calcário
11 - Pintura (tinta)	Calcário+talco+caulim+ilmenita+rutilo	24 - Telhado	Argila-amianto-calcário
12 - Caixa d'água	Polietileno ou fibra de vidro	25 - Estrutura	Areia+brita+calcário+ferro
13 - Impermeabilizante	Folhelhos pirobetuminoso e petróleo		

Figura 6 – Exemplo da utilização de rochas e minerais no domicílio.

Fonte: Adaptado de Mineropar.

Os metais não são encontrados puros na natureza. Eles fazem parte da composição de minerais. As rochas das quais são obtidos um ou mais metais de importância econômica são denominadas de minério. Nos minérios associam-se dois tipos de minerais: o mineral de minério, que é aquele que apresenta valor econômico, e o mineral de ganga ou ganga (rejeito) não aproveitável economicamente.

2.3.3 Ciclo das rochas

De acordo com sua origem, as rochas são classificadas em três tipos fundamentais: magmáticas ou ígneas, sedimentares e metamórficas.

a) **Rochas magmáticas ou ígneas**: são formadas pelo resfriamento e pela consolidação do magma pastoso na crosta da Terra. São denominadas de rochas primárias, pois foram as primeiras rochas que se formaram. Grande parte dessas rochas é bastante antiga e resistente, constituindo o embasamento rochoso dos continentes. Podem ser intrusivas ou plutônicas e extrusivas ou vulcânicas:

- **Rochas intrusivas** – formam-se no interior da crosta terrestre, pela lenta solidificação do magma. São exemplos de rochas plutônicas o granito, o sienito, o diorito e o gabro.

- **Rochas extrusivas ou vulcânicas** – resultam da solidificação rápida do material magmático (lava), quando entra em contato com a atmosfera (ou com a água, no caso de vulcanismo submarino). O basalto, o riolito e o traquito são exemplos de rochas vulcânicas.

b) **Rochas sedimentares**: são formadas a partir da deposição e consolidação de sedimentos e detritos, provenientes de outras rochas desagregadas, em função dos processos erosivos que ocorrem na superfície da Terra. Exemplos: arenito, argilito, calcário.

c) **Rochas metamórficas**: são formadas a partir das transformações sofridas por rochas ígneas, sedimentares ou mesmo metamórficas, quando submetidas às condições de pressão e temperatura do interior da crosta terrestre. São exemplos de rochas metamórficas o mármore (metamorfismo do calcário), o gnaisse (metamorfismo de granito, no caso do ortognaisse), o quartzito (metamorfismo de arenito), a ardósia (metamorfismo de folhelho ou argilito).

Ao longo da história geológica da Terra, as rochas formam-se e modificam-se constantemente, de forma cíclica. Esse processo é conhecido como ciclo das rochas e é apresentado na Figura 7.

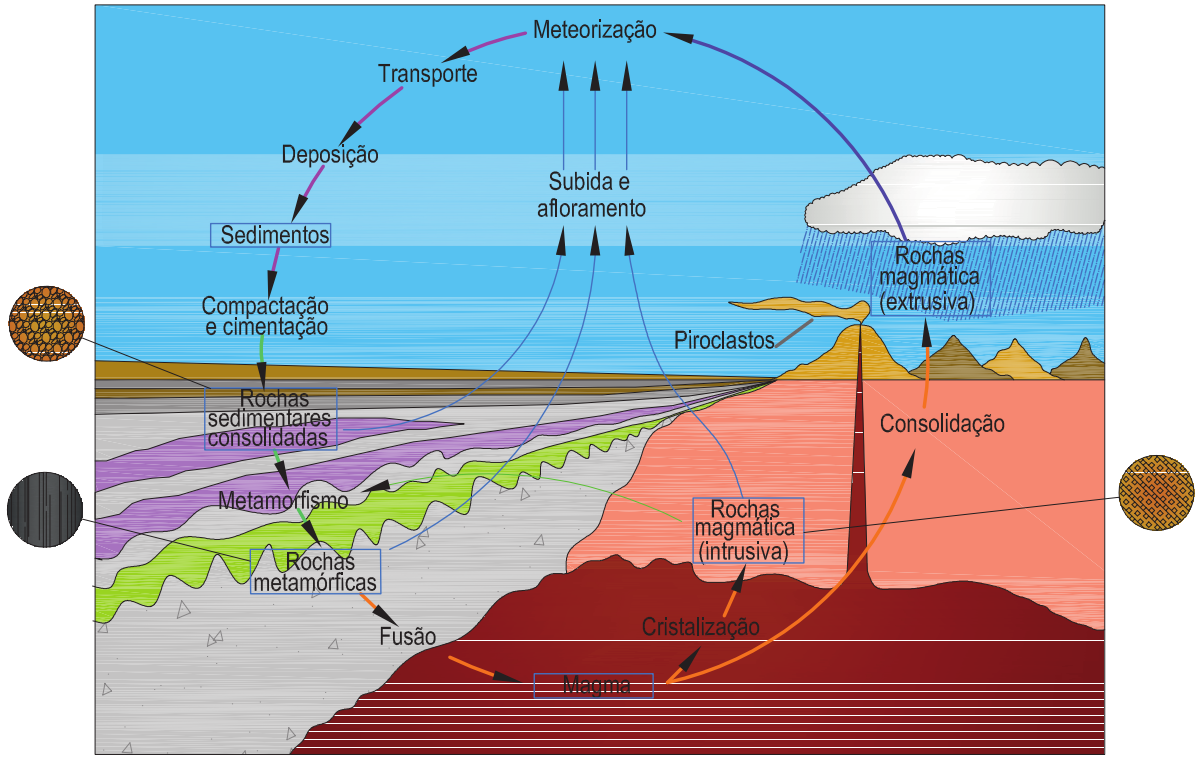


Figura 7 – Ciclo das rochas.

2.3.4 Solo

O solo é a formação resultante da interação dos processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas, na porção superficial da crosta da Terra, em que se desenvolve a maior parte da vegetação. É constituído de material desagregado, ar, água e matéria orgânica. Ele é formado pelos produtos do intemperismo que não são imediatamente carreados pelos agentes de transporte como a água, o gelo e os ventos.

Para a pedologia, o ramo das geociências que estuda os processos de formação dos solos, o solo é visto como o produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob a ação da atmosfera, da hidrosfera e da biosfera.

As características dos solos dependem do clima e do tipo de intemperismo. Em climas quentes e úmidos, devido à temperatura elevada e à ação da água, os solos formam-se mais rapidamente e

são mais espessos e mais desenvolvidos do que em locais de climas frios e secos. Dependendo das características do ambiente de sua formação, os solos apresentam diferentes propriedades físicas e químicas. Podem ser argilosos ou arenosos, ricos ou pobres em matéria orgânica, espessos ou rasos, homogêneos ou não. Tais características podem aparecer em um corte vertical do solo e podem ser representadas sob a forma de um perfil, chamado perfil do solo. Esse perfil é constituído por camadas ou horizontes, que diferem na textura, na estrutura, na composição e na cor.

É importante ressaltar também que o solo tanto pode ser o produto de decomposição da rocha "*in situ*", e, nesse caso, é chamado de solo residual, quanto pode ser resultado do transporte de outras rochas, situação que ocorre quando o material inconsolidado, proveniente do intemperismo da rocha-mãe, é transportado e depositado num lugar diferente de sua origem.

Assim, distinguem-se:

a) **Solos residuais**: também chamados de eluviões, resultantes da alteração da rocha subjacente.

b) **Solos transportados**:

- Coluviões: acumulações de detritos inconsolidados, transportados por gravidade desde sua origem e depositados sobre as encostas, acompanhando sua morfologia, e no sopé delas, em que atingem maiores espessuras.
- Aluviões: acumulações sedimentares recentes, transportadas pela ação de águas fluviais, depositadas em regiões baixas.

2.3.4.1 Erosão do solo

A erosão provoca danos ao solo, removendo suas partículas, comprometendo sua estabilidade e utilização, tendo como principais 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.

São exemplos de agressões ao solo: o lançamento inadequado de resíduos industriais, a ocorrência de chuva ácida, o desmatamento e o manejo inadequado na agricultura, que podem levar à desertificação.

A imposição de certas limitações e restrições no uso e na ocupação do solo podem constituir-se num importante elemento no controle da erosão. Para tanto, devem ser identificadas as áreas de risco, a partir da análise das características geológicas e topográficas locais.

2.3.4.2 Poluição e contaminação do solo

A poluição do solo é a alteração prejudicial de suas características naturais, com eventuais mudanças na sua estrutura, resultado de fenômenos naturais, tais como terremotos, vendavais e inundações, ou de atividades humanas, a exemplo da disposição de resíduos sólidos e líquidos, da urbanização, de atividades agropecuárias, industriais e de acidentes no transporte de cargas.

A contaminação do solo pode ser de origem orgânica ou inorgânica e ter várias fontes: materiais presentes no lixo; substâncias químicas perigosas; pesticidas empregados na atividade agropecuária.

O desenvolvimento da agricultura tem contribuído para a poluição do solo e das águas. Os fertilizantes sintéticos e os agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em excesso nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios e prejudicam os ecossistemas. A contaminação de um lençol freático por agrotóxicos coloca em risco a vida da população que se beneficia da água subterrânea.

2.4 Atmosfera

A atmosfera (do grego *atmos*, ar, vapor, e *sphaira*, esfera) é a camada gasosa da Terra, situa-se em contato direto com a litosfera, mantida pela força de gravidade do planeta, acompanhando os seus movimentos de rotação e translação. Atinge uma extensão de cerca de 1.000 km acima do nível do mar, sendo que a maior parte de sua massa, cerca de 99%, localiza-se abaixo dos 40 km de altitude.

É de vital importância para a sobrevivência da maioria dos organismos da Terra e sua composição está intimamente relacionada aos processos biológicos de evolução dos seres vivos.

É constituída por uma mistura de gases: nitrogênio (78,08%), oxigênio (20,95%), argônio (0,93%) dióxido de carbono (0,03%) e ainda ozônio, hidrogênio, monóxido de carbono, metano, óxido nitroso e outros gases nobres, como o neônio, o hélio e o criptônio. Contém ainda vapor d'água, próximo à superfície, num percentual que varia de 1% a 4%, e partículas de matérias derivadas de fontes naturais e de atividades humanas. Tal constituição manteve-se estável por milhões de anos. Todavia, como resultado de suas atividades, o homem tem causado alterações significativas nestas proporções, cujos efeitos nocivos são gravíssimos.

A atmosfera é dividida em cinco camadas, caracterizadas por diferentes condições de temperatura e composição química, separadas por zonas limites cujos nomes são constituídos pelo nome da camada inferior mais o sufixo "pausa".

a) Troposfera: é a camada da atmosfera mais próxima da crosta terrestre, na qual o homem vive e respira e onde ocorre a poluição do ar. Sua altitude máxima varia entre 6 km (polos) e 20 km (Equador) e é basicamente composta pelos mesmos elementos encontrados em toda a atmosfera, contendo aproximadamente 75% da sua massa. Contém, também, praticamente todo o vapor de água, sendo, portanto, a camada em que ocorrem os fenômenos climáticos, como chuvas, granizo, neve, a formação de nuvens e relâmpagos. As temperaturas nesta camada podem variar de 40º C até -60º C, sendo que, quanto maior a altitude, menor a temperatura. A zona limite entre a troposfera e a camada superior designa-se por tropopausa, de temperatura constante.

b) Estratosfera: é a segunda camada mais próxima da Terra. A temperatura aumenta com a altitude, desde -60º C até cerca de 0º C, devendo-se este aumento à interação química e térmica entre a radiação solar e os gases aí existentes. Contém aproximadamente 19% dos gases atmosféricos e muito pouco vapor de água, o que resulta na quase ausência de nuvens. Na porção inferior da estratosfera, de 15 a 35 km de altitude, localiza-se a chamada camada de ozônio, região em que a concentração do gás ozônio (molécula constituída por três átomos de oxigênio) é de cerca de 2 a 8 partes por milhão, que é muito maior do que a concentração de ozônio na atmosfera próxima à superfície. A estratosfera contém aproximadamente 90% de todo o ozônio da atmosfera. A destruição da camada de ozônio tem sido uma preocupação constante de ambientalistas em todo mundo. Alguns gases chamados CFC (clorofluorcarbonetos), e outros gases muito ativos, reagem quimicamente destruindo as moléculas de ozônio, diminuindo, assim, a concentração desse gás na estratosfera, permitindo que uma maior quantidade dos raios ultravioleta atinja a superfície, 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 os animais marinhos microscópicos que fornecem alimentação para a população pesqueira, além de um impacto negativo sobre alguns dos principais cultivos agrícolas. A zona limite designa-se por estratopausa, de temperatura constante.

c) Mesosfera (de 50 a 80 km): é a camada mais fria da atmosfera. Nela a temperatura diminui com a altitude, atingindo -100º C, pois a absorção de radiação solar é muito fraca, tendo em vista que o ar é bastante rarefeito. Nesta camada ocorre o fenômeno da aeroluminescência. A zona limite designa-se por mesopausa, situa-se entre 80 e 90 km, e nela ocorrem as temperaturas mais baixas da atmosfera.

d) Termosfera (de 80 a 800 km): inicia-se no final da mesosfera e vai até 500 km do solo, sendo a camada atmosférica mais extensa e mais quente. É uma camada que atinge altas temperaturas, devido à presença do oxigênio atômico, gás que absorve a energia solar em grandes quantidades. As temperaturas na termosfera podem atingir os 2.500º C durante o dia. A incidência da radiação solar faz com que os átomos existentes na parte superior da termosfera sejam ionizados. A região superior da termosfera, onde existe uma alta concentração de gases com íons e elétrons livres, chama-se ionosfera. Essa camada possui uma grande importância, pois influi na propagação das ondas eletromagnéticas de comunicação.

e) Exosfera (mais de 800 km acima do nível do mar): a exosfera é a última camada atmosférica, ou seja, a que está mais distante da Terra, antecedendo o espaço interplanetário. É basicamente formada por gases leves, como hélio, hidrogênio e dióxido de carbono. Vai do final da termosfera até 800 km do solo. Nesta camada ocorre o fenômeno da aurora boreal e também é onde permanecem os satélites de transmissão de informações e os telescópios espaciais.

2.4.1 Ventos

Vento é o ar em movimento, independentemente da velocidade. Este movimento resulta das diferenças da pressão exercida pelas camadas de ar sobre a superfície terrestre. Essa pressão, chamada de pressão atmosférica, depende da quantidade de ar que existe sobre uma determinada região. Quanto maior a quantidade, ou seja, a massa de ar, sobre uma determinada área, maior a pressão atmosférica naquela área. Assim, o movimento do ar, ou seja, o vento, ocorre sempre dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão atmosférica.

As diferenças da pressão atmosférica e consequentemente o tipo e a intensidade dos ventos, devem-se, entre outros fatores, à altitude, à temperatura e à latitude.

A alternância entre a brisa e o terral, nas regiões litorâneas, exemplifica bem a formação dos ventos em função da pressão e temperatura. Durante o dia, devido à irradiação do Sol, o mar aquece mais lentamente do que o continente. Como está mais frio, o ar está mais condensado, assim a pressão atmosférica sobre o mar é maior e então ocorre a brisa, vento que sopra do mar para o continente. Durante a noite, a água do mar está mais aquecida que a terra, que esfria rápido, e então ocorre o terral, vento que sopra do continente para o mar.

2.4.2 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 radiação em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos por lei.
- As causas da poluição atmosférica podem ser classificadas como:
  - De origem natural (vulcões, queimadas).
  - Resultantes das atividades humanas (indústrias, transporte, agropecuária).
  - Em consequência 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, o óxido de enxofre e os hidrocarbonetos. Este aumento de temperatura é conhecido como “efeito estufa”.

2.5 Hidrosfera

O Planeta Terra é recoberto por água em aproximadamente 70% de sua extensão. A hidrosfera (do grego *hydro*, água, e *sphaira,* esfera) é a camada constituída por todas as águas do planeta. Compreende todos os rios, lagos, lagoas, mares, oceanos e todas as águas subterrâneas, bem como as camadas de gelo.

A hidrosfera e a atmosfera, juntas, permitem a vida no planeta e compõem, junto com a litosfera, as três principais camadas físicas da Terra.

A hidrologia é a ciência que estuda a água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua relação com o meio ambiente, incluindo a relação com as formas vivas.

2.5.1 Água na natureza

A água é uma substância abundante na natureza e ocorre nos estados sólido, líquido ou gasoso. É um recurso natural que se recicla pela ação do calor do Sol e das forças de gravidade, como se a Terra fosse um gigantesco destilador. É, ainda, parte integrante dos seres vivos e substância essencial à vida.

É um bem de múltiplos usos, destinado a diversos fins, como abastecimento público, dessedentação animal, irrigação, navegação, suprimento industrial, conservação da fauna e da flora, recreação e lazer. Além disso, recebe, dilui e transporta efluentes provenientes de esgotos domésticos, indústrias e de diversas atividades rurais e urbanas, que são depurados pela ação de processos físicos, químicos e biológicos. Contudo, em situações cada vez mais frequentes, a concentração da população, de atividades agrícolas e industriais, excede a capacidade de depuração e/ou a capacidade hídrica da região, gerando escassez e, consequentemente, conflitos de uso.

A poluição e a contaminação da água estão entre as principais causas da incidência de enfermidades, principalmente em populações de baixa renda, não atendidas por sistemas de abastecimento de água e de coleta e disposição de esgotos. As doenças relacionadas ao uso da água causam grande número de internações hospitalares e respondem por grande parte dos índices de mortalidade infantil.

2.5.1.1 Distribuição da água na natureza

A água abrange cerca de 3/4 da superfície terrestre; desse total, 97,0% referem-se aos mares e oceanos e 3% às águas doces, sendo que 2,7% estão presentes nas geleiras, vapor de água e aquíferos existentes em grandes profundidades (mais de 1.000 metros). Assim, somente 0,3% do volume total de água do planeta está disponível para o consumo, sendo 0,01% encontrado em fontes de superfície (rios, lagos), e o restante, ou seja, 0,29%, em depósitos subterrâneos.

A água subterrânea vem sendo acumulada no subsolo por séculos e somente uma pequena fração é acrescentada anualmente por meio das chuvas, e outra fração retirada pelo homem, enquanto a água dos rios é renovada cerca de 31 vezes, anualmente.

A precipitação média anual, na Terra, é de cerca de 860 mm. Cerca de 70% e 75% dessa precipitação voltam à atmosfera como evapotranspiração.

2.5.2 Ciclo hidrológico

A água está sempre mudando de lugar na Terra. Dos continentes para os oceanos e mares e para a atmosfera. Ela muda também de estado: sólido, líquido e gasoso. A temperatura é o fator responsável por manter ou transformar a água em seus três estados físicos. A água na forma líquida ocorre no intervalo de temperatura acima de zero e abaixo de 100º C, compatível com as médias de temperatura predominantes no planeta. É importante ressaltar que só existe água líquida na Terra por causa dessas temperaturas médias, que são mantidas graças ao efeito estufa e ao movimento de rotação.

O movimento constante da água é provocado pelos seguintes fatores: radiação do Sol, inclinação do relevo, permeabilidade dos solos e das rochas, cobertura do solo pela vegetação. Contudo, esse movimento só é possível graças à ação da gravidade, que mantém a água líquida nos reservatórios e permite a precipitação.

Ao contínuo movimento da água no planeta dá-se o nome de ciclo hidrológico. Esse ciclo 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 (Figura 8).

O ciclo hidrológico é contínuo; contudo, para descrevê-lo de forma didática, pode-se dividi-lo nos seguintes estágios: precipitação, escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração.

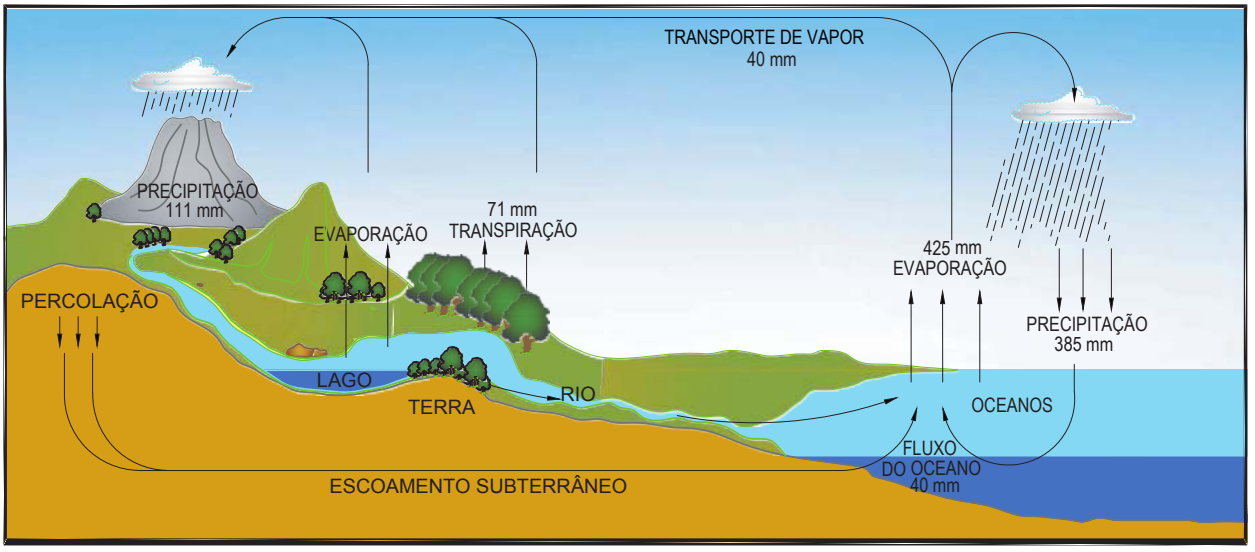


Figura 8 – Ciclo hidrológico.

2.5.2.1 Precipitação

A precipitação compreende toda a água que cai da atmosfera na superfície da Terra, sob forma de chuva, granizo e neve, dependendo do clima da região.

A água existente em forma de vapor na atmosfera é proveniente da evaporação de todas as superfícies líquidas (oceanos, mares, rios, lagos, lagoas) ou das superfícies umedecidas com água, como a dos solos, por efeito da ação térmica das radiações solares. Parte da água que se encontra na atmosfera resulta de fenômenos vitais, como a respiração e a transpiração.

Devido ao resfriamento, esses vapores condensam e, em condições de pressão e temperatura adequadas, ocorre a precipitação sobre toda a superfície terrestre. A parcela da água precipitada sobre os continentes e demais áreas emersas pode seguir três caminhos: escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração.

2.5.2.2 Escoamento superficial

É a água de chuva que, atingindo o solo, corre sobre a superfície do terreno, preenche as depressões, fica retida em obstáculos e, juntamente com as nascentes, vai alimentar os córregos, rios, lagos e desaguar nos mares e oceanos.

2.5.2.3 Infiltração

É por meio da infiltração que a água de chuva penetra por gravidade nos interstícios do solo, chegando até às camadas de saturação, constituindo reservatórios subterrâneos, que podem prover água para consumo humano e para a vegetação terrestre. Movimentando-se muito lentamente em subsuperfície, a água retorna à superfície da Terra, afluindo sob a forma de nascentes, incorporando-se ao fluxo dos rios e riachos ou escoando subterraneamente, até o oceano.

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

2.5.2.4 Evapotranspiração

É o processo de retorno da água à atmosfera, passando do estado líquido para o gasoso ou vapor de água. Compreende os fenômenos de evaporação e transpiração dos seres vivos.

A grande massa de água na superfície da Terra sofre a ação da temperatura e evapora. Esse fenômeno é chamado de evaporação.

A evaporação é o processo natural pelo qual a água, de uma superfície livre (líquida) ou de uma superfície úmida, passa para a atmosfera na forma de vapor. Numa superfície exposta às condições ambientais, que contém um certo conteúdo de vapor d'água, existirá sempre a troca de moléculas entre as fases de vapor e líquida, envolvendo os fenômenos de condensação e evaporação.

No processo de transpiração, a água é retirada do solo pelas raízes, transferida para as folhas e então evapora. É um mecanismo importante nas áreas com presença de cobertura vegetal, considerando-se que a superfície de exposição das folhas para a evaporação é grande.

2.5.3 Hidrografia

Hidrografia é a parte da geografia que classifica e estuda as águas do planeta. O objeto de estudo da hidrografia é a água da Terra e abrange, portanto, o estudo dos oceanos, dos mares, das geleiras, da água do subsolo, dos lagos e até o vapor d'água da atmosfera.

Para efeito de estudo, pode-se classificar as águas em oceânicas (oceanos, mares e *icebergs*) e continentais (rios, lagos, águas subterrâneas e geleiras).

2.5.3.1 Águas oceânicas

As águas oceânicas exercem uma grande relevância para a biosfera. Do ponto de vista ambiental, contribuem na composição e no equilíbrio climático, uma vez que abrigam seres (fitoplânctons) responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio do planeta. Retêm calor em períodos maiores que os continentes, sendo, assim, reguladores do clima planetário. Constituem a fonte primária das precipitações nos continentes e são importantes como fornecedores de alimentos e para o transporte, turismo e lazer. Mais da metade da população mundial ocupa áreas que distam menos de 100 km da linha de costa.

2.5.3.1.1 Oceanos

Os oceanos correspondem às grandes massas de água salgada que cobrem a maior parte da superfície terrestre, circundando e separando os continentes. Apesar de possuírem ligações entre si, são identificados cinco oceanos: Pacífico, Atlântico, Índico, Glacial Antártico e Glacial Ártico.

De uma maneira geral, o relevo do assoalho oceânico é constituído pela plataforma continental, talude continental, região pelágica ou bacia oceânica, região abissal e dorsais oceânicas. A temperatura varia em função da latitude e da profundidade. Em relação à latitude, a temperatura é mais alta na zona intertropical, em que a insolação é maior, diminuindo em direção às zonas polares, em que a insolação é muito baixa. Registram-se temperaturas de 29^0 C, na linha do Equador, e de 3^0 C nas regiões polares. Em relação à profundidade, à medida que esta aumenta, a penetração dos raios solares é menos intensa, e, por esse motivo, a temperatura diminui.

2.5.3.1.2 Mares

Os mares são as massas de água salgada que se localizam próximas aos continentes ou no interior destes. Apresentam menor profundidade que os oceanos, maior variedade de salinidade, de temperatura e de transparência das águas. Classificam-se em mares abertos, os que se comunicam com o oceano por largas passagens; interiores, que se comunicam com os oceanos por meio de estreitos ou canais; e fechados, que não possuem comunicação com o oceano ou outro mar.

2.5.3.1.3 Icebergs

Icebergs são gigantescos blocos de gelo flutuantes, formados por água doce, desprendidos de geleiras e arrastados para os oceanos por correntezas marinhas frias de origem Ártica (correnteza da Groelândia) ou Antártica. O gelo é menos denso do que a água, por isso flutua. Cerca de 10% apenas do volume total do *iceberg* é visível, ficando a maior parte submersa, constituindo-se, assim, num perigo para a navegação.

2.5.3.2 Águas continentais

As águas continentais abrangem os rios, os lagos, as geleiras e as águas subterrâneas.

2.5.3.2.1 Rios

Rios são cursos naturais de água que fluem, a partir de sua nascente, ou cabeceira, em direção às partes mais baixas do relevo, para desaguar em outro rio, em um lago ou nos mares e oceanos. Formam-se a partir da chuva, que é absorvida pelo solo até atingir áreas impermeáveis no subsolo, em que se acumula, constituindo as águas subterrâneas. Quando as águas subterrâneas afloram na superfície, originam as nascentes dos rios, que normalmente se localizam em áreas elevadas (colinas, planaltos, serras ou montanhas). Os rios podem também se formar a partir do degelo em áreas montanhosas, a partir de lagos ou da confluência de pequenos córregos.

À medida que o rio avança sobre o continente, vai traçando seu curso e seu volume aumenta gradativamente, uma vez que recebe água de seus afluentes, de lagos e fontes e das precipitações: chuva (precipitação líquida) e granizo ou neve (precipitações sólidas).

O canal escavado pelo rio e que serve de escoadouro para suas águas é denominado de leito.

Dependendo da época do ano, o rio ocupa três diferentes tipos de leito (Figura 9).

- Leito menor ordinário – corresponde ao canal por onde corre um curso de água no nível dos períodos de estiagem (de seca). Em algumas regiões, o rio chega mesmo a secar.
- Leito normal – como o próprio nome indica, corresponde ao canal no nível normalmente ocupado pelo rio.
- Leito maior, de inundação ou de cheia – corresponde ao canal no nível atingido nos períodos de chuvas intensas, quando as águas sobem e transbordam as margens do leito normal.

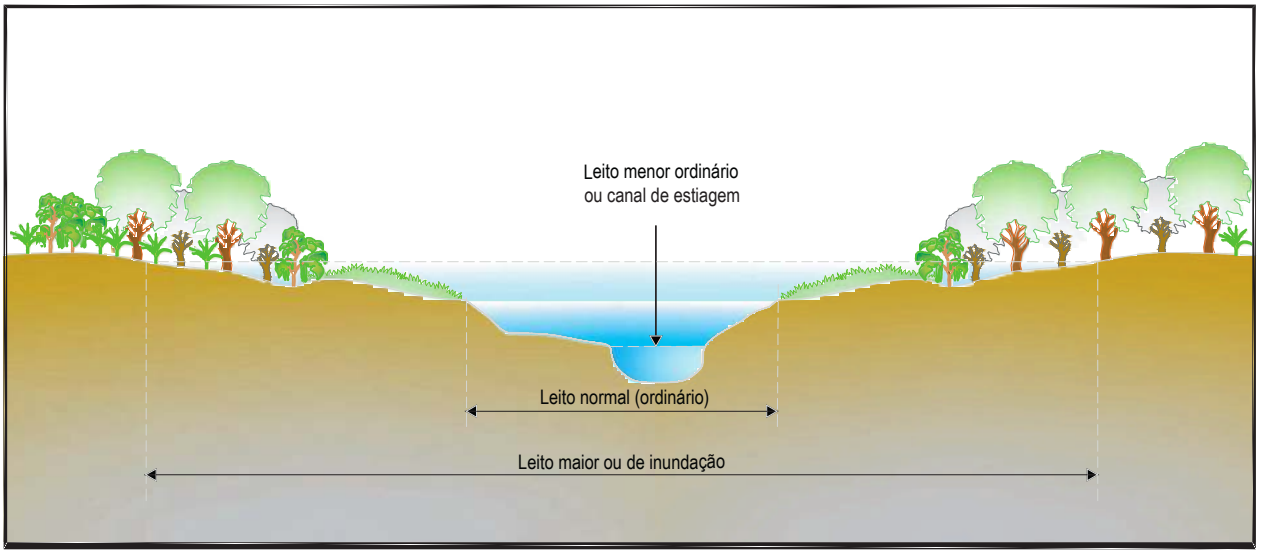


Figura 9 – Seção transversal de um rio.

Fonte: Adaptado de Coque, 1987.

A linha mais profunda do leito de um rio é chamada de talvegue, e a foz é o local em que o rio deságua, desemboca ou despeja suas águas, podendo ser do tipo:

- **Estuário** – foz típica de rios jovens, completamente aberta, sem nenhum obstáculo.
- **Delta** – foz constituída por ilhas sedimentares, separadas por diversos canais, típica dos rios mais velhos.

O curso do rio divide-se em:

- **Superior** – trecho situado próximo às nascentes do rio, com maior energia e potencial de erosão.
- **Inferior** – trecho próximo à foz, com energia mais baixa e alto potencial de sedimentação.
- **Médio** – região intermediária entre a nascente e a foz.

Em relação a um ponto de observação qualquer do curso do rio, define-se montante como a parte do rio entre este ponto e a nascente, e jusante como a parte do rio entre o referido ponto e a foz. Assim, sentido de jusante topograficamente corresponde ao sentido idêntico ao curso do rio e sentido de montante contrário ao curso do rio.

Os rios classificam-se de acordo com o regime, o escoamento, o tipo de relevo e conforme a idade (Tabela 2).

A área drenada por um rio principal e seus afluentes constitui uma bacia hidrográfica, e o conjunto dos rios e seus afluentes a sua rede hidrográfica. O corpo de água principal dá o nome à bacia.

O conceito de bacia hidrográfica é de fundamental importância do ponto de vista ambiental, uma vez que serve como unidade básica para gestão dos recursos hídricos e ambientais. Pode ser definida como toda a área de captação natural da água da chuva que escoa superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas.

Tabela 2 – Classificação dos rios.

Regime	Escoamento	Idade	Tipo de relevo
Pluvial – quando são abastecidos pela água das chuvas. São exemplos todos os rios brasileiros, exceto o Amazonas.	***Efêmeros*** – existem durante curtos períodos de chuvas. Responsável pelas "enchentes relâmpagos" que afetam as áreas áridas e semiáridas.	***Juventude*** – nascentes em lugares altos, escoamento torrencial com alta energia e velocidade. Produzem forte erosão vertical e possuem vales encaixados, em forma de V.	***Rios de planaltos*** – são aqueles que correm predominantemente sobre o relevo planáltico, caracterizado por desníveis acentuados, em que podem ser formadas quedas e corredeiras. Possuem navegabilidade limitada e potencial hidráulico acentuado; portanto, adequados para a construção de hidrelétricas. Exemplos: São Francisco, Iguaçu, Parnaíba, Tietê e Paraná.
Nival – quando suas águas provêm do derretimento das geleiras e da cobertura de neve das montanhas.	***Intermitentes*** – rios cujos leitos secam durante certo período do ano. Característicos de regiões bastante quentes (sertão nordestino) ou muito geladas.	***Maturidade*** – traçado plano e velocidade das águas constante, menores declividades e equilíbrio entre sedimentação e erosão.	***Rios de planície*** – são aqueles que correm predominantemente sobre o relevo de planície, extensas áreas planas em que praticamente não há cachoeiras, saltos e corredeiras. São adequados à navegação e possuem potencial hidráulico limitado. Exemplos: Amazonas, Araguaia, Tapajós e Negro.
Misto – quando são alimentados por ambas as fontes, neve e chuva. Exemplo: Amazonas e Ganges.	***Perene*** – rios que correm durante o ano todo. A maior parte dos rios brasileiros é perene.	***Velhice ou senilidade*** – traçado definido pelo trabalho de sedimentação. Declividade muito baixa, velocidade pequena e pouca energia. Os sedimentos acumulam-se no fundo do leito e nas margens, formando bancos de areia. A deposição de sedimentos torna o leito do rio mais sinuoso, formando os meandros.	

Em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório das relações de causa e efeito da dinâmica natural e das ações humanas ocorridas no conjunto das sub-bacias nela contidas.

Divisores de água ou interflúvios são as partes mais elevadas do relevo que separam rios de uma determinada rede hidrográfica, delimitando suas respectivas bacias.

A estrutura de um rio pode ser esquematizada nos seguintes elementos:

1) Nascente ou cabeceira – onde o rio nasce.
2) Cascata ou queda d'água – declive acentuado e/ou abrupto no relevo.
3) Meandro – curva acentuada de um rio.
4) Foz ou desembocadura – onde o rio deságua, podendo ser um delta, um estuário ou mista.
5) Afluente – curso de água que desemboca no rio principal.
6) Margem – limite entre a água do rio e a terra, sendo a margem direita (6.1) no sentido do curso do rio (de montante para jusante) e esquerda (6.2) a margem oposta.
7) Vertente – encosta íngreme na margem do rio.
8) Interflúvio – também chamado de divisor de águas, é uma elevação do terreno que separa dois ou mais rios.
9) Delta – foz de um rio formada por vários braços ou canais do leito do rio.
10) Estuário – parte do rio que se encontra com o mar.

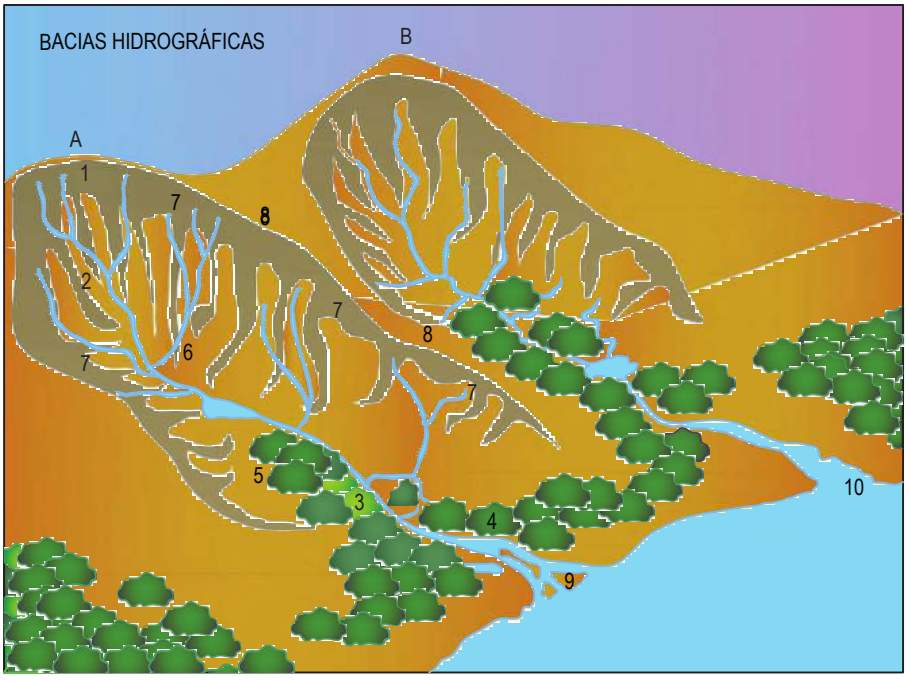


Figura 10 – Perfil longitudinal do rio com (seus) principais elementos.

Fonte: Adaptado de Wisniewsk, 2012.

2.5.3.2.2 Lagos

São depressões continentais em que se acumula água e classificam-se em:

- Tectônicos – oriundos de movimentos tectônicos, os quais produzem fendas que podem ser preenchidas por águas, determinando a formação do lago.
- Vulcânicos – correspondem a antigas crateras vulcânicas.
- De barragem – os naturais originam-se da sedimentação ocasionada por geleiras, rios e mares (são glaciais, fluviais e fluviomarítimos), e os artificiais correspondem a represas e açudes construídos pelo ser humano.

2.5.3.2.3 Geleiras

São massas continentais de gelo de limites definidos, que se movimentam pela ação da gravidade. Originam-se pela acumulação e compactação da neve, transformando-a em gelo. Estão presentes nas zonas polares do globo terrestre, nas quais ocorrem as menores temperaturas.

As geleiras podem ocorrer em áreas planas ou na forma de imensos rios de gelo que avançam lentamente pelos vales (glaciares). Quando chegam até mares e lagos, elas dão origem a plataformas de gelo de onde se desprendem os *icebergs* que, até derreterem por completo, podem ficar muito tempo viajando na água.

2.5.3.2.4 Água subterrânea

São águas que ocorrem abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas. Submetidas às forças de adesão e de gravidade, desempenham um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos, constituindo, assim, uma das fases do ciclo hidrológico.

A importância da água subterrânea, sob o ponto de vista técnico e econômico, repousa no fato de esta constituir o maior manancial de água doce líquida acessível, com volume estimado em 23 milhões de quilômetros cúbicos.

a) Modo de ocorrência das águas subterrâneas.

Em relação à saturação, a água distribui-se verticalmente no solo e subsolo, de acordo com as seguintes zonas de umidade:

- Zona não saturada ou zona de aeração – corresponde à parte do solo em que os poros estão preenchidos por água e ar. Divide-se em três faixas, cujos limites não são bem definidos, ocorrendo uma transição gradual entre elas: zona da água no solo, zona intermediária e zona de capilaridade ou franja capilar.
- Zona saturada – os poros estão totalmente preenchidos por água. Seu limite superior corresponde à chamada superfície piezométrica (*piezo* = pressão), ou freática, e representa o nível de água subterrânea propriamente dita. A Figura 11 apresenta esquematicamente a distribuição da água em subsuperfície.

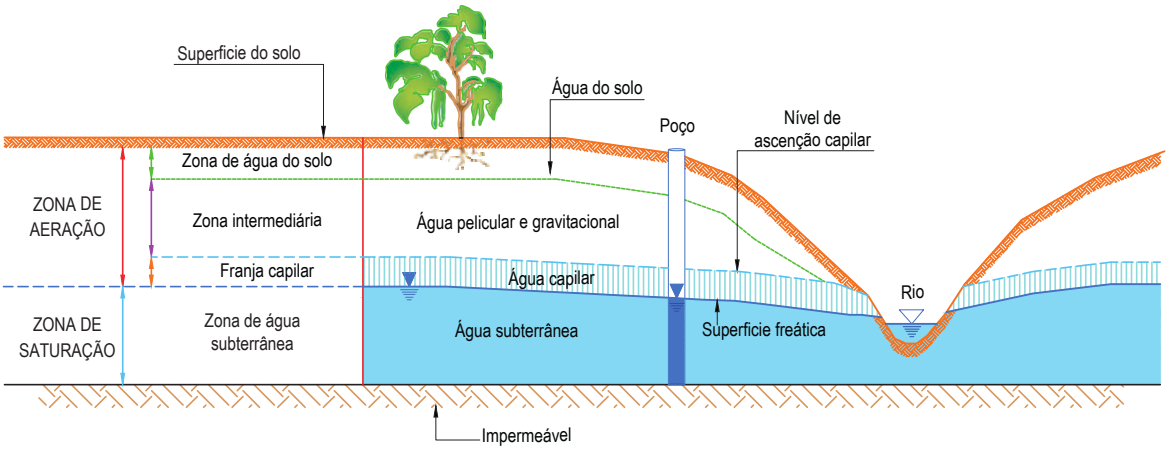


Figura 11 – Distribuição vertical da água no solo e subsolo.

Fonte: Adaptado de Bear e Verruijt, 1987.

b) Acumulação das águas subterrâneas.

Os termos utilizados para definir o modo de acumulação da água em subsuperfície – lençol freático e/ou lençóis subterrâneos – levam, comumente, a uma falsa crença de que a água subterrânea ocorreria na forma de um "rio" ou grande "lago" subterrâneo. Na realidade, rios subterrâneos existem apenas nas regiões de relevo cárstico (constituídos de rocha calcária), em que a dissolução da rocha pela ação da água constrói cavernas e dutos por onde pode fluir a água subterrânea.

A água subterrânea, na sua maior parte, ocorre contida no interior das rochas, ocupando parcial ou totalmente os espaços vazios, como os poros das rochas sedimentares e dos depósitos não consolidados (aluviões, dunas, areias das praias), ou as falhas e fissuras (rachaduras) das rochas compactas, como os granitos.

Os dois principais parâmetros de uma rocha, que se relacionam com sua capacidade de conter e permitir o fluxo da água subterrânea, são a porosidade e a permeabilidade.

c) Porosidade.

Conjunto formado pelos vazios de uma rocha ou solo. A porosidade total de uma rocha depende de fatores tais como: litologia, textura, grau de compactação, estrutura e intensidade do intemperismo.

Distinguem-se dois tipos de porosidade:

- Porosidade primária: quando os poros de uma rocha são originados juntamente com sua formação, como ocorre, por exemplo, durante a sedimentação de uma areia ou durante a consolidação de uma rocha vulcânica.
- Porosidade secundária: quando os vazios presentes nas rochas formaram-se devido a alterações pós-genéticas sofridas pelas rochas, como, por exemplo, as fissuras ou falhas devidas a esforços tectônicos ou os vazios decorrentes dos processos de dissolução, relacionados à diagênese ou ao intemperismo químico.

d) Permeabilidade.

Parâmetro que traduz a capacidade de uma formação geológica de permitir a passagem de água subterrânea por seus vazios ou interstícios. Expressa em darcys.

1 darcy = 0,987 x 10^{-8} cm^2.

e) Classificação das formações geológicas com relação à acumulação da água subterrânea.

Do ponto de vista de acumulação da água subterrânea, as rochas, os solos e os demais sedimentos podem ser classificados como:

- **Aquíferos** (do grego *aqui*, água, e *fere*, transferir): são formações geológicas capazes de armazenar água subterrânea, constituídas por rochas ou sedimentos porosos e permeáveis capazes de conter água e de cedê-la. Os depósitos de dunas e os arenitos são exemplos de formações aquíferas.

- **Aquicludes**: formações geológicas que, apesar de terem uma grande porosidade e conterem água, até mesmo em quantidades significativas, são incapazes de transmiti-la em condições naturais, ou seja, não possuem permeabilidade. São exemplos de aquicludes: argilas, folhelhos, rochas vulcânicas porosas, mas com poros que não são interconectados.
- **Aquitardes**: formações ou camadas geológicas semipermeáveis delimitadas no topo e na base por camadas de permeabilidade muito maior. Têm o comportamento de uma membrana semipermeável, por meio da qual pode ocorrer uma filtração vertical, ou drenança. Exemplos: arenitos argilosos, que possuem baixa porosidade e baixa permeabilidade.
- **Aquífugos:** formações geológicas impermeáveis, que não armazenam nem transmitem água. Exemplo: granito, gnaisse.

f) Classificação dos aquíferos.

Os aquíferos ou sistemas aquíferos (constituídos por mais de uma formação geológica) classificam-se quanto à homogeneidade do meio e quanto à pressão à qual estão submetidos. Quanto à homogeneidade do meio, os aquíferos classificam-se em:

- Meios homogêneos: correspondem aos aquíferos cuja porosidade é intergranular ou primária. São também chamados intersticiais porosos e suas propriedades de porosidade e permeabilidade não variam muito; pode-se dizer que eles são homogêneos em escala regional.
- Meios heterogêneos: correspondem aos aquíferos cujas propriedades, de porosidade e permeabilidade, variam bastante de um ponto a outro. A porosidade nesses aquíferos é secundária. Classificam-se em:
  - Aquíferos fissurais: constituídos por rochas ígneas e metamórficas, cuja porosidade primária é inexistente ou desprezível. A capacidade dos aquíferos fissurais e a qualidade de sua água dependem de fatores exógenos (clima, hidrografia, relevo, vegetação, infiltrações de soluções, intemperismo) e de fatores endógenos, ou seja, da própria formação rochosa, como a litologia e a estrutura.
  - Aquíferos cárstico-fissurais: são desenvolvidos nas rochas carbonáticas, como calcário e mármore. Possuem porosidade secundária gerada pela dissolução do carbonato de cálcio, pela ação da água que percola nas fissuras e fraturas e falhas, geradas pelos esforços tectônicos ou de alívio.

A Figura 12 ilustra a porosidade, a permeabilidade e os tipos de aquíferos.

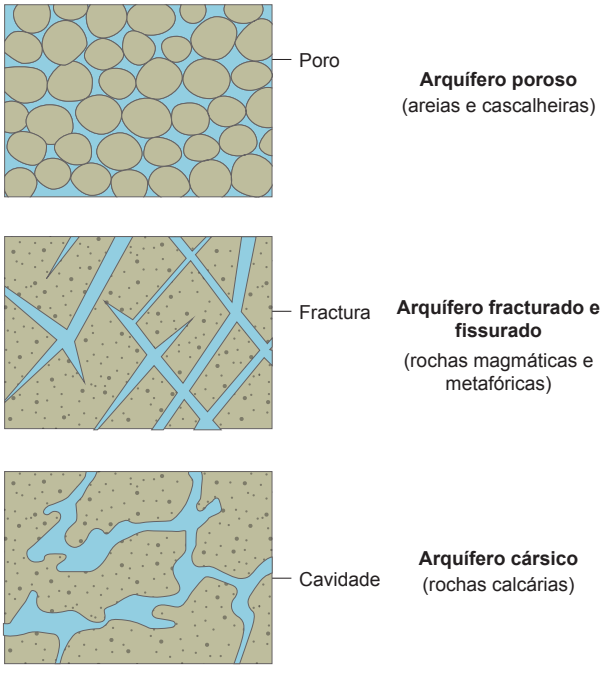


Figura 12 – Comparação entre os diferentes tipos de aquífero.

Quanto à pressão a que estão submetidos, os aquíferos classificam-se em livres, confinados e semiconfinados (Figura 13).

- Livre ou freático: tem sua superfície, que coincide com o nível freático regional, sujeita à pressão atmosférica. São mais dependentes das condições climáticas e das interações com os cursos d'água. Os poços que captam esse tipo de aquífero são chamados poços freáticos.
- Confinado: contido entre duas camadas impermeáveis. Neste tipo de aquífero, a água está submetida a pressões maiores que a pressão atmosférica, de modo que existe um nível virtual de pressões, situado acima da base da camada confinante, denominado nível potenciométrico. Os poços construídos neste tipo de aquífero são chamados artesianos, pois o nível da água neles, refletindo o nível potenciométrico do aquífero confinado, eleva-se acima do nível freático regional. Quando esse nível extrapola a superfície do terreno, ocorre o jorro espontâneo do poço. Nessa situação, os poços são chamados de artesianos jorrantes.
- Semiconfinado: topo ou base constituído por uma camada semipermeável (ou aquitarde). São sujeitos aos fenômenos de drenança vertical ascendente e descendente. Chama-se drenança o fenômeno de percolação da água subterrânea entre dois aquíferos, separados verticalmente por uma camada semipermeável.

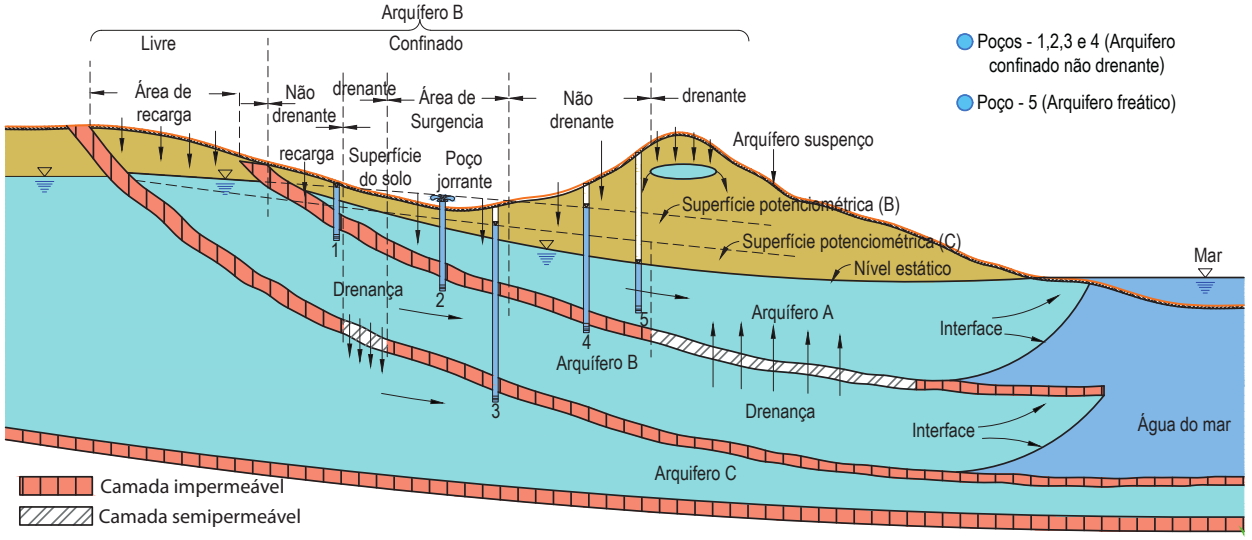


Figura 13 – Tipos de aquíferos e poços tubulares em relação à pressão a que estão submetidos.

Fonte: Adaptado de Feitosa *et al.*, 2008.

2.6 Biosfera

A biosfera, do grego, *bio*, vida, e s*phaira,* esfera, é a camada do globo terrestre habitada pelos seres vivos. Com o aparecimento dos primeiros seres vivos, há cerca de 3,5 bilhões de anos, a biosfera, representada pelos seres vivos e pelo ambiente onde eles vivem, veio associar-se às três camadas físicas da Terra: litosfera, hidrosfera e atmosfera.

Uma vez que existem locais do planeta impróprios à vida, em função de condições extremas de, por exemplo, temperatura e pressão, a biosfera não forma uma camada contínua em torno do planeta. Corresponde, contudo, ao conjunto de regiões do ambiente terrestre com a presença de seres vivos e engloba todos os ecossistemas da Terra.

A maioria dos seres vivos terrestres habita regiões com altitudes de até 5.000 metros. No mar, a maior parte dos seres vivos encontra-se até os 150 metros de profundidade, existindo, porém, espécies de animais e bactérias vivendo, nas regiões abissais, a mais de 9.000 metros de profundidade.

A diversidade de características dos ambientes terrestres traduz-se na diversidade de espécies e na quantidade de seres vivos que habitam determinadas regiões. Devido à constante interação entre seres vivos e aos componentes abióticos (que compreendem os aspectos físicos e químicos do ambiente), a biosfera é modificada constantemente, autorregulando-se e resistindo, pelo menos dentro de certos limites, às modificações impostas.

Nas últimas décadas, o aumento populacional e a capacidade humana de modificação das condições ambientais trouxeram consequências, algumas vezes desastrosas, para os diferentes ecossistemas do planeta. O desmatamento, a pesca abusiva, a poluição dos mananciais, a substituição dos ecossistemas naturais por áreas destinadas a monoculturas e à pecuária, entre outras ações, rompem o equilíbrio ecológico, transformando a biosfera e evidenciando sua fragilidade perante a atuação do homem.

Nesse contexto, evidencia-se o grande dilema das sociedades modernas, que é conciliar o desenvolvimento tecnológico e a carência cada vez maior de recursos naturais com o equilíbrio da biosfera.

2.6.1 Ciclos biogeoquímicos

Os ciclos biogeoquímicos caracterizam-se pelo movimento cíclico de elementos químicos que formam os organismos vivos ("bio") com o ambiente geológico ("geo"). Os elementos ou substâncias químicas são retirados de sua fonte abiótica, utilizados pelos seres vivos e posteriormente devolvidos para a sua fonte. Tais ciclos existem em qualquer ecossistema e são essenciais à vida. Além do ciclo da água (ciclo hidrológico), que se pode dividir em pequeno ciclo, sem a participação dos seres vivos, e grande ciclo, que inclui a participação dos seres vivos, destacam-se os ciclos do nitrogênio, do carbono, do oxigênio, do fósforo e do enxofre.

2.6.1.1 Ciclo do nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos fundamentais na composição dos seres vivos, constituindo substâncias orgânicas, como as proteínas e os ácidos nucleicos.

Apesar de a maior parte da atmosfera ser constituída de nitrogênio, a grande maioria dos organismos é incapaz de utilizar o nitrogênio na sua forma gasosa (N_2). Apenas algumas espécies de bactérias possuem a capacidade de utilizar o nitrogênio do ar na forma de N_2 e incorporá-lo às suas moléculas orgânicas, transformando-o em amônia [NH_4^+]. Essas bactérias são chamadas de fixadoras de nitrogênio. Essa transformação é feita pelas cianobactérias e pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem em associação simbiótica nas raízes de plantas, como as leguminosas.

A decomposição das plantas leguminosas libera o nitrogênio sob a forma de amônia no solo. Algumas plantas conseguem aproveitar o nitrogênio diretamente sob a forma de amônia, mas a maior parte dos vegetais utiliza o nitrogênio sob a forma de nitrato [NO_3^-]. A transformação da amônia em nitrato é feita por dois grupos de bactérias quimiossintetizantes conhecidas genericamente como bactérias nitrificantes. As primeiras bactérias a atuarem no processo de nitrificação pertencem ao gênero *Nitrosomonas*. Elas oxidam a amônia, processo no qual essa substância combina-se com as moléculas do gás oxigênio, produzindo o nitrito [NO_2^-]. O nitrito é tóxico para as plantas, mas é rapidamente oxidado por bactérias do gênero *Nitrobacter*, que o transforma em nitrato [NO_3^-]. Os nitratos são absorvidos pelas raízes das plantas e utilizados na produção de moléculas orgânicas, como proteínas e ácidos nucleicos.

Quando as plantas, que são os organismos produtores da cadeia alimentar, são comidas pelos herbívoros, consumidores primários, as substâncias orgânicas nitrogenadas são utilizadas para constituição das moléculas desses animais. Ao longo da cadeia alimentar, essas moléculas passam a constituir os corpos dos animais carnívoros, ou consumidores secundários. Como resultados do seu metabolismo, os animais eliminam no ambiente compostos nitrogenados, genericamente chamados de excretas, tais como amônia, ureia e ácido úrico.

Pela ação dos organismos decompositores, como fungos e bactérias desnitrificantes, o nitrogênio, proveniente de excretas e das moléculas orgânicas de animais e plantas mortos, retorna ao solo sob a forma de amônia, completando o ciclo (Figura 14).

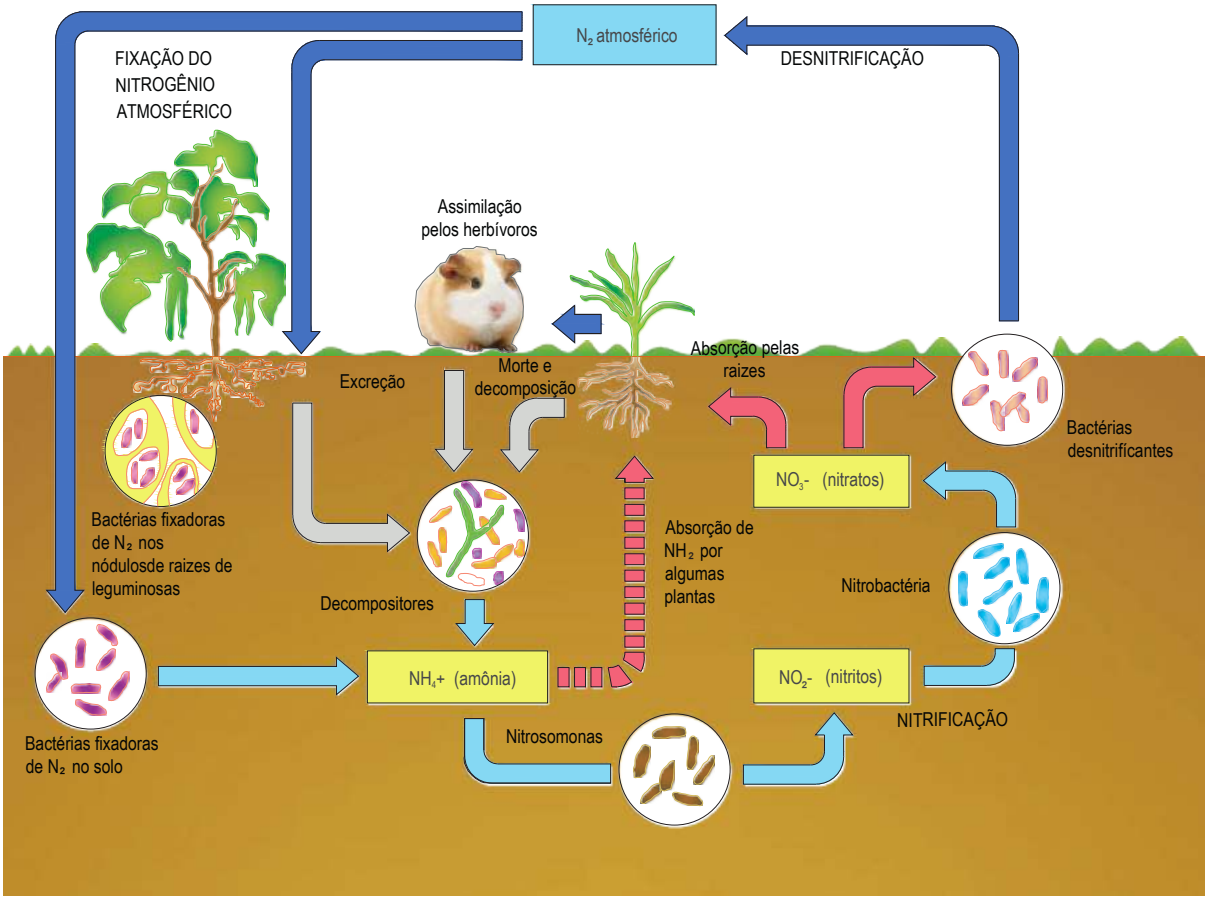


Figura 14 – Ciclo do nitrogênio.

2.6.1.2 Ciclo do carbono

A matéria orgânica carbonatada de excretas, ou de animais e vegetais mortos, decompõe-se produzindo gás carbônico ou carbonatos, que são liberados no ambiente.

Durante o dia, pela presença dos raios solares, a clorofila entra em ação e o dióxido de carbono (CO_2), também chamado gás carbônico, 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 dióxido de carbono.

Os animais, alimentando-se 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.

Um importante aspecto do ciclo do carbono refere-se ao chamado "efeito estufa", que consiste, basicamente, na ação do CO_2 e de outros gases, como o metano, os óxidos de nitrogênio e alguns hidrocarbonetos halogenados de origem industrial, sobre os raios infravermelhos refletidos pela superfície da Terra, reenviando-os para a atmosfera, mantendo, assim, uma temperatura estável no planeta. Nos últimos anos, as emissões de gases, em especial o CO_2, na atmosfera têm alcançado taxas cada vez maiores, provocando graves problemas, entre eles o aumento da temperatura média global, o que, mesmo em se tratando de poucos graus, acarreta o degelo das calotas polares e alterações topográficas e ecológicas do planeta (Figura 15).

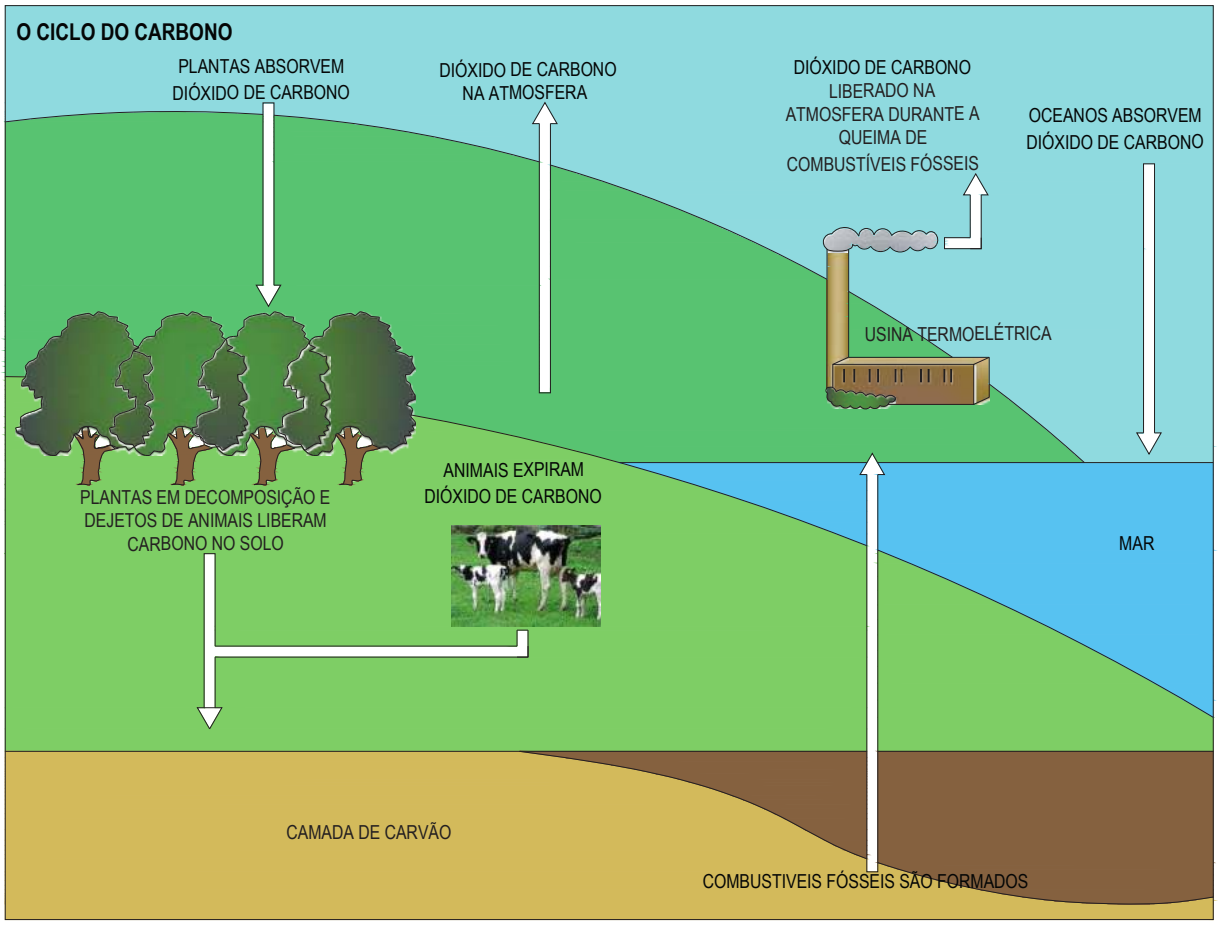


Figura 15 – Ciclo do carbono.

2.6.1.3 Ciclo do oxigênio

O ciclo do oxigênio consiste na passagem dos átomos de oxigênio da atmosfera para substâncias orgânicas dos seres vivos e retorno à atmosfera. Os seres vivos utilizam o oxigênio presente nas seguintes substâncias: gás oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Relaciona-se com o ciclo do carbono, pois ambos estão associados aos fenômenos de fotossíntese e respiração vegetal. Os processos de fotossíntese liberam oxigênio para a atmosfera, enquanto os processos de respiração e de combustão, ou seja, da queima de combustíveis fósseis, o consome.

Parte do O_2 da atmosfera é transformado em ozônio (O_3) pela ação de raios ultravioletas na estratosfera, formando a chamada camada de ozônio, que funciona como um filtro, evitando a penetração de grande parte dos raios ultravioleta para a superfície da Terra (Figura 16).

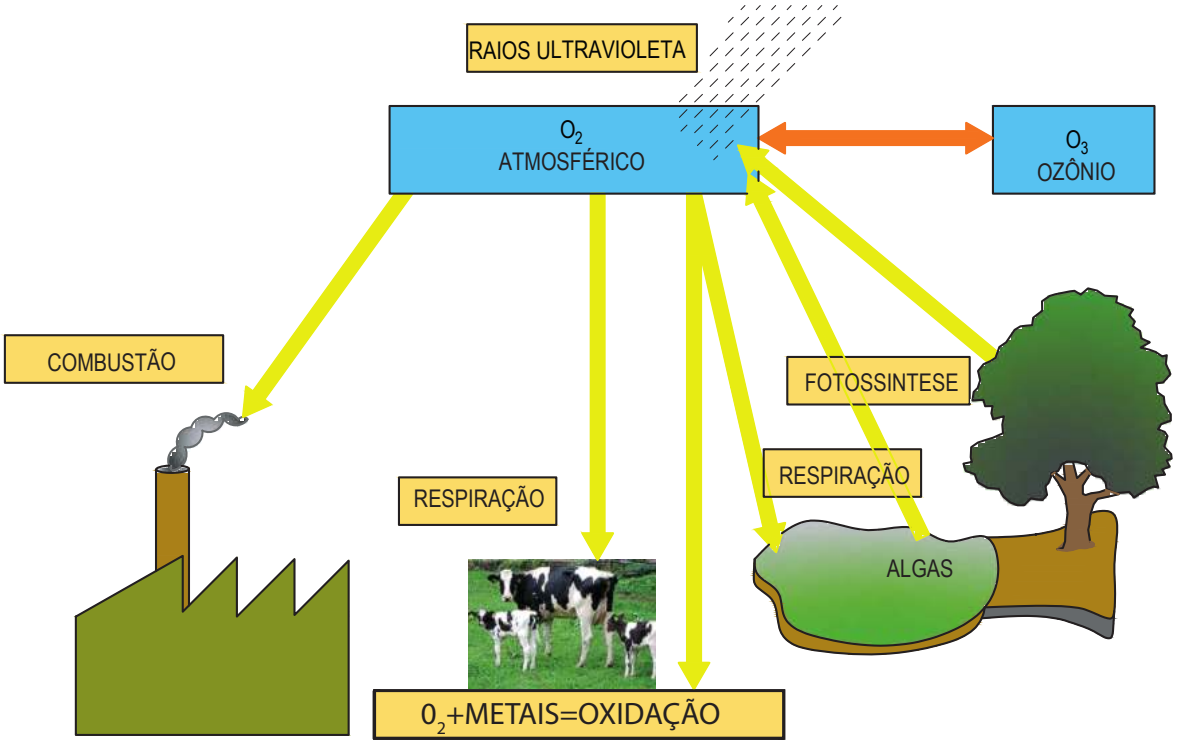


Figura 16 – Ciclo do oxigênio.

2.6.1.4 Ciclo do fósforo

O fósforo também é importante para os seres vivos, pois faz parte das moléculas que formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA). O composto de fósforo mais importante para os seres vivos é o íon fosfato. Como esse composto não é gasoso, o ciclo do fósforo não passa pela atmosfera.

Os vegetais obtêm fósforo do ambiente absorvendo os fosfatos dissolvidos na água e no solo. Os animais obtêm fosfatos na água e no alimento.

A decomposição devolve o fósforo que fazia parte da matéria orgânica ao solo ou à água. Daí, parte dele é reciclada localmente entre o solo, as plantas, consumidores e decompositores, outra parte é arrastada pelas chuvas para os lagos e mares, em que acaba se incorporando às rochas. Nesse caso, o fósforo só retornará aos ecossistemas numa escala de tempo geológico, quando as rochas fosfáticas, em consequência de processos geológicos, forem decompostas e transformadas em solo (Figura 17).

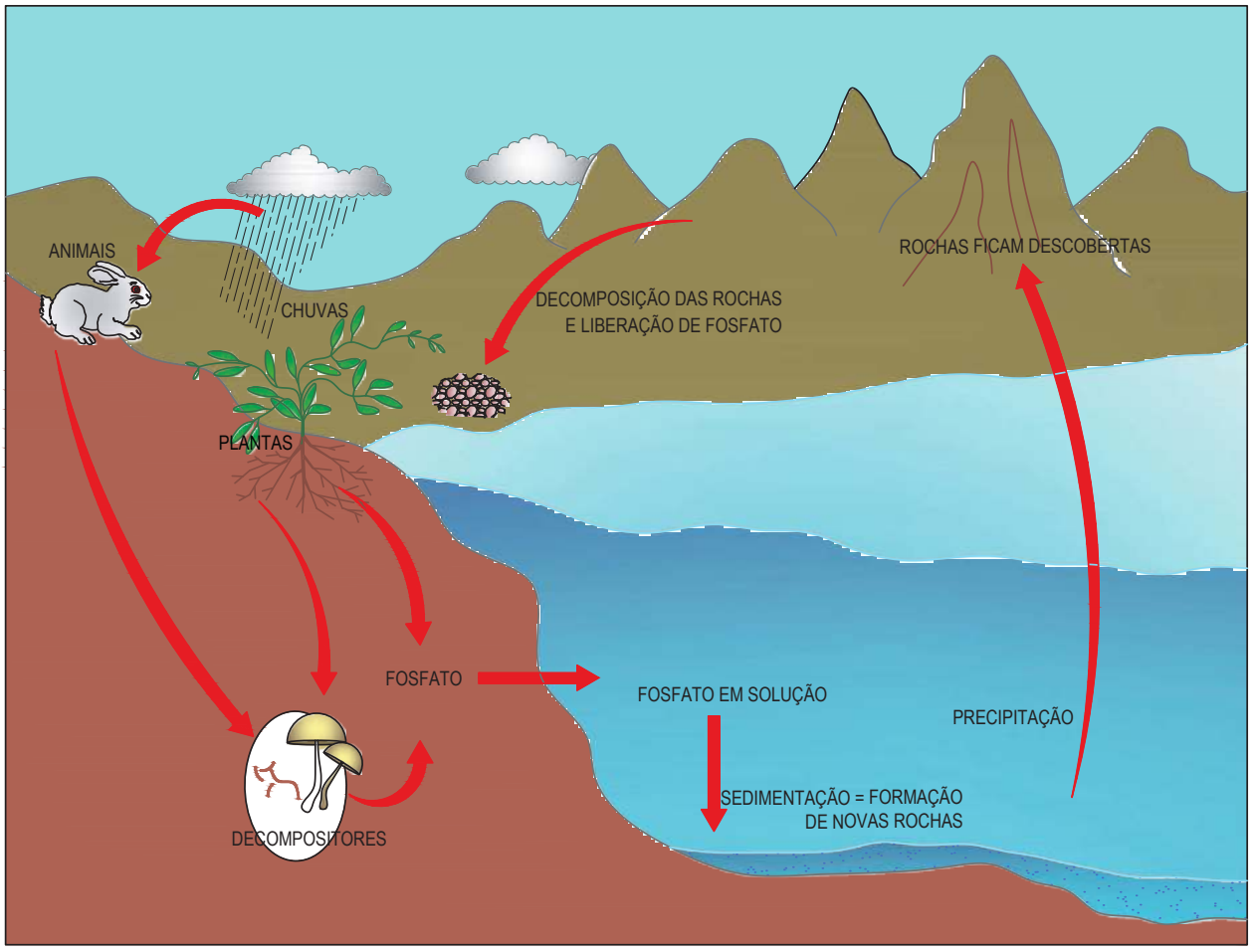


Figura 17 – Ciclo do fósforo.

2.6.1.5 Ciclo do enxofre

O enxofre é encontrado nas rochas sedimentares, nas rochas vulcânicas, no carvão e no gás natural. É essencial para a vida, pois faz parte das moléculas de proteína. Com a morte dos vegetais e animais, ou por meio de excretas, as proteínas dão origem a compostos de enxofre, como o gás sulfídrico (H_2S), que, depois de sofrerem oxidação, formam os sulfatos (SO_4^{2-}). Os sulfatos, solúveis em água, são absorvidos pelas raízes das plantas. Os animais o obtêm comendo vegetais ou comendo outros animais.

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

O dióxido de enxofre (SO_2) é produzido nos pântanos e vulcões, mas em quantidades que o meio ambiente consegue assimilar. Quando o ciclo do enxofre é alterado, animais e plantas sofrem os efeitos. A queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás, lança enxofre para a atmosfera na forma de SO_2, um grande poluente do ar, que, ao se combinar com a água na atmosfera, forma o ácido sulfúrico, um dos principais componentes das chuvas ácidas (Figura 18). Também contribui para o fenômeno da chuva ácida os ciclos do carbono e nitrogênio.

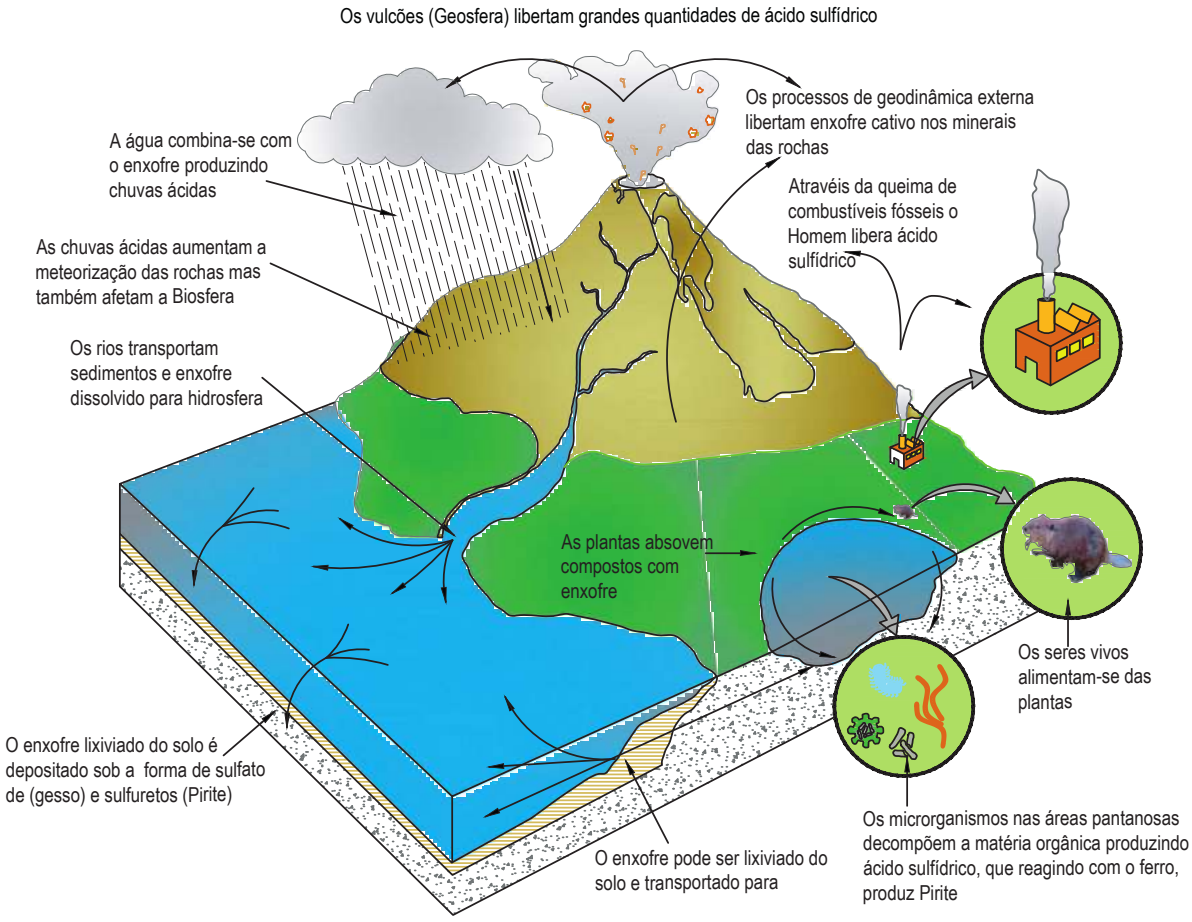


Figura 18 – Ciclo do enxofre.

Fonte: Adaptado de Understanding Earth.

2.7 Considerações finais

Em seus quase 5 bilhões de anos, a evolução do Planeta Terra permitiu a formação da litosfera, da atmosfera, da hidrosfera e, posteriormente, da biosfera. Apesar dos registros dos primeiros hominídeos datarem de 7 milhões de anos atrás, considera-se que o homem moderno tenha surgido sobre a Terra há apenas 120.000 anos. Estudos demográficos indicam que, no ano de 10000 a.C, a população mundial era inferior a 5 milhões de habitantes. Essa população atingiu o patamar de 1,6 bilhão no início do século XX, e pode atingir, no ano de 2050, o total de 9,6 bilhões de pessoas.

Apesar de sua relativamente curta história sobre a Terra, o homem alterou como nenhuma outra espécie a configuração geral do planeta, provocando mudanças topográficas, biológicas e climáticas, algumas das quais estão pondo em risco a sua própria sobrevivência. Um dos exemplos da influência da ação humana no equilíbrio do planeta são as mudanças climáticas provocadas pelo aumento da temperatura média da Terra, o chamado aquecimento global, cujas causas estão relacionadas principalmente à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento, que aumentam as concentrações dos gases do efeito estufa.

Além de consequências globais, como o derretimento de geleiras e a elevação do nível médio dos mares, as mudanças climáticas afetam localmente a agricultura, os ecossistemas, algumas atividades industriais, o abastecimento de água e a saúde humana.

Em relação à saúde humana, os fenômenos associados às mudanças climáticas podem aumentar a incidência de doenças respiratórias, devido à maior concentração de ozônio próximo à superfície; à incidência de algumas enfermidades, como cólera, malária, dengue, como reflexo da expansão das zonas de calor e umidade para latitudes e altitudes mais elevadas; às doenças diarreicas; à desnutrição; à morbidade e à mortalidade causadas por eventos climáticos extremos, como ondas de calor, tempestades, inundações, secas e incêndios; além de concorrerem para outros problemas de saúde pública, como o aumento da demanda sobre os serviços de saúde e déficits de abastecimento de água.

Se tais situações forem consideradas conjuntamente com problemas decorrentes do aumento da população e da sua concentração nas grandes cidades, com o agravamento do quadro da poluição e degradação das águas superficiais, subterrâneas, mares e oceanos, com a diminuição da cobertura florestal e extinção de espécies animais e vegetais e com o aumento crescente dos padrões de consumo e consequente geração de resíduos, ter-se-á um cenário bastante inóspito para o desenvolvimento das gerações futuras.

Por se tratar de uma perspectiva que afeta ao mesmo tempo o planeta e a sociedade humana que o habita, tal situação precisa ser enfrentada a partir de uma abordagem multidisciplinar que propicie uma profunda reflexão sobre a relação da espécie humana consigo própria e com a natureza, a fim de se estabelecer mudanças de comportamento e de paradigmas que permitam à humanidade encontrar novos caminhos para um desenvolvimento saudável e sustentável.

Referências bibliográficas

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia das populações:** genética, evolução e ecologia**.** 3. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. 3.

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate.** São Paulo: Moderna, 1995. 88p.

BRASIL. Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1980. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/legbras/>. Acesso em: 22 jan. 2015.

_____ . Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/legbras/>. Acesso em: 22 jan. 2015.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 01, de 26 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre o Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Brasília: Conama, 1986. Disponível em: <http://www.lei.adv.br/conama01.htm>. Acesso em: 22 jan. 2015.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988._____ . Lei nº 9.605, de 13 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/legbras/>. Acesso em: 22 jan. 2015.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. **Programa Nacional de Educação Ambiental – Pronea**. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 1997.CAMPOS, N. S. T. (Org.). **Gestão das águas**. 2. ed. Fortaleza: ABRH, 2001. p. 63-66.

COELHO, M. A.; TERRA, L. **Geografia geral***:* o espaço natural e socioeconômico. 5. ed. ref. atual. São Paulo: Ed. Moderna, 2005. 544p. (Série Sinopse).

FEITOSA, F. A. C. *et al*. **Hidrogeologia, conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID-UFPE, 2008. 812p.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Atlas geográfico mundial**. 2. ed. São Paulo: Folha de São Paulo, 1994.

HELLER, L. **Saneamento e saúde**. Brasília: OPAS, 1997.

MENDONÇA, F. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 205-221, 2003.

OBSERVATÓRIO NACIONAL; MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Atmosfera**, Rio de Janeiro, n. 3, 2011.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Programa marco de atenção ao meio ambiente**. Brasília: OPAS, 1998. p. 260.

_____. **Mudança Climática e Saúde**: um perfil do Brasil. Brasília: OPAS; MS, 2009. 44p. (Saúde Ambiental, n. 3).

PRESS, F. *et al.* **Para entender a Terra.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656p.

TEIXEIRA, P. F. P. **Manual sobre vigilância ambiental**. 12. ed. Washington: OPS, 1996. v. 4.

TEIXEIRA, W. *et al.* (Orgs.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 2009. 623p.

TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia – Ciência e Aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2007. 943p.

U.S. CENSUS BUREAU. **World Population – Historical Estimates of World Population**. Maryland: U.S. Census Bureau, [s.d.]. Disponível em: <http://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_ history.php>. Acesso em: 25 out. 2014.

3 Abastecimento de água

3.1 Introdução

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

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

Para que tais benefícios sejam atingidos, são necessários esforços de diversas naturezas. De um lado, observa-se a importância de abordagens tecnológicas apropriadas na concepção, no projeto, na implementação, na operação e na manutenção das unidades e dos sistemas. De outro lado, porém, o saneamento encontra-se na esfera das políticas públicas, área de atuação do Estado, e demanda formulação, avaliação, organização institucional e controle social.

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

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

3.2 Importância do abastecimento de água

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

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

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

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

3.3 Conceitos

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

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

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

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

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

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

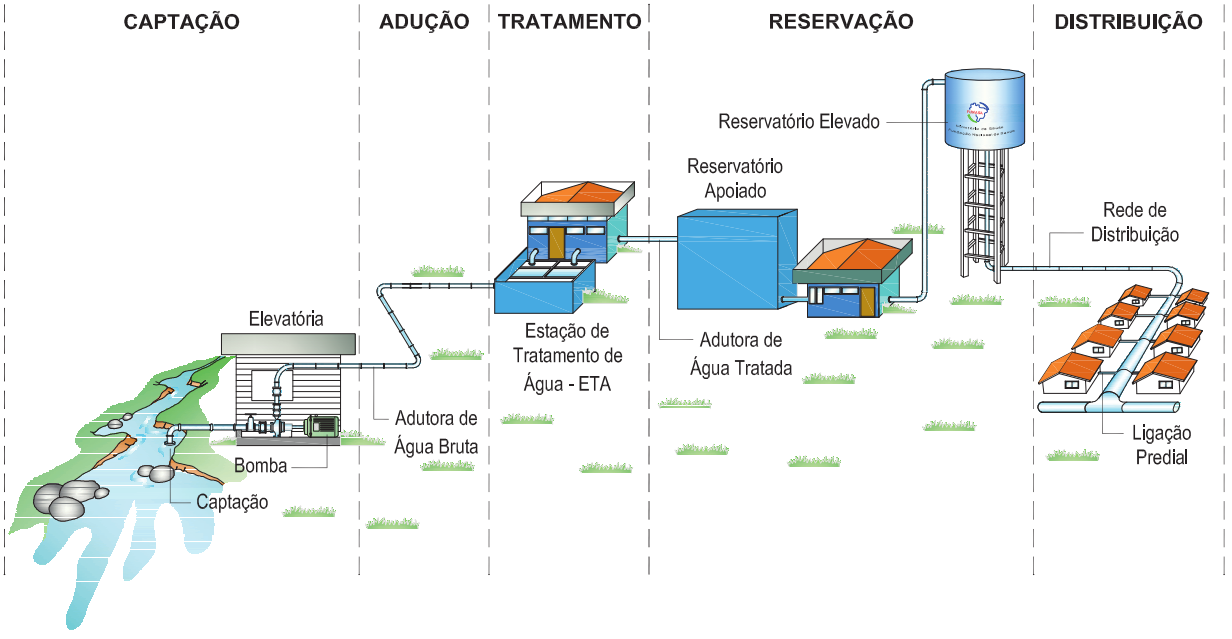


Figura 1 – Unidades de um sistema de abastecimento de água.

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

Tabela 1 – Síntese das categorias de instalações para o abastecimento de água.

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

3.4 Necessidades de água

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

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

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

3.4.1 Água, saúde e meio ambiente

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

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

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

As doenças de origem biológica relacionadas à água podem estar associadas ao uso inadequado da água ou ao déficit desta. A Tabela 2 exemplifica os cinco grupos de doenças associadas à água, à forma de transmissão e à prevenção.

Tabela 2 – Doenças relacionadas ao abastecimento de água.

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

Fonte: Adaptado de Heller e Casseb, 2001; Brasil, 2017.

3.5 Sistema de abastecimento de água e solução alternativa

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

Em se tratando de centros urbanizados, a solução mais econômica e definitiva é a implantação de um sistema de abastecimento de água. Sob o ponto de vista sanitário, essa solução coletiva é a mais indicada, por ser mais eficiente no controle dos mananciais e da qualidade da água distribuída à população. Não obstante, as soluções individuais para as áreas periféricas não devem ser desprezadas, principalmente em situações pontuais, enquanto se aguardam soluções definitivas.

3.5.1 Concepção

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

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

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

3.5.2 Consumo de água

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

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

3.5.2.1 Consumo doméstico ou residencial

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

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

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

3.5.2.2 Consumo comercial

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

3.5.2.3 Consumo industrial

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

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

3.5.2.4 Consumo público

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

3.5.2.5 Perdas e desperdícios

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

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

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

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

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

3.5.2.6 Consumo *per capita*

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

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

3.5.2.6.1 Com medição

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

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

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

3.5.2.6.2 Sem medição

Para uma população a abastecer-se ou abastecida sem ligações domiciliares, não existem parâmetros determinados para consumo *per capita*; entretanto, a depender do caso e do tipo da solução provisória proposta, pode-se adotar os consumos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo médio *per capita* para populações desprovidas de ligações domiciliares.

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

Para comunidades ainda não providas de sistema de abastecimento de água (com ligações domiciliares) e nas quais, por algum motivo, não foi possível determinar o consumo *per capita* a ser utilizado no projeto, prevendo-se a distribuição por ligações domiciliares, pode-se usar como referência a Tabela 4, que apresenta valores para o consumo *per capita* em função da população.

Tabela 4 – Consumo médio *per capita* para populações dotadas de ligações domiciliares.

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

3.5.2.7 Variações de consumo

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

- **Variações anuais** – o consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional.
- **Variações mensais** – as variações climáticas promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima, maior tende a ser o consumo verificado.
- **Variações diárias** – ao longo do ano, haverá um dia em que se verifica o maior consumo. É utilizado o coeficiente do dia de maior consumo (k_1), que é obtido da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário. O valor usualmente adotado por norma no Brasil para k_1 é 1,20.
- **Variações horárias** – ao longo do dia, têm-se valores distintos de "picos" de vazões horárias. Entretanto, haverá uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (k_2), que é a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia

de maior consumo. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada. O coeficiente k_1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto k_2 é usado no dimensionamento da rede de distribuição. O valor usualmente adotado por norma no Brasil para k_2 é 1,50.

3.5.3 Estudo da população

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

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

3.5.3.1 Alcance do projeto

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

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

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

3.5.3.2 Previsão de crescimento populacional

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

Os métodos matemáticos são bastante utilizados em simulações de previsões populacionais em projetos de saneamento. A Tabela 5 traz as equações aplicáveis aos métodos matemáticos aritmético, geométrico e da curva logística. É importante destacar que, independentemente do método escolhido, os resultados da projeção populacional devem ser coerentes com a densidade populacional da área em questão (atual, futura ou de saturação).

O método aritmético pressupõe uma taxa de crescimento constante para os anos que se seguem, a partir de dados populacionais conhecidos. Admite que a população varie linearmente com o tempo e pode ser utilizado para a previsão de um período pequeno de um a cinco anos. Para previsão por

período muito longo, torna-se acentuada a discrepância com a realidade histórica, uma vez que o crescimento é pressuposto ilimitado.

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

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

Tabela 5 – Métodos matemáticos utilizados na projeção populacional.

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

Fonte: Adaptado de Heller e Pádua, 2006.

Onde:

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

P_t = população estimada no ano 1 (hab).

P_s = população de saturação (hab).

K_a, K_g, K_1, i, c = coeficientes.

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

$t_0 = 1990$ $P_0 = 10.585$ hab

$t_1 = 2000$ $P_1 = 23.150$ hab

$t_2 = 2010$ $P_2 = 40.000$ hab

a) Projeção aritmética.

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

População para 2020 (t = 2020)

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

População para 2030 (t = 2030)

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

b) Projeção geométrica.

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

População para 2020 (*t* = 2020)

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

População para 2030 (*t* = 2030)

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

c) Projeção da curva logística.

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

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

$$c = \frac{P_s - P_2}{P_0} = \frac{(66709 - 40000)}{10585} = 2{,}5233$$

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

População para 2020 (*t* = 2020)

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{k_1 \cdot (t - t_0)}} = \frac{66709}{1 + 5{,}3022 \cdot e^{-0{,}1036 \cdot (2020 - 1990)}} = 59.949 \text{ hab}$$

População para 2030 (*t* = 2030)

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{k_1 \cdot (t - t_0)}} = \frac{66709}{1 + 5{,}3022 \cdot e^{-0{,}1036 \cdot (2030 - 1990)}} = 64.142 \text{ hab}$$

3.5.4 Mananciais

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

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

3.5.4.1 Manancial superficial

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

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

3.5.4.2 Manancial subterrâneo

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

3.5.4.3 Aproveitamento das águas meteóricas

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

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

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

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

3.5.4.4 Escolha do manancial

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

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

- **1º critério** – previamente é indispensável a realização de análises de componentes orgânicos, inorgânicos e bacteriológicos das águas do manancial, para verificação dos teores de substâncias prejudiciais.
- **2º critério** – vazão mínima do manancial, necessária para atender à demanda por um determinado período de anos.
- **3º critério** – mananciais que exigem apenas desinfecção: incluem as águas subterrâneas.
- **4º critério** – mananciais que exigem tratamento simplificado: compreendem as águas de mananciais protegidos, com baixos teores de cor e turbidez, passíveis apenas de filtração e desinfecção.
- **5º critério** – mananciais que exigem tratamento convencional: compreendem basicamente as águas de superfície, com turbidez elevada, que requerem tratamento com coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

3.5.4.5 Medições de vazão

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

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

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

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

Onde:

Q = vazão (m^3/s).

A = área da seção de escoamento (m^2).

V = velocidade média na seção (m/s).

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

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

3.5.4.5.1 Em fontes de encostas

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

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

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

3.5.4.5.2 Em córregos

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

a) Método prático com flutuador.

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

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

Passo 1 – Determinação da velocidade.

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

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

L = 4,00 m (largura da seção transversal).

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

A área média da seção transversal, A = 4,00 m x 1,00 m = 4,00 m^2.

Passo 3 – Determinação da vazão.

Q = A .V = 4,00 m^2 . 0,50 m/s

Q = 2,00 m^3/s ou Q = 2.000 l/s

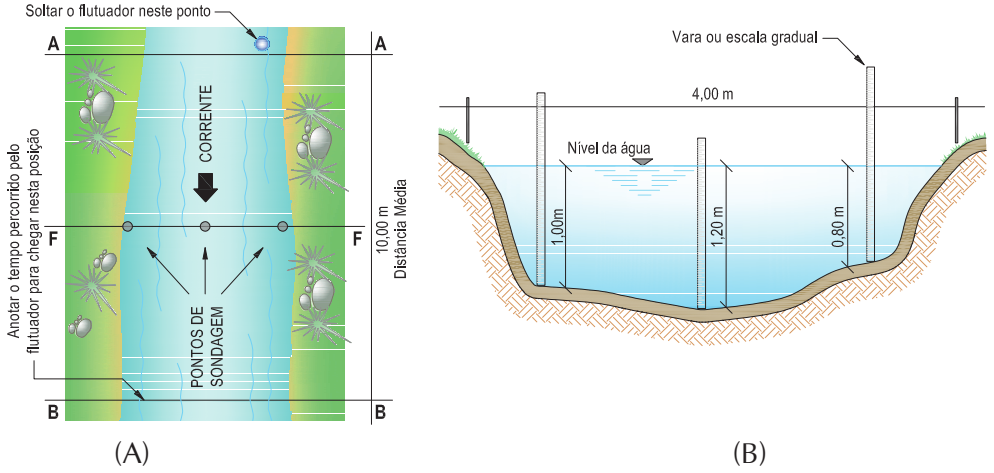


Figura 2 – Planta (A) e seção transversal de córrego (B).

Fonte: Adaptado de Usaid, 1961.

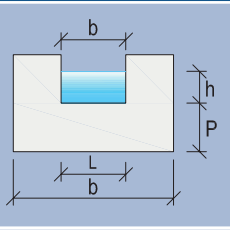
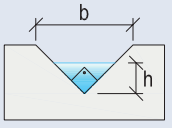
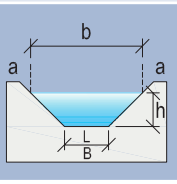
b) Método com aplicação do vertedor de madeira.

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

- Soleira: parte superior da parede em que há contato com a lâmina vertente.
- Carga sobre a soleira (h): distância vertical entre o nível da soleira e o nível d'água a montante, aproximadamente igual a seis vezes a carga. No geral, a uma distância de 1,50 m.
- Altura do vertedor (P): diferença de nível entre a soleira e o fundo do canal de chegada.
- Largura da soleira (L): dimensão da soleira por meio da qual há o escoamento.
- Largura do vertedor (B), largura da lâmina líquida ou do nível d'água (b) e bordas laterais (a).

A Tabela 6 mostra as principais formas e características dos vertedouros com paredes finas.

Tabela 6 – Principais formas e características dos vertedouros.

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

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

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

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

$Q = 1,4 \cdot h^{5/2} = 1,4 \cdot 0,30^{5/2} = 0,0690\ m^3/s$ ou 69 l/s

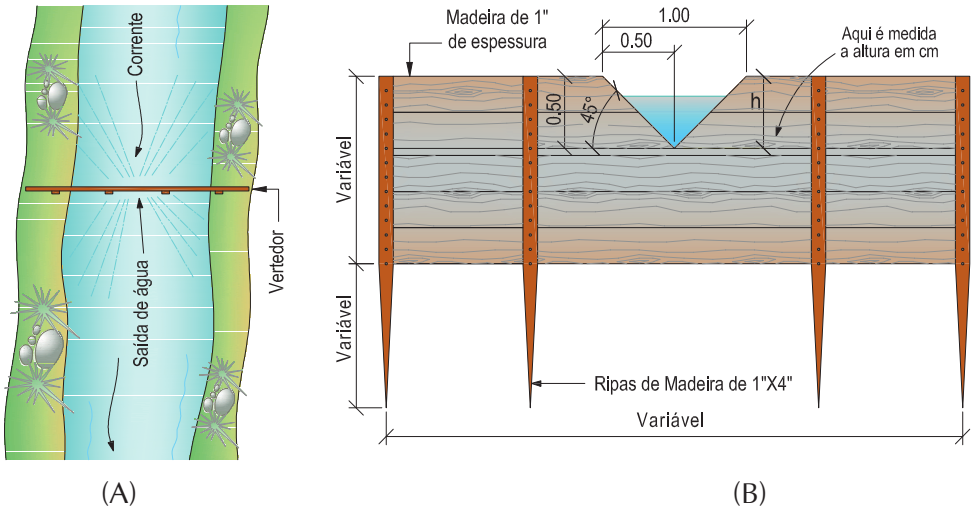


Figura 3 – Vertedouro de madeira em planta (A) e na seção transversal (B).

Fonte: Adaptado de Usaid, 1961.

3.5.4.5.3 Em poços

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

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

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

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

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

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

b) O teste pode ser feito com bomba ou compressor.

c) O teste com bomba pode ser realizado da seguinte maneira:

- Instala-se a bomba no poço com o crivo posicionado acima da principal entrada de água. A bomba deverá ter um registro na saída para regular sua descarga.
- Bombeia-se o poço com uma vazão constante, definida em função de observações feitas durante sua construção, até que o nível da água tenda à estabilização. As medições de vazão podem ser feitas pelo método volumétrico, cronometrando-se o tempo de enchimento de um recipiente de volume conhecido como, por exemplo, um tambor de 200 ou 220 litros e latas de 18 litros.

3.5.5 Captação

É o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao abastecimento coletivo ou individual. De acordo com o tipo do manancial a ser aproveitado, podem ser utilizadas as seguintes formas de captação (Tabela 7 e Figura 4).

Tabela 7 – Formas de captação.

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

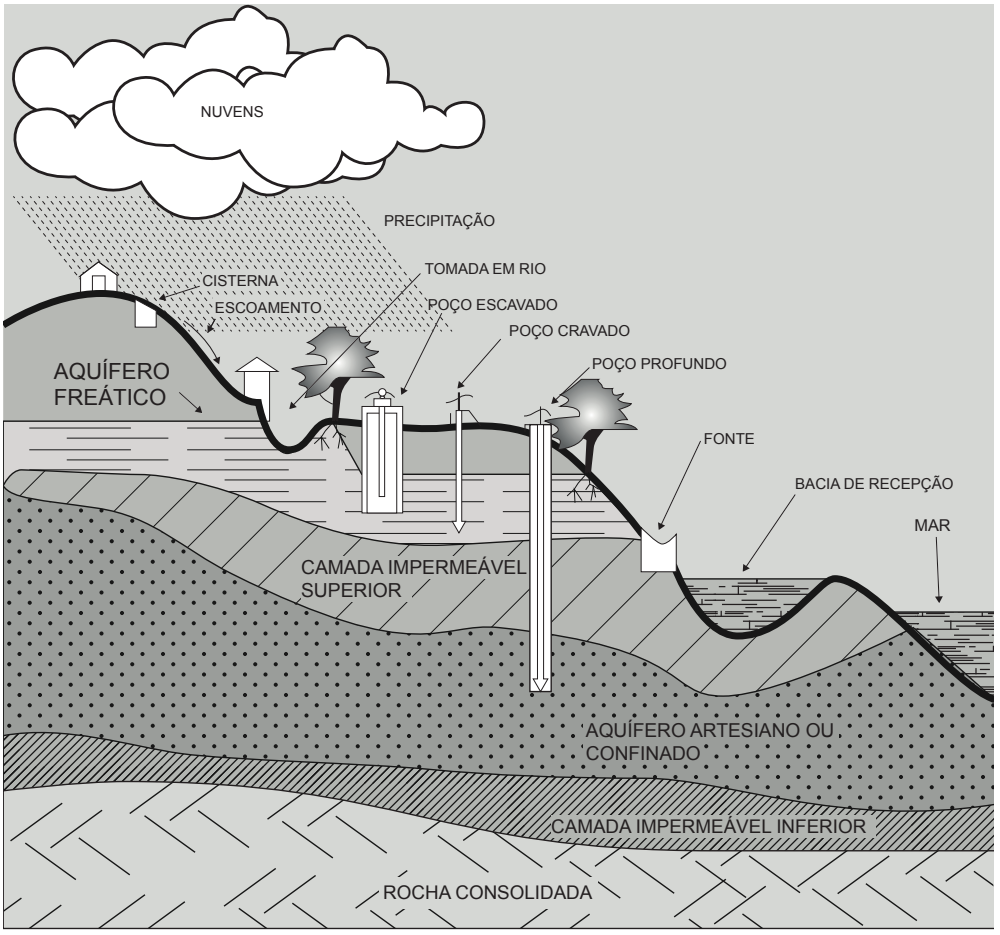


Figura 4 – Formas de captação.

3.5.5.1 Captação de água de chuva

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

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

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

Um ponto muito importante está relacionado à coleta das primeiras águas de chuva, pois o escoamento inicial dessas águas na área de captação é suficiente para carregar poeiras, fuligens, folhas, galhos, entre outros detritos que se constituem uma possível fonte de contaminação. Assim sendo, é importante a instalação de um dispositivo de descarte dessas primeiras águas, de modo a minimizar a contaminação da água a ser armazenada. Recomenda-se no mínimo a utilização de 1 litro por m^2 ou 1 mm da precipitação para o volume a ser descartado.

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

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



Em placas de concreto com bomba manual (B)



Com dispositivo de descarte - padrão **Funasa** (C)



Cisterna de PEAD (D)



Figura 5 – Tipos de cisterna mais utilizados.

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

O volume da cisterna pode ser obtido pela seguinte equação:

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

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário, de água de chuva aproveitável (m^3).

P = precipitação média anual, mensal ou diária (m).

A = área de coleta (m^2).

c = coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

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

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.

Exemplo 5 – Calcule o volume mínimo de uma cisterna para atender uma família de cinco pessoas morando em uma casa 40 m^2 de cobertura, considerando-se seis meses de previsão sem chuva e uma precipitação anual de 800 mm.

Passo 1 – Determinação dos consumos.

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

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

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

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

Passo 2 – Determinação da capacidade da cisterna.

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

3.300 litros/mês x 6 meses = 19.800 litros.

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

Considerando:

A = 40 m^2 (área de projeção horizontal do telhado).

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

c = 0,8 (coeficiente de escoamento superficial).

Então,

V = P . A . c = 0,8 . 40 . 0,8 = 25.600 L ou 25,6 m^3

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

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

3.5.5.2 Captação de nascentes

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

a) Proteção de nascentes.

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

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

Em sua condição mais favorável, ou seja, quando as fontes surgem em encostas, a tarefa resume-se na construção da caixa de captação ou depósito que, preferencialmente, deve ser revestido e sempre coberto. O revestimento tem por objetivo evitar a imediata contaminação da água pelas

próprias partículas do solo, provenientes de desmoronamento das paredes da caixa, e a cobertura evitar a contaminação por meio do pó trazido pelo vento, restos vegetais, ejeções de animais silvestres, desenvolvimento de algas na presença de luz etc. A alga, apesar de promover maior oxigenação da água, ao morrer entra em decomposição e pode conferir odores desagradáveis à água.

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

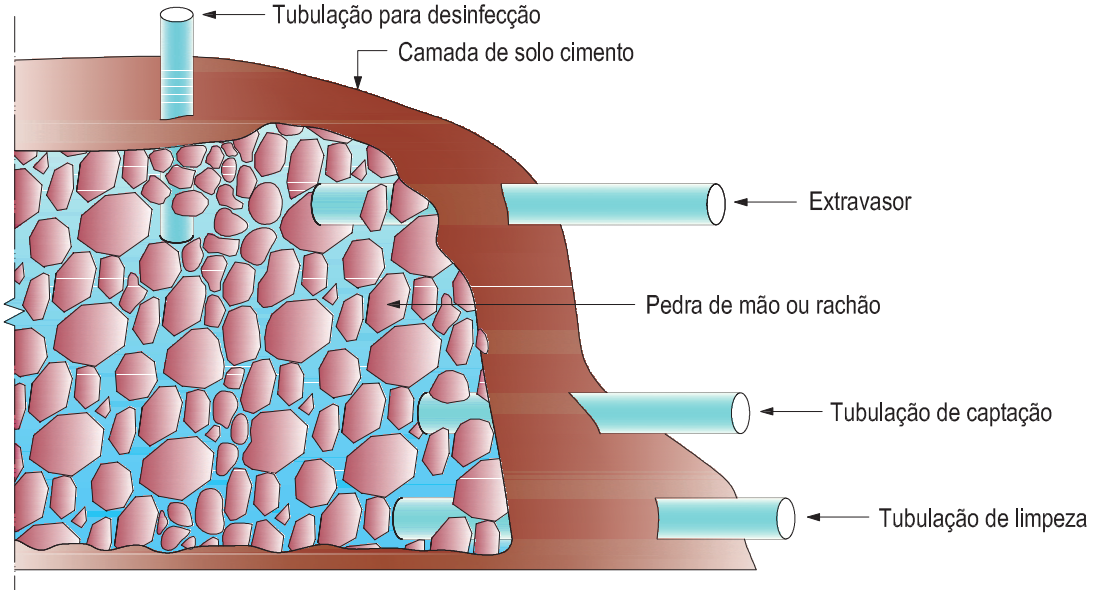


Figura 6 – Esquema de proteção de nascentes.

Fonte: Adaptado de Crispim *et al.*, 2012.

b) Caixa de tomada.

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

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

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

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

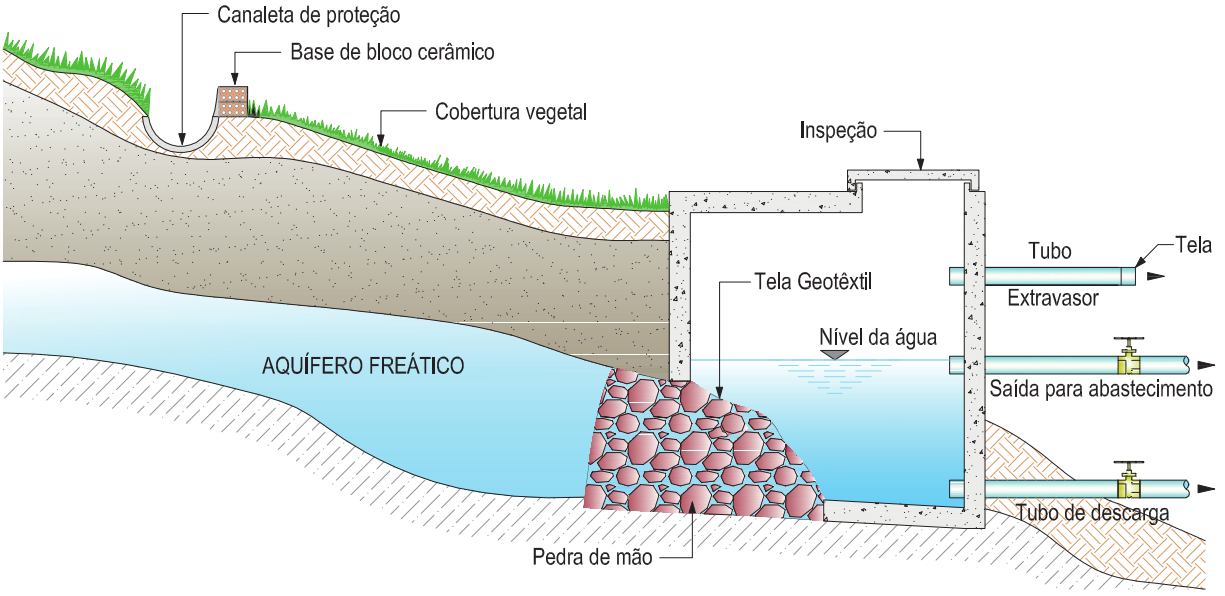


Figura 7 – Caixa de tomada em fonte de encosta.

Fonte: Adaptado de Usaid, 1961.

3.5.5.3 Galeria de infiltração

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

Os drenos podem ser feitos de pedra, manilhas de concreto ou cerâmica e de tubos de PVC perfurados. Os diâmetros mais empregados são os de 10 a 20 cm; excepcionalmente, empregam-se os de 30 cm. Para captar mais água, é preferível estender a rede em vez de aumentar os diâmetros. Os drenos devem ser colocados nos fundos de valas abertas no terreno. As valas devem ter fundo liso, protegido por camada de cascalho, e a inclinação deve ser uniforme. A profundidade mínima das valas deve ser de 1,20 m; declividade mínima de 0,25 m por 100 m; declividade máxima de 3,0 m por 100 m. Nos pontos de inflexão e mudança de direção dos drenos, devem ser usadas caixas de inspeção.

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

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

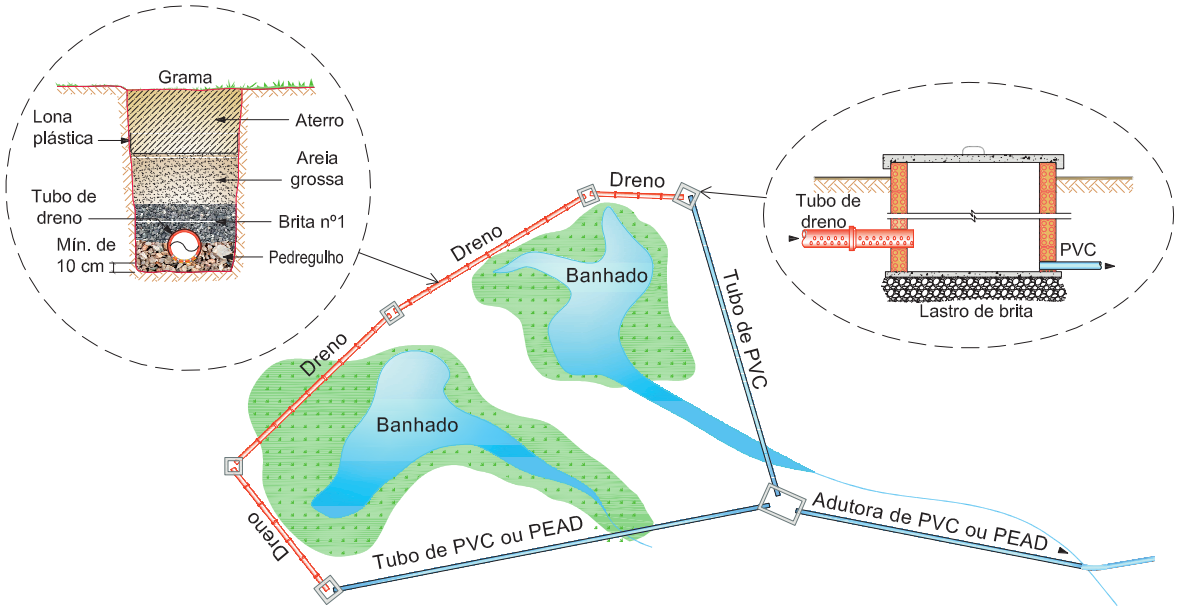


Figura 8 – Desenho esquemático de uma galeria de infiltração.

a) Cuidados na construção: boa técnica:

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

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

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

3.5.5.4 Poço escavado manualmente

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

O poço amazonas tem essa denominação porque foi muito utilizado na região Norte do Brasil pelo Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), como fonte de captação para sistema público de água.

Originalmente, o projeto construtivo previa o revestimento lateral e até do fundo do poço, diferindo geralmente dos outros poços escavados que não apresentam essa proteção. São recomendados para o abastecimento de comunidades em que existem aquíferos granulares, pouco profundos e de baixa produtividade. A construção desses poços de grande diâmetro visa resolver o problema da baixa produtividade do aquífero, pois, ao mesmo tempo, é um ponto de produção e de armazenamento de um bom volume de água. Atualmente a nomenclatura poço amazonas vem sendo utilizada em referência a poços escavados revestidos, independentemente de seu diâmetro e da existência de pré-filtro.

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

3.5.5.4.1 Locação

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

Procedimentos a observar na locação:

- Verificar se há poços escavados na área, sua profundidade, quantidade e características da água fornecida.
- Ouvir a opinião dos moradores vizinhos e do poceiro local sobre o tipo de solo, a profundidade do lençol, a variação da quantidade de água nas épocas de seca e de chuva.
- Em terrenos fáceis de perfurar, como os argilosos e os arenosos, pode-se recorrer à sondagem. Trados de pequeno diâmetro (50 a 150 mm) podem ser usados nesse serviço.
- As águas subterrâneas normalmente fluem em direção aos rios e lagos e perpendicularmente a eles. Geralmente seguem a mesma disposição da topografia do terreno. Contudo, há exceções, razão pela qual é conveniente conhecer os níveis da água nos diversos poços da área.
- Certos vegetais seguem o rastro da água e são, assim, indicadores de mananciais subterrâneos. Tal é o caso de palmeiras como a carnaúba, o buriti e outras plantas.
- A escolha do local para construção do poço deverá levar em conta os riscos de contaminação do lençol por possíveis focos localizados na área.
- Dependendo do tipo do solo (condutividade hidráulica do terreno) e por medidas de segurança, respeitar a distância mínima de 15 metros entre o poço e a fossa do tipo seca, desde que seja construída dentro dos padrões técnicos, e de 100 metros para os demais focos de contaminação, como chiqueiros, estábulos, valões de esgoto, galerias de infiltração e outros, que possam comprometer o lençol d'água que alimenta o poço.
- Construir o poço em nível mais alto que os focos de contaminação.
- Evitar os locais sujeitos a inundações e dar preferência àqueles de fácil acesso aos usuários.
- Em certos tipos de terrenos que possuem fendas no solo, o risco de contaminação do lençol é maior.

3.5.5.4.2 Construção

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

Durante a construção, todos os cuidados de segurança devem ser tomados por aqueles que estiverem trabalhando no poço. Não se deve penetrar no seu interior sem ter meios de escape e sem a estabilidade das paredes. A escavação poderá ser manual usando-se ferramentas comuns como: picareta, cavadeira e enxadão, ou também 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 manilhas de concreto, assentadas uma sobre a outra. À medida que se escava no seu interior, essas manilhas irão descer por conta do próprio peso.

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

Há terrenos firmes, não sujeitos a desmoronamentos, que dispensam o revestimento do poço. Nesse caso, deve-se revestir pelo menos até 3 metros de altura, a fim de possibilitar a proteção sanitária do poço.

Uma importante medida na prevenção de acidentes, até mesmo fatais, é o teste indicativo da presença de gás por ocasião da limpeza. O teste é feito 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 novo teste, em seguida. Só se deve descer no poço quando o teste de gás for negativo.

3.5.5.4.3 Proteção

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

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

a) Infiltração de águas da superfície, por meio do terreno, atingindo a parede e o interior do poço:

- **Proteção** – impermeabilizar a parede até a altura mínima de 3 metros e construir plataforma (calçada) de concreto com 1 metro de largura, em volta da boca do poço.
- Durante a infiltração das águas de superfície no terreno, suas impurezas ficam retidas numa faixa do solo, a qual, para segurança dos poços, é indicada com 3 metros. Por essa razão, o revestimento impermeabilizado deve atingir esta cota. A construção da calçada em volta do poço visa evitar a formação de lamaçal e impedir, também, a infiltração das águas de superfície na área.

b) Escoamento de águas da superfície e enxurradas por meio da boca do poço, para seu interior:

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

c) Entrada de objetos contaminados, animais, papéis e outros, por meio da boca do poço:

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

3.5.5.4.4 Retirada da água

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

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

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

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

É importante destacar que independentemente do modo como a água será retirada do poço escavado, deve-se proceder à sua desinfecção.

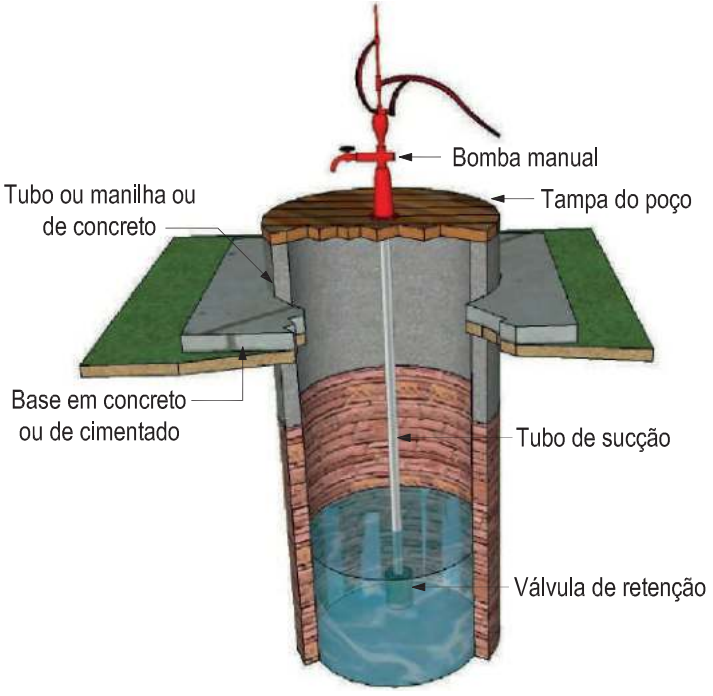


Figura 9 – Poço escavado equipado com bomba manual.

3.5.5.4.5 Desinfecção do poço

Ao término das obras, o poço deverá ser desinfetado. Só assim a água a ser fornecida estará em condições de uso.

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

- Hipoclorito de cálcio (superior a 65% de Cl_2).
- Cal clorada (cerca de 30% de Cl_2).
- Hipoclorito de sódio (cerca de 10% a 15% de Cl_2).
- Água sanitária (cerca de 2% a 2,5% de Cl_2).

b) Quantidade de desinfetante a usar:

- Solução a 50 mg/L de Cl_2 – tempo de contato: 12 horas.
- Solução a 100 mg/L de Cl_2 – tempo de contato: 4 horas.
- Solução a 200 mg/L de Cl_2 – tempo de contato: 2 horas.

c) Técnica de desinfecção:

- Calcular o volume do reservatório ou do poço a ser desinfetado.
- Calcular a quantidade de desinfetante a ser usado.
- Preparar a solução desinfetante a 5%, pesando o produto e despejando-o em água limpa. Agitar bem e depois deixar em repouso;
- Desprezar a borra e derramar a solução no poço.

d) O cálculo do desinfetante é feito de acordo com o tipo, a concentração, o tempo de contato e o volume do poço. Para determinação da quantidade do produto a ser utilizada, aplica-se uma regra de três ou a seguinte fórmula prática:

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

Onde:

Q = quantidade do produto (g).

d = dosagem do produto (mg/L).

V = volume de água a ser desinfetada (m^3).

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

Exemplo 6 – Calcular a quantidade de hiploclorito de cálcio a 65% de cloro ativo necessária para fazer a desinfecção de um poço com um volume de 2.000 litros aplicando uma dosagem de 50 mg/L e tempo de contato de 12 horas.

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

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

Depois de se calcular a quantidade necessária do produto, deve-se pesar e dissolver em água, com agitação. Em seguida, aplicar a solução dentro do poço e deixar em contato pelo tempo necessário de acordo com a dosagem estabelecida. Findo o prazo, esgotar o poço até que nenhum cheiro ou gosto de cloro seja percebido na água.

Se possível, confirmar o resultado da desinfecção pelo cloro residual antes de utilizar a água para consumo humano, e observar que:

- A desinfecção com solução forte de 100 mg/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.

3.5.5.5 Poço tubular

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

3.5.5.5.1 Poço tubular raso

Os poços tubulares rasos podem ser perfurados ou cravados.

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

3.5.5.5.2 Poço tubular profundo

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

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

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

a) Características.

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

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

b) Métodos construtivos.

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

- **Percussão**.

Trata-se do método de perfuração de poços profundos mais simples e mais difundido, aplicando-se em qualquer tipo de terreno de rochas friáveis ou duras. Exige muito pouca água durante a operação. O princípio do método consiste em movimentos alternados de soerguimento e queda livre, de um conjunto pesado de ferramentas, constituído por um porta-cabo, um percussor, uma haste de perfuração e um trépano, suspenso por um cabo acionado por meio de um balancim de curso regulável. Ao cair em queda livre, o trépano rompe o material rochoso, triturando-o, ao mesmo tempo em que é girado sobre o seu próprio eixo, proporcionando um furo circular. O material desagregado pelo trépano é retirado do furo por meio de uma ferramenta tubular com válvula de pé, chamada caçamba, necessitando-se, para essa limpeza do furo, colocar água nele, enquanto o poço não estiver produzindo.

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

- **Rotativo**.

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

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

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

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

- **Rotopneumático**.

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

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



Figura 10 – Perfuratriz rotopneumática.

3.5.5.5.3 Perfil construtivo

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

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

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

b) Poços em rocha sedimentar (aquífero poroso) – construção de poço totalmente revestido.

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

c) Poços mistos com aquífero fissurado e poroso no mesmo poço – construção do poço parcialmente revestido.

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

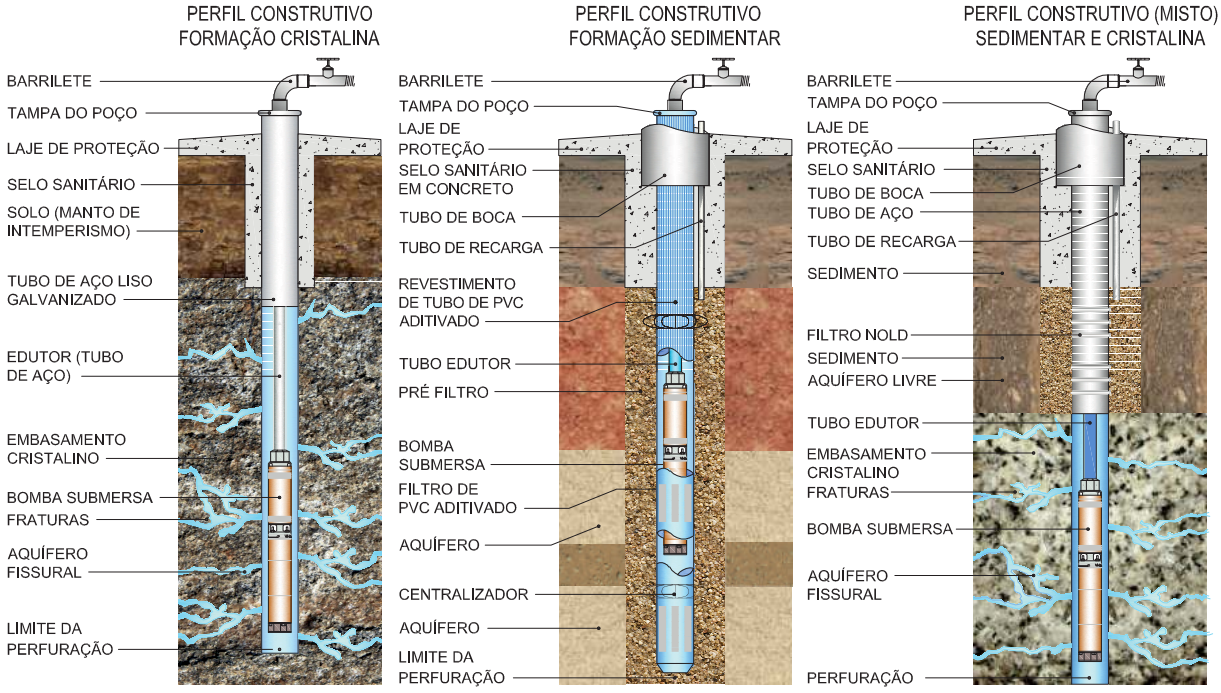


Figura 11 – Tipos de perfil construtivo de poço.

Fonte: Adaptado de Tecdrill, 2015.

3.5.5.5.4 Instalação do poço

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

- Diâmetro do poço determinado pelo diâmetro interno do tubo de revestimento.
- Vazão: vazão ótima que visa ao aproveitamento técnico e econômico do poço, definida pela curva característica do poço (curva vazão x rebaixamento).
- Nível estático: nível da água no poço quando não há bombeamento.
- Nível dinâmico: nível da água no poço durante o bombeamento.
- Profundidade de instalação da bomba: definida em função da posição prevista para o nível dinâmico, correspondente à vazão de explotação. Normalmente o crivo da bomba submersa é localizado 10,00 metros abaixo do nível dinâmico. A bomba ainda deverá ficar posicionada acima da seção de filtros (nos casos de poços revestidos), ou acima da principal fenda produtora, nos casos de poços não revestidos, em rochas cristalinas.

- 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.

3.5.5.6 Barragem subterrânea

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

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



Figura 12 – Barragem subterrânea.

Fonte: Ceprus, 2011.

3.5.5.6.1 Locais indicados para construção de uma barragem subterrânea

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

3.5.5.6.2 Vantagens da barragem subterrânea

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

3.5.5.6.3 Observações importantes

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

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

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

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

3.5.5.7 Captação de águas superficiais

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

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

- Dados hidrológicos da bacia em estudo ou de bacias na mesma região.
- Nível de água nos períodos de estiagem e enchente.
- Qualidade da água.
- Monitoramento da bacia, para localização de fontes poluidoras em potencial.
- Distância do ponto de captação ao ponto de tratamento e distribuição.
- Desapropriações.
- Necessidade de elevatória.
- Fonte de energia.
- Facilidade de acesso.

a) Composição de uma captação:

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

b) Dispositivos encontrados na captação das águas superficiais:

- **Barragem de nível** – são obras executadas em um rio ou córrego, ocupando toda a sua largura, com a finalidade de elevar o nível de água do manancial, acima de um mínimo conveniente e predeterminado.

- **Grades** – são dispositivos destinados a impedir a passagem de materiais flutuantes e em suspensão, bem como sólidos grosseiros, para as partes subsequentes do sistema.
- **Caixas de areia** – são dispositivos instalados nas captações, destinados a remover as partículas carregadas pela água com diâmetro acima de um determinado valor.

3.5.5.7.1 Tomada de água com barragem de nível

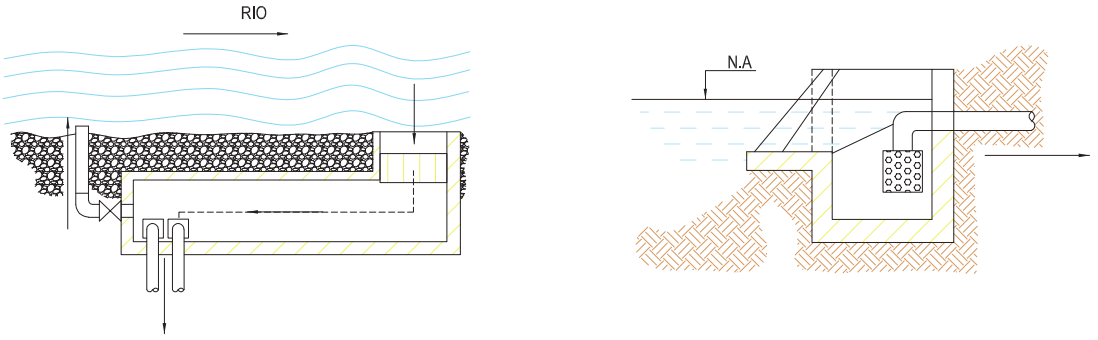
É um tipo de captação de uso generalizado no aproveitamento de pequenos cursos d'água, que visa somente elevar o nível de água, sendo que a vazão do rio deve ser superior à vazão máxima de adução, pois a barragem não tem função de acumular água (Figura 13).



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

3.5.5.7.2 Canal de derivação

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



(A) (B)

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

3.5.5.7.3 Poço de tomada

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

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

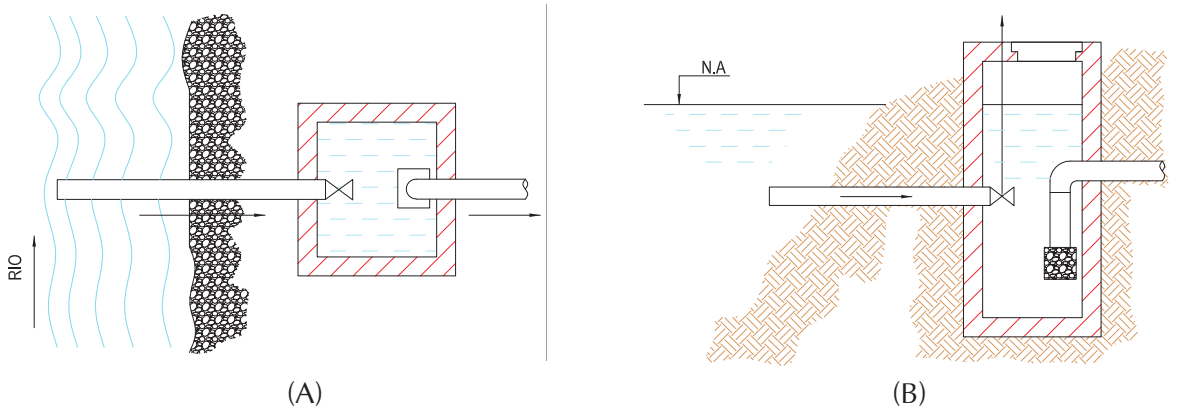


Figura 15 – Tipo de poço de tomada em planta (A) e corte (B).

Fonte: Adaptado de Cetesb, 1981.

3.5.5.7.4 Torre de tomada

Utilizada para captação em represas e lagos. A torre de tomada fica sempre envolvida pela água, sendo dotada de várias comportas situadas em níveis diferentes. O ingresso da água no interior da torre é feito por uma das comportas, permanecendo as demais fechadas. Este tipo de solução permite obter uma água de melhor qualidade. Não tão próxima à superfície em que há algas, nem do fundo em que existe lodo, ambos indesejáveis à captação, pois dificultam o tratamento da água (Figura 16).

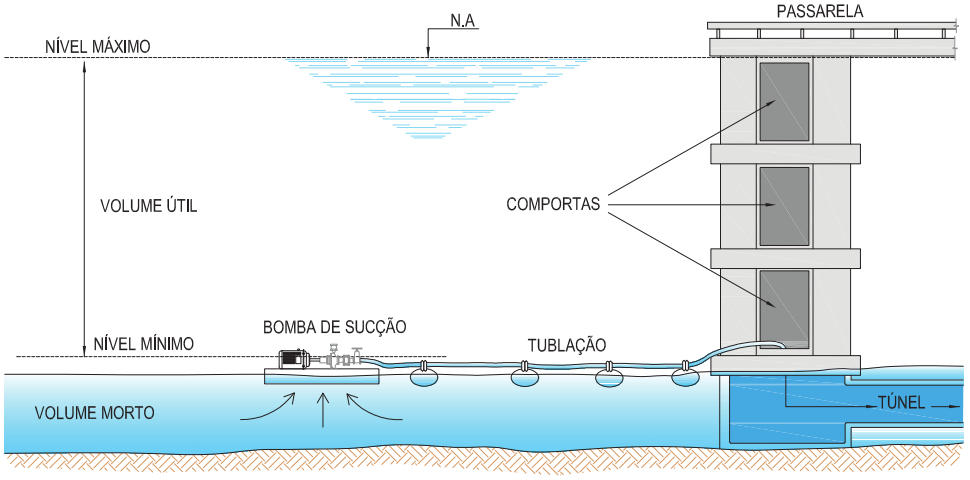


Figura 16 – Torre de tomada.

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

3.5.5.7.5 Tomada de água flutuante

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



Figura 17 – Captação flutuante em balsa metálica.

3.5.6 Adução

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

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

3.5.6.1 Classificação das adutoras

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

3.5.6.1.1 De acordo com a natureza da água transportada

a) Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a ETA.

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

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

a) Adutora por gravidade: quando aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução. O escoamento pode ser realizado por conduto livre ou forçado, ou, ainda, pela combinação dos dois em trechos separados da mesma adutora.

- **Em conduto livre** – mantém a superfície líquida sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento. Não funcionam à seção plena (totalmente cheios) (Figura 18).
- **Em conduto forçado** – a água ocupa a seção de escoamento por inteiro, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Permite à água movimentar-se em sentido descendente por gravidade, e em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica (Figura 19).
- **Combinação de condutos forçado e livre** (Figura 20).

b) Adutora por recalque: quando utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto motor-bomba e acessórios) (Figura 21).

c) Mista: quando utiliza parte por recalque e parte por gravidade.

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

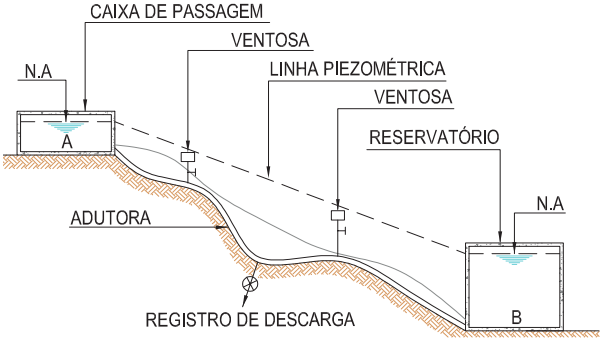


Figura 18 – Adutora por gravidade em conduto livre.

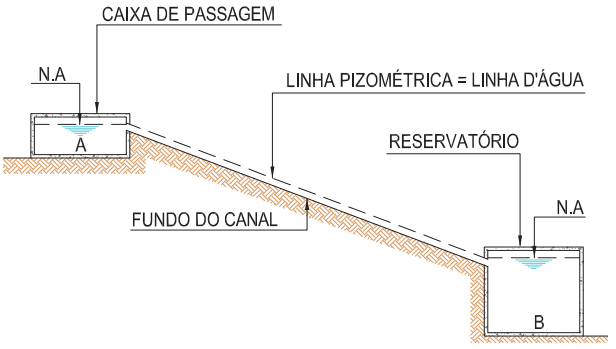


Figura 19 – Adutora por gravidade em conduto forçado.

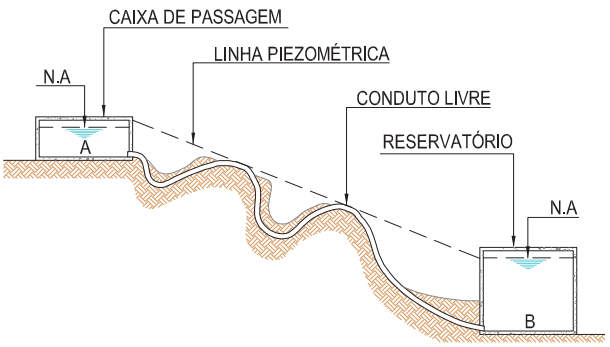


Figura 20 – Adutora por gravidade em conduto forçado e livre.

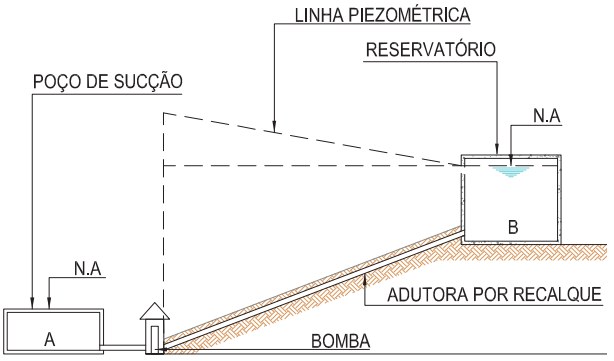


Figura 21 – Adutora por recalque.

3.5.6.1.3 De acordo com a vazão de dimensionamento

a) Sistema com reservatório de distribuição.

- Adução contínua.

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

- Adução intermitente.

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

b) Sistema sem reservatório de distribuição.

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

Onde:

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

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo.

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo.

p = população de projeto.

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

N = número de horas de funcionamento do sistema.

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

3.5.6.1.4 Hidráulica para adutoras

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

a) **Escoamento**.

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

$$Q = A \cdot V$$

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

- Equação Chézy.

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

- Equação de Manning.

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

Onde:

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

R_h = raio hidráulico (m).

I = declividade (m/m).

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

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

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

- Fórmula universal ou de Darcy-Weisbach.

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

Onde:

H_f = perda de carga (m).

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

L = comprimento da tubulação (m).

D = diâmetro da tubulação (m).

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

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

Q = vazão (m^3/s).

- Fórmula Hazen-Williams.

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

Onde:

J = perda de carga unitária (m/m).

Q = vazão (m^3/s).

D = diâmetro da tubulação (m).

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

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

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

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

d) **Perdas de carga localizadas**.

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

Onde:

H_l = perda de carga localizada (m).

K = coeficiente de singularidade.

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

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

3.5.6.1.5 Materiais das tubulações

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

3.5.7 Tratamento da água

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

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

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

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

3.5.7.1 Tratamento em sistemas de abastecimento de água sem coagulante

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

3.5.7.1.1 Filtração lenta

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

É um método de tratamento da água adotado principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam baixos teores de turbidez e cor, muito embora seja usado em grandes cidades ao redor do mundo.

a) Mecanismos que atuam na filtração:

- **Ação mecânica de coar** – retenção das partículas maiores nos interstícios existentes entre os grãos de areia.
- **Sedimentação** – deposição de partículas sobre a superfície dos grãos de areia.

- **Ação biológica** – feita por meio de uma camada gelatinosa (*Schumtzdecke*) formada pelo desenvolvimento de certas variedades de bactérias, que envolvem os grãos de areia na superfície do leito filtrante, o qual, por adsorção, retém micro-organismos e partículas finas.

b) Aspectos construtivos:

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

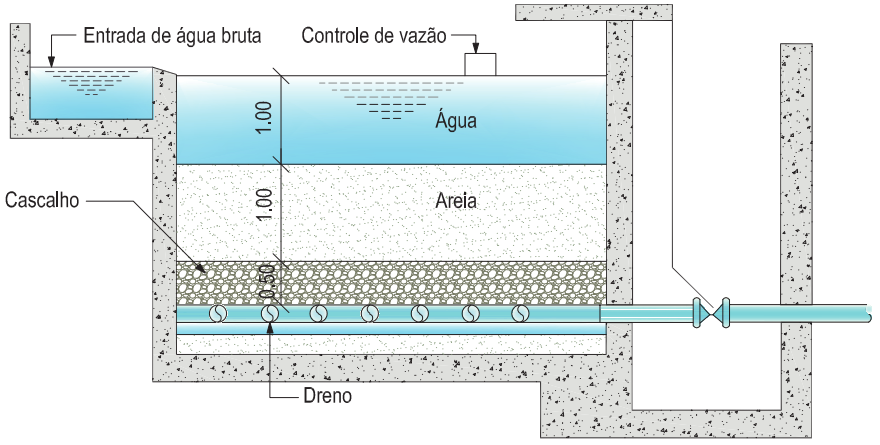


Figura 22 – Corte do filtro lento detalhado.

Fonte: Adaptado de Heller e Casseb, 2001.

c) Aspectos operacionais.

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

Quando atingida a perda de carga do projeto ou com a queda considerável da vazão, deve-se proceder à limpeza do filtro, removendo-se uma camada de 2 a 3 centímetros da areia. Quando a camada de areia nos filtros atingir 0,70 m de altura, recoloca-se a areia retirada, depois de totalmente lavada (Figura 23).

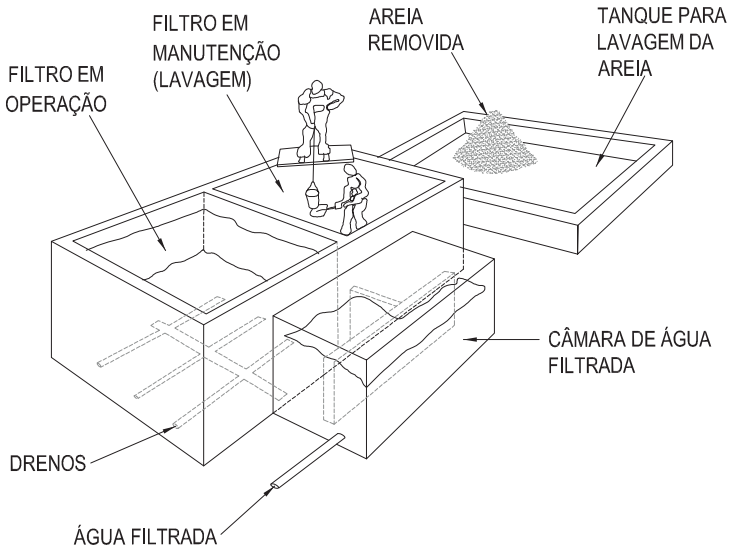


Figura 23 – Limpeza do filtro lento.

Fonte: Adaptado de Vianna, 1992.

d) Vantagens dos filtros lentos:

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

e) Desvantagens dos filtros lentos:

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

f) Dimensionamento de drenos para filtros lentos.

As Tabelas 8 e 9 apresentam o método de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos.

Tabela 8 – Tabela de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos.

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

Exemplo 7 – Se temos um filtro cuja área é de 274 m^2 e desejamos ter uma taxa de filtração de 3,75 m^3/m^2.dia, a área do dreno principal deverá ser:

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

Tabela 9 – Tabela de Hazen para dimensionamento de drenos para filtros lentos.

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

Fonte: SVS (Brasil, 2006).

3.5.7.1.2 Filtração em múltiplas etapas (FiME)

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

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

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

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



Figura 24 – ETAs de FiME do município de Corumbataí/SP.

Fonte: Di Bernardo, 2003.

3.5.7.2 Tratamento em sistemas de abastecimento de água com coagulante

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

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

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

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

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

3.5.7.2.1 Tratamento em ciclo completo

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

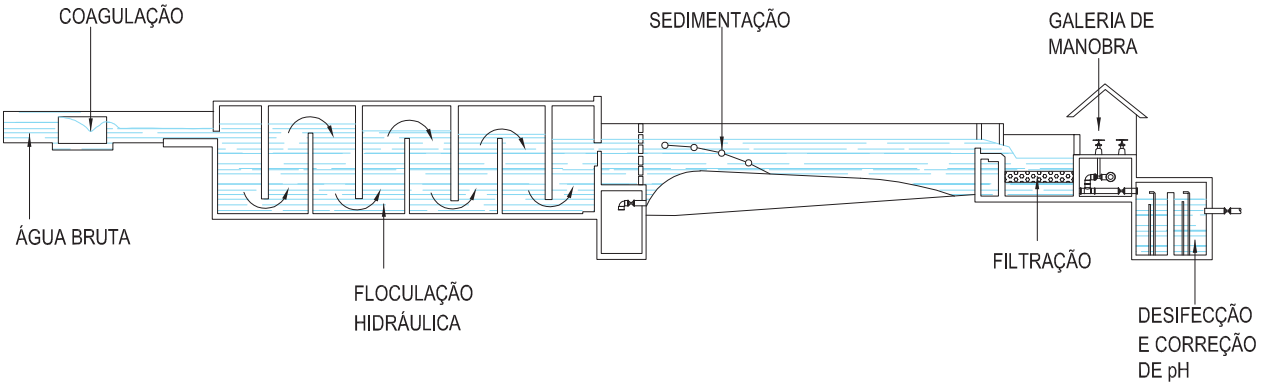


Figura 25 – Sequência do tratamento em ciclo completo.

Fonte: Adaptado de Barros *et al.*,2001.

a) Mistura rápida.

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

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

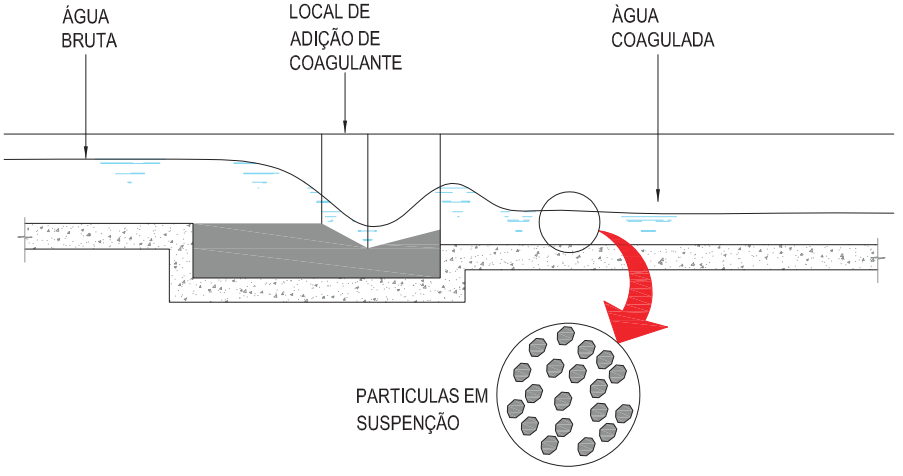


Figura 26 – Coagulação na calha Parshall.

Fonte: Adaptado de Barros *et al.*,2001.

b) Mistura lenta ou floculação.

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

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

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

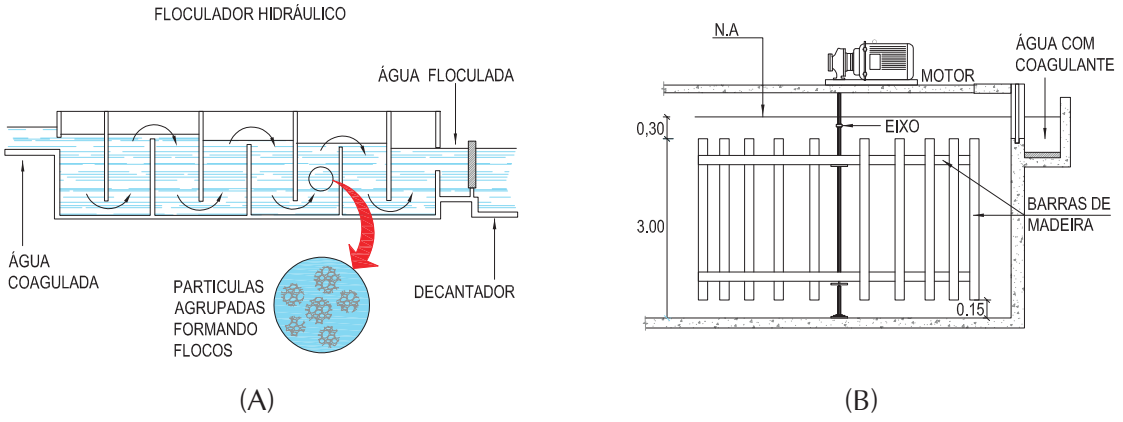


Figura 27 – Floculador hidráulico de fluxo vertical (A) e mecanizado (B).

Fonte: Adaptado de Barros *et al.*,1995.

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

c) Decantação ou sedimentação.

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

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

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

O decantador convencional consiste num tanque de forma geralmente retangular ou circular, cujo fundo é muitas vezes inclinado para um ou mais pontos de descarga (Figura 28A). A saída da água decantada é feita junto à superfície, e comumente por calhas dispostas, formando desenhos diversos e sobre cujos bordos superiores a água flui, constituindo esses bordos autênticos vertedouros.

As dimensões do decantador são determinadas de maneira que:

- O tempo de decantação seja geralmente em torno de 2 a 3 horas.
- Nos decantadores retangulares, o comprimento deve ser de três a quatro vezes a largura.

- A profundidade seja de um mínimo de 2,5 m e de um máximo de 5,50 m. Depósitos de lodo são geralmente previstos no fundo dos decantadores, sendo o volume deles adicionado àquele necessário para obter o período de detenção.

Os parâmetros de dimensionamento e controle operacional são:

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

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

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

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

A limpeza dos decantadores deve ser feita periodicamente, dependendo da regularidade da natureza da água, da quantidade de coagulante gasto e da estação do ano, pois na época das chuvas ela deve ser bem mais frequente. Nos sistemas em que a limpeza não é mecanizada ou automática, esvazia-se o decantador, removendo-se a sujeira com jato de água, de preferência com bastante pressão. A falta de uma limpeza periódica faz com que o tempo de detenção torne-se menor, prejudicando as condições de operação devido ao carreamento excessivo de sólidos para o filtro, em consequência do arraste de lodo do fundo. Além disso, a decomposição desse lodo poderá conferir gosto desagradável à água.

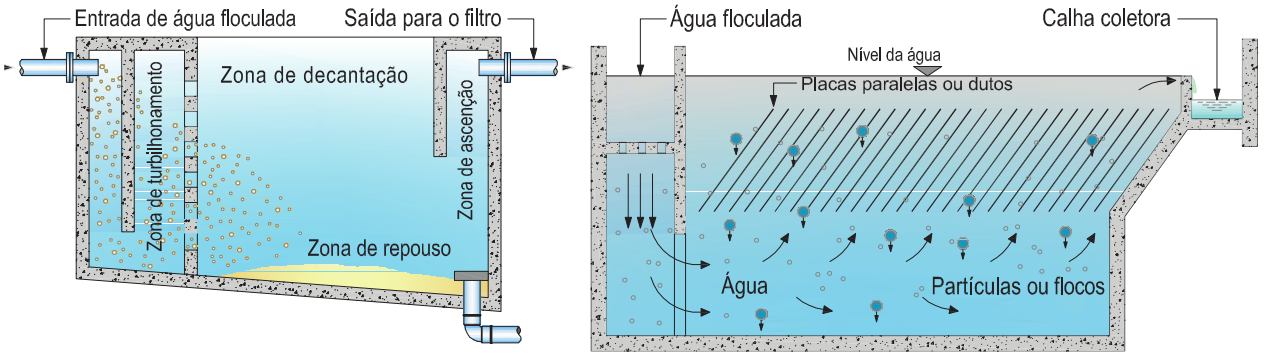


Figura 28 – Decantador simples (A) e de alta taxa (B).

Fonte: Adaptado de Cetesb, 1987.

d) Flotação.

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

e) Filtração rápida.

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

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

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

- Taxas máximas de filtração:
  - Para filtro de camada simples: 180 m^3/m^2.dia.
  - Para filtro de camada dupla: 360 m^3/m^2.dia.

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

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

- Camadas filtrantes.

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

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

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

- Areia – espessura mínima de camada: 25 cm; tamanho efetivo de 0,40 mm a 0,45mm e coeficientes de uniformidade de 1,4 a 1,6.
- Antracito – espessura mínima de camada: 45 cm; tamanho efetivo de 0,8 mm a 1,0 mm e coeficiente de uniformidade inferior ou igual a 1,4.

- Camada suporte.

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

- Espessura mínima igual ou superior a duas vezes a distância entre os bocais do fundo do filtro, porém não inferior a 25 cm.
- Material distribuído em estratos com granulometria decrescente no sentido ascendente; espessura de cada estrato igual ou superior a duas vezes e meia a dimensão característica dos seixos maiores que o constituem, não inferior, porém, a 5 cm.
- Cada estrato deve ser formado por seixos de tamanho máximo superior ou igual ao dobro do tamanho dos menores.
- Os seixos maiores de um estrato devem ser iguais ou inferiores aos menores do estrato situado imediatamente abaixo.

- Estrato situado diretamente sobre os bocais deve ser constituído de material cujos seixos menores tenham o tamanho pelo menos igual ao dobro dos orifícios dos bocais e dimensão mínima de 1 cm.
- Estrato em contato direto com a camada filtrante deve ter material de tamanho mínimo igual ou inferior ao tamanho máximo do material da camada filtrante adjacente.

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

Nos filtros rápidos clássicos, a água filtrada é recolhida por um sistema de drenos ou bocais e levada à câmara de contato, na qual é desinfetada. Parte da água vai para o consumo e parte é recalcada para um reservatório de água de lavagem.

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

A Figura 29 ilustra o corte de filtro rápido descendente.

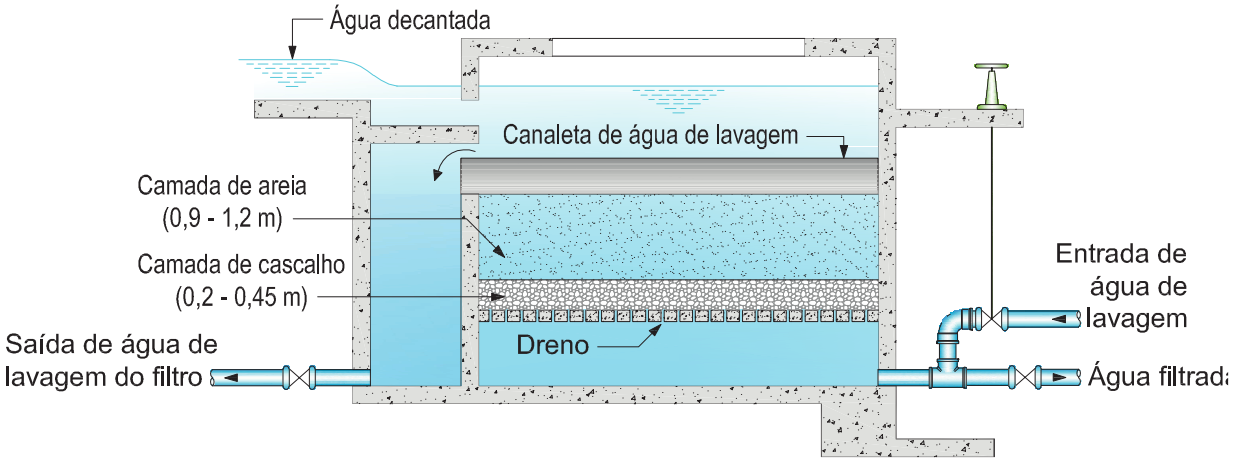


Figura 29 – Corte de filtro rápido descendente.

Fonte: Adaptado de Barros *et al.*,2001.

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

A Figura 30 apresenta uma ETA de ciclo completo.



Figura 30 – ETA de ciclo completo.

3.5.7.3 Tratamentos específicos

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

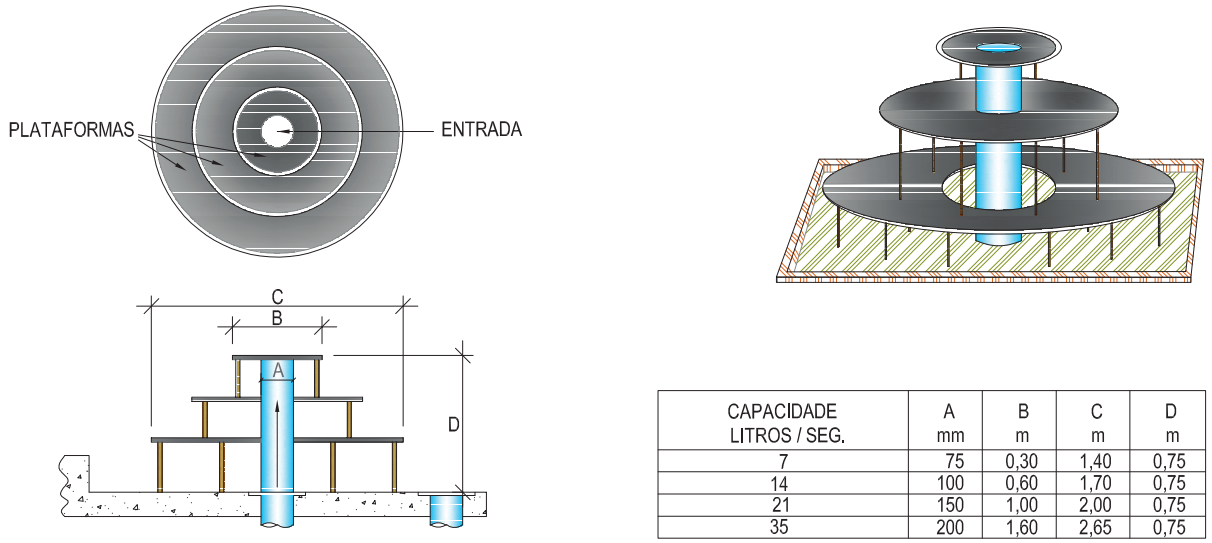
3.5.7.3.1 Aeração

A água retirada de poços, fontes ou regiões profundas de grandes represas pode ter ferro e outros elementos dissolvidos, ou ainda ter perdido o oxigênio em contato com as camadas que atravessou, e, em consequência, seu gosto 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.

a) Métodos de aeração.

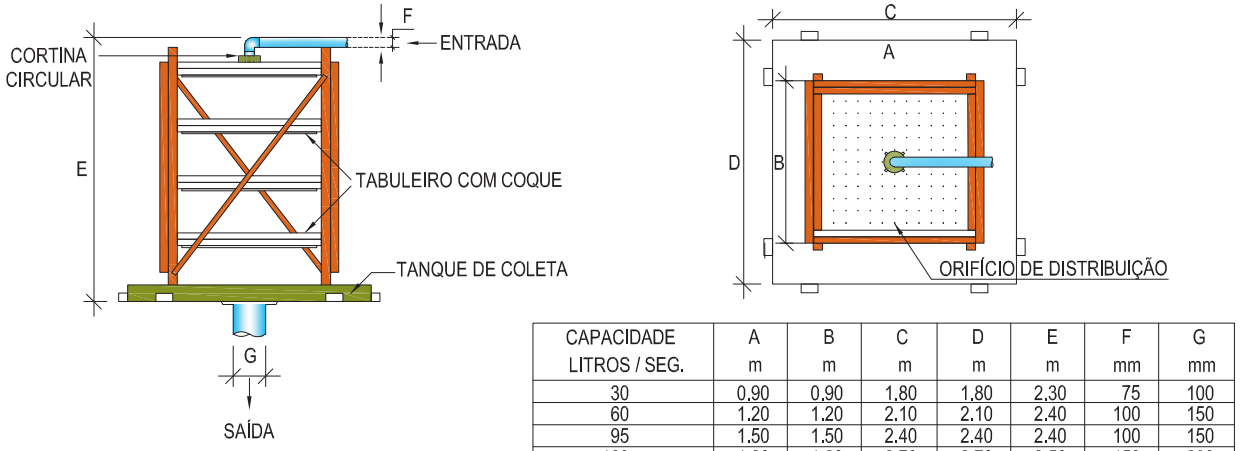
A aeração pode ser obtida provocando-se a queda da água sobre bandejas ou tabuleiros, nos quais exista cascalho ou pedra britada. A água sai de uma fonte no topo do conjunto de bandejas e as atravessa sucessivamente até ser recolhida na mais baixa (Figura 31). Pode dar-se ainda pelo sistema de cascatas, fazendo-se a água tombar sucessivamente sobre diversos degraus (Figura 32).



CAPACIDADE LITROS / SEG.	A mm	B m	C m	D m
7	75	0,30	1,40	0,75
14	100	0,60	1,70	0,75
21	150	1,00	2,00	0,75
35	200	1,60	2,65	0,75

Figura 31 – Aerador de cascata.

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



CAPACIDADE LITROS / SEG.	A m	B m	C m	D m	E m	F mm	G mm
30	0,90	0,90	1,80	1,80	2,30	75	100
60	1.20	1.20	2.10	2.10	2.40	100	150
95	1.50	1.50	2.40	2.40	2.40	100	150
160	1,80	1,80	2,70	2,70	2,50	150	200
240	2,10	2,10	3,00	3,00	2,50	150	200
330	1.80	3.60	2.70	4.50	2.60	200	250
460	2.10	4.20	3.00	5.20	2.70	250	300

Figura 32 – Aerador de tabuleiros ou bandejas.

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

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

3.5.7.3.2 Correção da dureza

A dureza da água deve-se à presença de sais de cálcio e magnésio sob forma de carbonatos, bicarbonatos e sulfatos. É dita temporária, quando desaparece com o calor, e permanente, quando não desaparece com o calor.

Normalmente, reconhece-se que uma água é mais dura ou menos dura, pela maior ou menor facilidade que se tem de obter, com ela, espuma de sabão. A água dura tem uma série de inconvenientes: é desagradável ao paladar, gasta muito sabão para formar espuma, dá lugar a depósitos perigosos nas caldeiras e aquecedores, deposita sais em equipamentos, mancha louças.

Para a remoção de dureza da água, usam-se os processos da cal-soda, dos zeólitos e da osmose inversa (ou reversa). Os zeólitos têm a propriedade de trocar o sódio, que entra na sua composição pelo cálcio ou pelo magnésio dos sais presentes na água, acabando, assim, com a dureza desta. 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, em que a água entra e sai sob pressão).

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

3.5.7.3.3 Remoção de ferro

O processo utilizado para a remoção do ferro da água depende da forma com que este se apresenta. Para águas limpas que prescindem de tratamento químico, como as águas de poços, fontes, galerias de infiltração, contendo bicarbonato ferroso dissolvido (na ausência de oxigênio), pode-se utilizar a simples aeração.

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

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

3.5.7.3.4 Correção de acidez excessiva

É obtida pelo aumento do pH, com a adição de cal ou carbonatos. Na prática rural, consegue-se a remoção fazendo-se a água passar por um leito de pedra calcária.

3.5.7.3.5 Remoção de odor e gosto desagradáveis

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

3.5.7.3.6 Remoção de cloretos – dessalinizadores de água

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

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

3.5.7.3.7 Estações compactas – específicas

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

a) Vantagens da instalação de estações compactas:

- Redução nos prazos de implantação do sistema.
- Possibilidade de deslocamento da estação para atender a outros sistemas.

b) Materiais utilizados na fabricação:

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



Figuras 33 – ETAs compactas.

3.5.7.4 Desinfecção

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

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

3.5.7.4.1 Métodos de desinfecção

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

3.5.7.4.2 Desinfecção química

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

a) Cloro.

O cloro constitui-se no mais importante dentre todos os elementos utilizados na desinfecção da água. É o desinfetante mais empregado porque: age sobre a maioria dos micro-organismos patogênicos presentes na água; não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção; é econômico; não altera outras qualidades da água depois de aplicado; é de aplicação relativamente fácil; deixa um residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de aplicado; e é tolerado pela grande maioria da população.

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

O cloro pode ser aplicado sob a forma líquida ou gasosa e suas principais características estão indicadas na Tabela 10. Entretanto, o manuseio desses produtos exige pessoal qualificado utilizando Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

Tabela 10 – Principais compostos e produtos à base de cloro usados na desinfecção da água.

Nome do composto	Fórmula química	Cloro disponível (%)	Características	Embalagem	Prazo de validade	Nome comercial
Hipoclorito de sódio	NaOCl	10 – 15%	Solução aquosa, alcalina, de cor amarelada, límpida e de odor característico.	Recipientes opacos de materiais compatíveis com o produto. Volumes variados.	1 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-amarelada, e de odor irritante.	Cilindros verticais de aço de 68 kg e horizontais de 940 kg.		Cloro gasoso.

Continua

Continuação

Nome do composto	Fórmula química	Cloro disponível (%)	Características	Embalagem	Prazo de validade	Nome comercial
Cal clorada	CaOCl	35 – 37%	Pó branco.	Embalagens de 1 a 50 kg. Sacos de polipropileno. Manter em local seco e ao abrigo da luz.	Pouco estável. Perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês.	Cloreto de cal.
Água sanitária	Solução aquosa 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.

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

b) Outros:

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

3.5.7.4.3 Desinfecção em sistema de abastecimento de água

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

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

O cloro é aplicado na água por meio de cloradores ou dosadores, que são aparelhos que regulam com precisão a quantidade do produto a ser dosado. Existe grande número de aparelhos utilizados no processo de cloração da água, dentre eles destacam-se as bombas dosadoras elétricas, de diafragmas e de pistão, hidroejetores a vácuo, dosadores de nível constante e geradores de hipoclorito. Além desses existem outros, como o clorador por difusão utilizado em poços rasos, o clorador de pastilha e o clorador simplificado; esses dois últimos utilizados em pequenos sistemas de abastecimento de água.

a) Cloradores ou dosadores simplificados.

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

- Dosador por difusão – é constituído de um recipiente de plástico em que é colocada uma mistura de areia com cloro. Sua instalação é feita diretamente no interior de poço raso. O cloro é liberado numa velocidade relativamente homogênea, mantendo um teor residual até o término de sua vida útil, quando deverá ser novamente abastecido (Figura 34A).
- Dosador de pastilha – existem vários modelos no mercado. A maioria é construída em PVC ou polietileno. Com esse aparelho o cloro é adicionado pela água que atravessa as pastilhas (Figura 34B).
- Dosador simplificado para soluções cloradas – esse dosador foi desenvolvido para efetuar a cloração da água por batelada, principalmente em pequenos serviços abastecimento de água em que o consumo é muito pequeno, bem como em comunidades rurais, aldeias indígenas e ribeirinhas (Figura 34C).



(A)



(B)



(C)

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

3.5.7.4.4 Desinfecção para soluções alternativas

A água para o consumo humano proveniente de poço, cacimba, fonte, carro-pipa, riacho, açude, entre outros, deverá ser clorada no local utilizado para armazenamento (reservatório, tanque, pote, filtro, jarra e outros). A desinfecção com o hipoclorito de sódio a 2,5% pode ser realizada nas dosagens descritas na Tabela 11, devendo-se aguardar 30 minutos antes de se consumir.

Tabela 11 – Dosagem e tempo de contato do hipoclorito de sódio segundo o volume de água para consumo humano a ser tratado em domicílio.

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	

Fonte: SVS (Brasil, 2010).

3.5.7.4.5 Desinfecção física

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

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

3.5.7.5 Fluoretação

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

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

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

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

- Abastecimento contínuo da água distribuída à população, em caráter regular e sem interrupção.
- A água distribuída deve atender aos padrões de potabilidade.
- Sistemas de operação e manutenção adequados.
- Controle regular da água distribuída.

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

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



Figura 35 – Cone de saturação.

3.5.7.6 Tratamento de água no domicílio: solução individual

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

3.5.7.6.1 Fervura

A fervura é o método mais seguro de tratamento para a água de beber, em áreas desprovidas de outros recursos. A água deve ser aquecida até o ponto de ferver, mantendo-se a fervura por, pelo menos, 5 minutos, tempo suficiente para inativar ou matar a maior parte dos micro-organismos que nela possa existir.

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

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

3.5.7.6.2 Filtros domiciliares

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

a) Filtro de vela.

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

3.5.7.6.3 Outros tratamentos e desinfecção específicos aplicáveis em domicílios

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

a) Dessalinização: pirâmide solar com cobertura de vidro.

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

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



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

Fonte: Sens *et al.*, 2013.

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

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

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

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

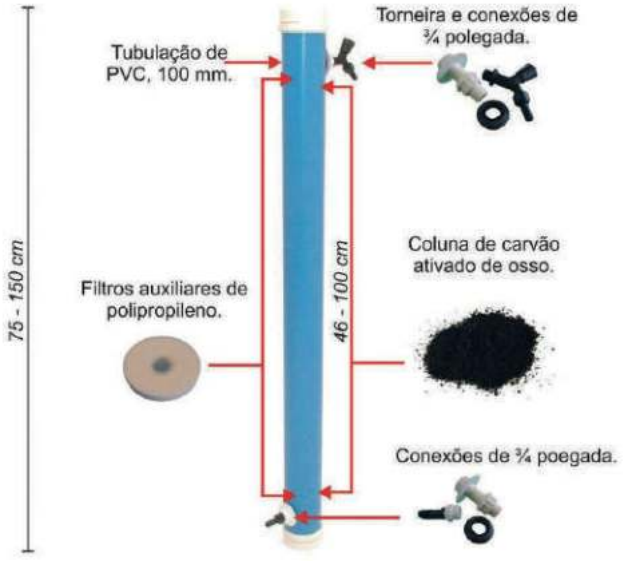


Figura 37 – Diagrama do sistema de filtração.

Fonte: Lobo *et al.*, 2013.

c) Desinfecção solar: sistema SODIS.

Os estudos relativos à desinfecção da água por meio da energia solar, conhecida como SODIS (*Solar Water Disinfection*), mostraram-se efetivos na inativação de micro-organismos patogênicos utilizando-se recipiente plástico ou de vidro transparente, com volume inferior a 2 litros (garrafa PET), exposto à radiação ultravioleta do Sol, requerendo no mínimo 2 horas de exposição solar direta de 600W/m^2, sendo recomendado um período mínimo de 5 horas para regiões tropicais úmidas.

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

3.5.8 Reservação

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

- 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, 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.
- De acordo com sua forma construtiva, podem ser:
  - Reservatório elevado – tem cota de fundo superior à cota do terreno. Normalmente construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas (Figura 38A).
  - Reservatório apoiado (Figura 38B), enterrado e semienterrado – aqueles cujo fundo está em contato com o terreno.

a) Materiais utilizados na construção de reservatórios.

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

Os reservatórios são sempre um ponto de atenção no sistema de distribuição de água. Para evitar sua contaminação, é necessário que sejam protegidos com estrutura adequada, tubo de ventilação, impermeabilização, cobertura, sistema de drenagem, abertura para limpeza, registro de descarga, extravasor e indicador de nível. Sua limpeza e desinfecção devem ser realizadas rotineiramente.

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



(A) (B)

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

3.5.9 Rede de distribuição

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

3.5.9.1 Rede ramificada

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

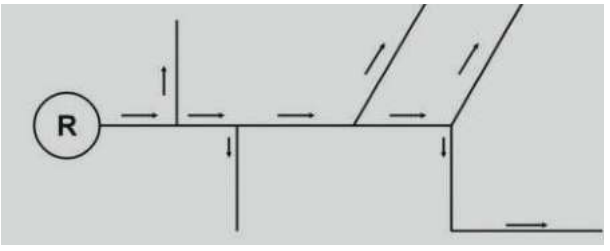


Figura 39 – Rede ramificada.

3.5.9.2 Rede malhada sem anel

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

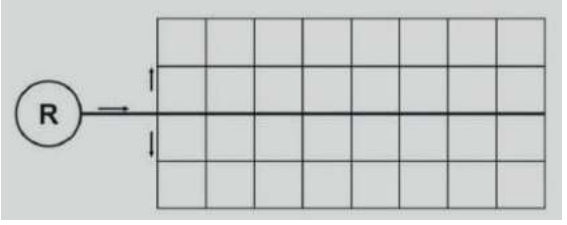


Figura 40 – Rede malhada sem anel.

3.5.9.3 Rede malhada com anel

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

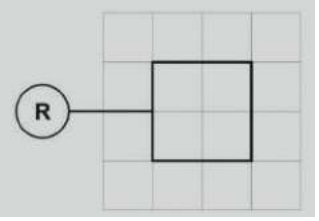


Figura 41 – Rede malhada com anel.

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

3.5.9.4 Dimensionamento de redes de distribuição

As redes de distribuição conduzem água sob pressão, e o seu dimensionamento deve constar de uma análise hidráulica dos principais parâmetros, como vazão, perdas de carga, pressões, velocidades, tipo de material e diâmetros das tubulações. As equações hidráulicas para condutos forçados de adutora também se aplicam ao dimensionamento dessas redes.

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

a) Variação de perda de carga.

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

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

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

Para duas tubulações do mesmo material, do mesmo comprimento e de mesmo diâmetro, a perda de carga é maior na tubulação na qual ocorre a maior vazão.

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

Diversos autores calcularam e organizaram tabelas para as perdas de carga em diversas situações de vazão, diâmetro de tubulações e material. As perdas de carga são usualmente expressas em metros por metro (m/m). Multiplicando-se a perda de carga unitária pelo comprimento do tubo, tem-se a perda ao longo de toda a tubulação.

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

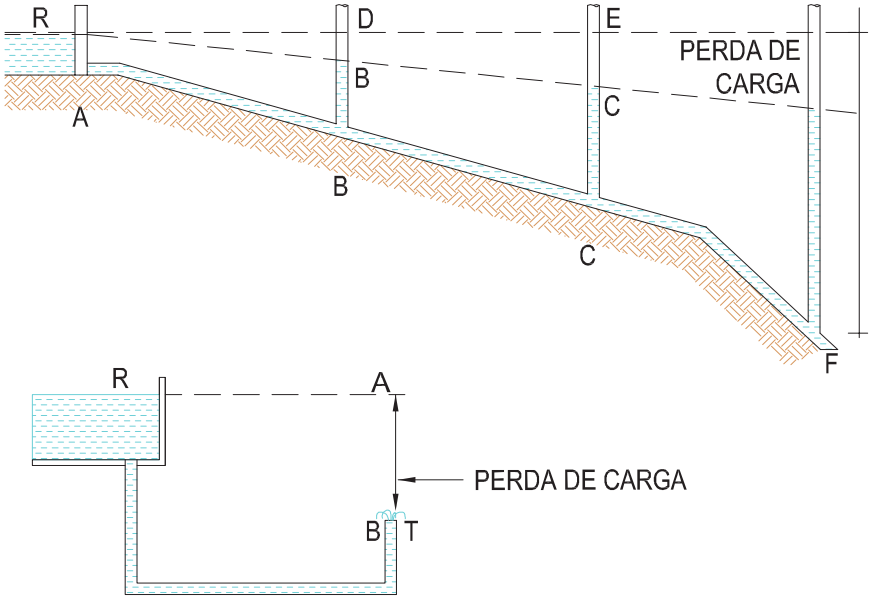


Figura 42 – Perda de carga em regime de escoamento.

b) Pressões e velocidades mínimas e máximas.

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

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

c) Diâmetro mínimo.

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

3.5.9.4.1 Vazão para redes

a) Vazão de distribuição ou vazão máxima de consumo.

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

Onde:

Q = vazão máxima (l/s).

P = população final a ser abastecida.

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

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo.

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo.

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

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

Onde:

q_m = vazão em marcha (l/s.m).

L = comprimento total da rede (m).

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

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

Onde:

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

A = área a ser abastecida (ha).

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

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

- O cálculo tem início nas extremidades (pontas secas) em que as vazões são nulas, sendo acumuladas trecho a trecho de jusante para montante.
- A vazão de cada trecho (Q_i) é determinada pelo produto da vazão em marcha (q_m) e o comprimento do trecho (m).
- A vazão a montante do trecho (Q_m) corresponde à vazão de jusante (Q_j) mais a vazão desse trecho (Q_n).
- A vazão de dimensionamento do trecho ou vazão fictícia (Q_f) corresponde à média entre as vazões de montante e jusante (Figura 44).

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

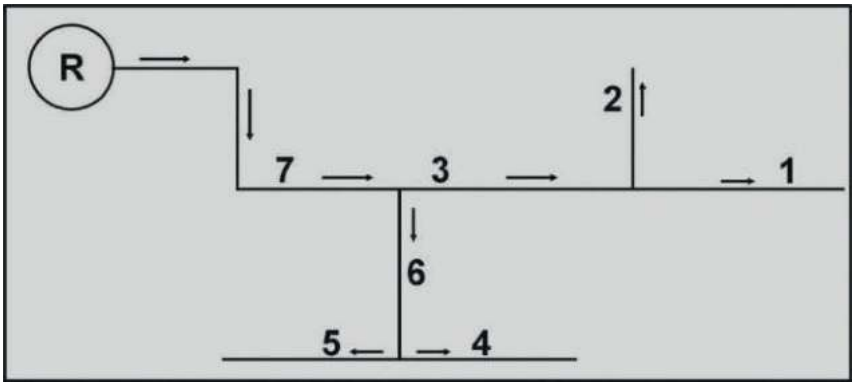


Figura 43 – Rede ramificada (numeração dos trechos).

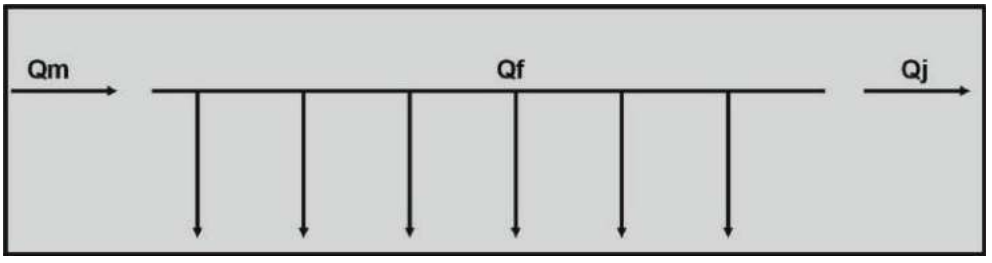


Figura 44 – Vazões de dimensionamento dos trechos (vazão fictícia).

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

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

$Q_1 = qm \cdot L_1$

$Q_2 = qm \cdot L_2$

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

$Q_4 = qm \cdot L_4$

$Q_5 = qm \cdot L_5$

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

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

Onde:

Q_i = vazão em cada trecho (l/s).

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

L = comprimento do trecho (m).

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

$$Q_{f1} = \frac{Q_1 + 0}{2}, \quad Q_{f2} = \frac{Q_2 + 0}{2} \quad \text{e} \quad Q_{f3} = \frac{Q_3 + (Q_1 + Q_2)}{2}$$

Obtidas as vazões fictícias em cada trecho, os diâmetros poderão ser determinados, por exemplo, pela Tabela 12.

Tabela 12 – Seleção do diâmetro nominal 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 nominal da tubulação.

V = velocidade.

Q = vazão.

e) Cálculo da perda de carga.

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

3.5.9.5 Construção das redes

As redes devem ser executadas com cuidado, em valas convenientemente preparadas. Na rua, a rede de água deve ficar sempre em nível superior à rede de esgoto, e, quanto à localização, é comum locar a rede de água em um terço da rua e a rede de esgoto em outro. O procedimento depende ainda de estudo econômico. Há situações nas quais o mais aconselhável é o lançamento da rede nas laterais das vias públicas sob as calçadas (passeios públicos).

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

3.5.9.5.1 Materiais das tubulações e conexões

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

A Figura 45 ilustra uma rede de distribuição e PVC com junta elástica.



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

3.5.10 Elevatórias

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

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



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

As principais atividades para elaboração do projeto do sistema de bombeamento compreendem: determinação das vazões de projeto; definição do tipo e arranjo físico da elevatória e traçado das canalizações; escolha do tipo e número dos conjuntos motor-bomba; dimensionamento e seleção do material das canalizações; dimensionamento do poço de sucção; estudo dos transientes hidráulicos e seleção

do dispositivo de proteção do sistema; seleção final dos conjuntos motor-bomba definindo os sistemas de acionamento, medição e controle; e elaboração dos projetos de arquitetura e seus complementares.

3.5.10.1 Bombas hidráulicas

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

As bombas hidrodinâmicas ou cinéticas, ou ainda turbobombas, fornecem a energia à água sob forma de energia de velocidade, que é convertida no seu interior em energia de pressão, permitindo que a água atinja posições mais elevadas dentro de uma tubulação. Podem ser classificadas conforme a Tabela 13.

Tabela 13 – Classificação das bombas hidrodinâmicas ou cinéticas.

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

Fonte: Adaptado de Macintyre, 1987.

As bombas hidrostáticas, também denominadas de volumétricas ou de deslocamento positivo, são bombas em que o fluido adquire movimento e pressão em seu interior sem experimentar nenhum aumento significativo da velocidade, já que o fluido é simplesmente aspirado e recalcado. Uma vez que o fluido administrado não depende da pressão, tal fato torna esse tipo de bomba adequada à transmissão de força hidráulica. São classificadas de acordo com o tipo de órgão mecânico que efetua o deslocamento do líquido e divide-se em dois grupos, conforme descrito na Tabela 14.

Tabela 14 – Classificação das bombas hidrostáticas ou volumétricas.

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

Fonte: Adaptado de Macintyre, 1987.

Normalmente, um sistema de bombeamento é denominado de acordo com a modalidade de energia que alimenta o motor de acionamento. Embora ainda haja muitas bombas acionadas manual-

mente, a grande maioria das bombas é acionada por motores elétricos que transformam a energia elétrica em mecânica.

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

3.5.10.1.1 Seleção do conjunto motor-bomba

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

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

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

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

Onde:

H = altura manométrica total.

H_s = altura geométrica de sucção.

H_r = altura geométrica de recalque.

hs = perda de carga na sucção.

hr = perda de carga no recalque.

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

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

Onde:

γ = peso específico do líquido (água = 1.000 kgf/m^3).

Q = vazão (m^3/s).

H = altura manométrica total (m).

η_b = rendimento do motor (%).

b) Características da água a ser recalcada.

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

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

d) Economia e facilidade de operação e manutenção.

3.5.10.1.2 Bombas de centrífugas

São essencialmente constituídas de um rotor que gira dentro de uma carcaça cujo princípio de funcionamento é o mesmo da força centrífuga. A água, quando sujeita a movimento giratório, tende a sair pela tangente do círculo que representa seu movimento. Cheio o rotor da bomba e iniciado o movimento, a água é lançada para o tubo de recalque, criando, assim, um vácuo no rotor que provoca a sucção da água por meio do tubo de sucção.

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

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

- **Rotor** – suga e impele a água. Recebe a água no centro e lança-a na periferia. De acordo com a finalidade a que se destina, pode ser um rotor fechado, para água limpa, ou aberto, para água que carreia sujeiras, esgoto, areia etc. Pode ser de simples aspiração, quando a água penetra por um lado só, ou de dupla aspiração, quando penetra por ambos os lados.
- **Eixo da bomba** – peça sobre a qual se fixa o rotor.
- **Carcaça** – parte que envolve o rotor e tem a função de guiar a água da sucção para o rotor e, deste, para o recalque.
- **Anéis de desgaste** – peças colocadas entre o rotor e a carcaça; têm por fim evitar o escapamento de água para fora.
- **Casquilhos** – colocados entre os eixos e a carcaça, na parte externa para fechar a caixa de gaxeta.
- **Gaxetas** – ficam em uma espécie de caixa; destinam-se a vedar a entrada de ar na carcaça ou a saída da água.
- **Aperta gaxeta** – tubo de pequeno diâmetro ligado ao recalque da bomba e à gaxeta, que tem por função apertar as gaxetas e lubrificá-las com água.

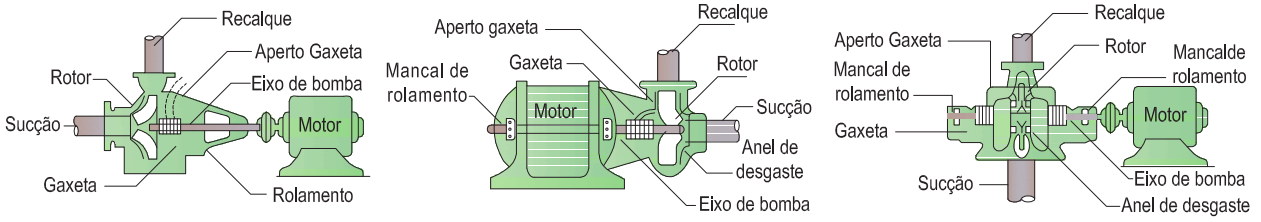


Figura 47 – Bombas centrífugas.

b) Instalação do conjunto:

- Localização da bomba – deve ser localizada o mais próximo possível do manancial e protegida contra as enchentes quando destinada a bombear água de rios. Quanto maior a distância da bomba ao ponto de sucção, maiores serão as perdas de carga na sucção. O rendimento de uma bomba aumenta com a redução da altura e distância de sucção. A altura de sucção prática é limitada.

- Casa de bombas – tem objetivo de proteger as bombas e seus equipamentos de comando, evitando os danos causados pela exposição ao tempo e também a proteção dos operadores. Certos tipos de bombas com proteção e blindagem apropriada dispensam a casa de bombas.
- Base – a bomba deve ser assentada sobre uma base de concreto, devidamente afixada por parafusos chumbados.
- Alinhamento – após o assentamento da bomba, é necessário verificar o nivelamento e o alinhamento, para que se possa evitar a deformação e o estrago das peças.
- Tubulação de recalque – deve existir um registro na saída da bomba e uma válvula de retenção. Nos casos de tubos galvanizados, deverá haver uma luva de união antes do registro, para permitir a retirada da bomba e de outras peças que necessitem de reparos. No caso da tubulação de ferro fundido ou de aço, as peças devem ser flangeadas.
- Sucção – quando uma parte da tubulação de sucção é aproximadamente horizontal, a inclinação deve ser dada de modo que haja sempre elevação do poço para a bomba, com a finalidade de evitar bolsa de ar e cavitação.
- Sucção e recalque – diâmetro da tubulação de sucção deve ser pouco maior que o da tubulação de recalque. Para ligar as tubulações de sucção e de recalque da bomba, são necessárias reduções, na maioria das vezes.
- Cuidados com a tubulação – é necessário o máximo cuidado com a estanqueidade das tubulações. Os tubos devem ter suporte próprio; não devem ser forçados nem ter apoio na carcaça da bomba, sob pena de mau funcionamento e de estrago da bomba.
- Rotor – deve girar no sentido indicado pela seta na carcaça.
- Válvula de pé – é indispensável o emprego de válvula de pé, quando o nível de água na sucção for inferior ao nível de instalação da bomba.

c) Funcionamento nas partidas do bombeamento:

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

d) Operação e manutenção de bombas centrífugas.

A Tabela 15 mostra os principais problemas decorrentes da operação de bombas e as manutenções preventivas e corretivas passíveis de realização.

Tabela 15 – 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 a 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 à explosão, inverta a posição do rotor.
1.6. Existe ar na tubulação de sucção.	Verifique e corrija.
2. Quando a bomba eleva pouca água:	
2.1. Há pouca rotação.	Verifique como em 1.2.
2.2. Existe ar no tubo de sucção.	Verifique se há entrada de ar na tubulação de sucção e corrija. Verifique a altura da água que recobre a válvula de pé, no mínimo 30 cm.
2.3. Penetra ar pela carcaça.	Em caso positivo, corrija. Em bomba na qual as gaxetas estejam convenientemente ajustadas, deverá haver ligeiro jorro de água. Caso não haja, é provável que exista entrada de ar; aperte as gaxetas.
2.4. As gaxetas estão defeituosas.	Verifique e as substitua.
2.5. O rotor está parcialmente obstruído.	Verifique e limpe-o.
2.6. Os anéis de desgaste estão defeituosos.	Verifique e corrija ou os substitua.
2.7. A válvula de pé está defeituosa, parcialmente fechada.	Verifique e corrija.
2.8. A altura de sucção é muito elevada.	Verifique como em 1.3.
2.9. A altura de recalque é muito elevada.	Verifique como em 1.3.
2.10. A rotação do rotor está em sentido errado.	Verifique e corrija.
3. Pressão menor que a indicada:	
3.1. A rotação é baixa.	Verifique como em 1.2.

Continua

Continuação

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

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

3.5.10.1.2.1 Bombas centrífugas com ejetor

O ejetor é um dispositivo usado para aumentar a altura de sucção de uma bomba centrífuga. Na tubulação de recalque, é feita uma tomada com um tubo de diâmetro bem menor; este tubo, que tem a outra extremidade estrangulada por um bico, conecta-se à tubulação de sucção por um ponto em que esta também possui um estrangulamento (venturi) (Figura 48).

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

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

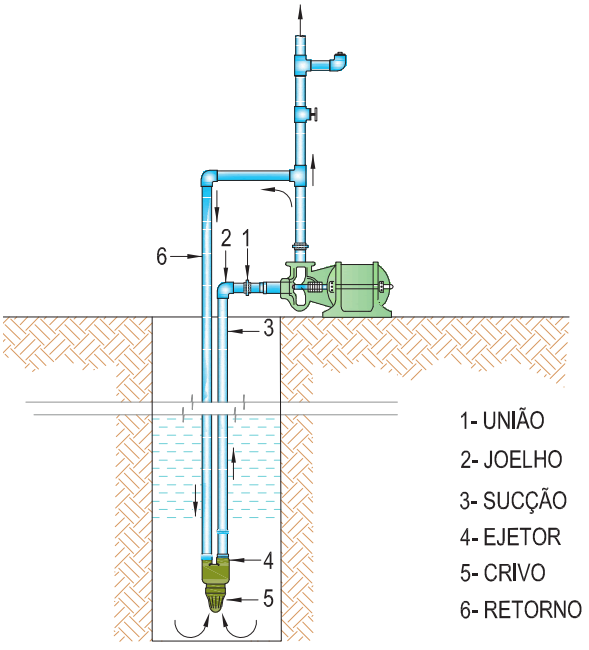


Figura 48 – Bomba centrífuga com ejetor.

Fonte: Adaptado de Carvalho, 1977.

3.5.10.1.3 Bombas de deslocamento

a) Bomba aspirante ou de sucção.

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

A força motriz empregada para acionar uma bomba de êmbolo pode ser manual, a cata-vento, a motor de explosão ou elétrico. No caso de bomba manual, o esforço é aplicado por meio de uma alavanca ou braço, ou por intermédio de um volante. Quando a força motriz é fornecida por um

cata-vento, o braço da bomba é substituído por uma haste. Nas bombas movidas por motores de explosão ou elétricos, o esforço é aplicado, obrigatoriamente, sobre um volante.

Funcionamento: o êmbolo move-se dentro do cilindro por um movimento de vaivém. A sucção da água do poço, por meio do tubo de sucção, é devida ao vácuo provocado no cilindro pelo êmbolo em seu movimento de subida, e a expulsão da água pela torneira e/ou tubo de recalque é consequente à compressão provocada pela descida do êmbolo.

b) Bomba aspirante premente ou de sucção e recalque.

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

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

Vácuo absoluto significa ausência de pressão, isto é, zero atmosfera, e a pressão atmosférica é de 10,333 m ao nível do mar. Conclui-se daí que a sucção máxima teórica possível ao nível do mar é de 10,333 m. Com o aumento da altitude, diminui o limite teórico à razão de 1,0 m para cada 1.000 m de altitude. Na realidade, nunca se pode contar com a sucção teórica, já que há perdas devido a: vácuo no cilindro, que nunca é perfeito; perdas na entrada da água pela válvula de pé; perdas em consequência de atritos da água na tubulação e perdas nas conexões. O limite prático de sucção é de 7,5 m a 8,0 m ao nível do mar.

c) Bombas de sucção e recalque com êmbolo de duplo efeito.

Existem bombas que sugam e recalcam a água nos dois cursos (podem ser horizontais), ascendentes ou descendentes do êmbolo, devido ao formato deste e também à disposição especial das válvulas. São chamadas de duplo efeito. Apresentam maior eficiência e regularidade na vazão (Figura 49).

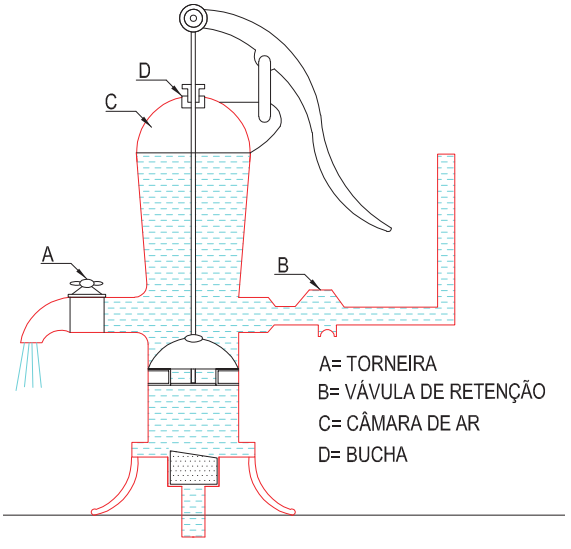


Figura 49 – Bomba manual de sucção e recalque – bomba de êmbolo.

d) Cuidados na instalação e na manutenção de bombas a êmbolo.

- A bomba deve ser provida de uma tubulação de sucção e recalque, quando for o caso. Os tubos de sucção e recalque devem ser de diâmetros poucos maiores ou iguais aos de entrada e saída da bomba.

- A tubulação de sucção deve ter diâmetro um ponto acima ao 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 a saída da bomba, elas são conectadas a esta bomba por reduções cônicas.
- Deve-se evitar ao máximo as conexões, tais como curvas e tees, 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.

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

- Verificar se o nível dinâmico do poço em época de estiagem está acima do nível da sucção prática para a altitude do lugar em que vai ser instalada a bomba. Máximo prático ao nível do mar: de 7,60 m a 8,00 m.
- Sempre que se tenha mais de 8,00 m, deve-se usar o cilindro intermediário.
- A bomba deve estar bem fixa em suporte apropriado ou na tampa do poço. As oscilações prejudicam a bomba.
- A gaxeta ou guarnição da 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 ela 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, em que é afixada a tubulação de sucção. O movimento do tubo de sucção danifica as juntas e permite a entrada de ar, diminuindo a escorva da bomba e a sucção da água.
- A válvula de pé deve estar no máximo a 30 cm do fundo do poço e com recobrimento mínimo de 30 cm de água.
- As flanges e as juntas devem ser bem apertadas.
- O movimento da haste deve ser uniforme.

f) Instalação de bombas de êmbolos em poços profundos.

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

O emprego da bomba de êmbolo com cilindro intermediário para poços profundos só se justifica quando o nível da água no poço, com relação à superfície do solo, for superior ao limite prático de sucção para a altitude do lugar em que está localizado o poço.

O corpo da bomba tem que ser, forçosamente, fixado sobre a tampa do poço. O cilindro intermediário deve ser colocado logo acima do nível da água no poço, a fim de diminuir a sucção e facilitar a inspeção. A vareta deve ser colocada dentro do tubo de sucção, desde a bomba até o cilindro intermediário.

3.5.10.1.4 Bomba especial – carneiro hidráulico

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

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

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

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

O rendimento (r) depende principalmente da altura de queda e de recalque.

- Altura da queda (H): distância vertical entre o nível da água no manancial e o local em que o carneiro hidráulico será instalado.
- Altura de recalque (H_1): distância vertical entre o local em que o carneiro hidráulico será instalado e o nível da água no reservatório de distribuição.

Na prática, adotam-se os valores contidos na Tabela 16:

Tabela 16 – Relação entre altura da queda (H) e altura de recalque (H_1)

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

Dados necessários para a instalação de um carneiro hidráulico:

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

- Distância entre o local de instalação do carneiro hidráulico e o reservatório a ser abastecido = comprimento da tubulação de recalque.

Recomendações importantes para instalação (Figura 50B):

- O comprimento da tubulação de alimentação deve ser aproximadamente igual à altura de recalque mais 10%, com a condição de que possua, no mínimo, um comprimento equivalente a cinco vezes a altura de queda disponível.
- A tubulação deve ser instalada de forma a fazer uso do mínimo possível de curvas ou outras peças que possam aumentar a perda de carga no sistema de alimentação ou recalque.
- Deve ser instalada uma válvula de retenção na tubulação de recalque, a uma distância de 0,50 m a partir do carneiro hidráulico.
- Cuidados especiais devem ser observados, com o 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 1 a 2 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 desta, 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.

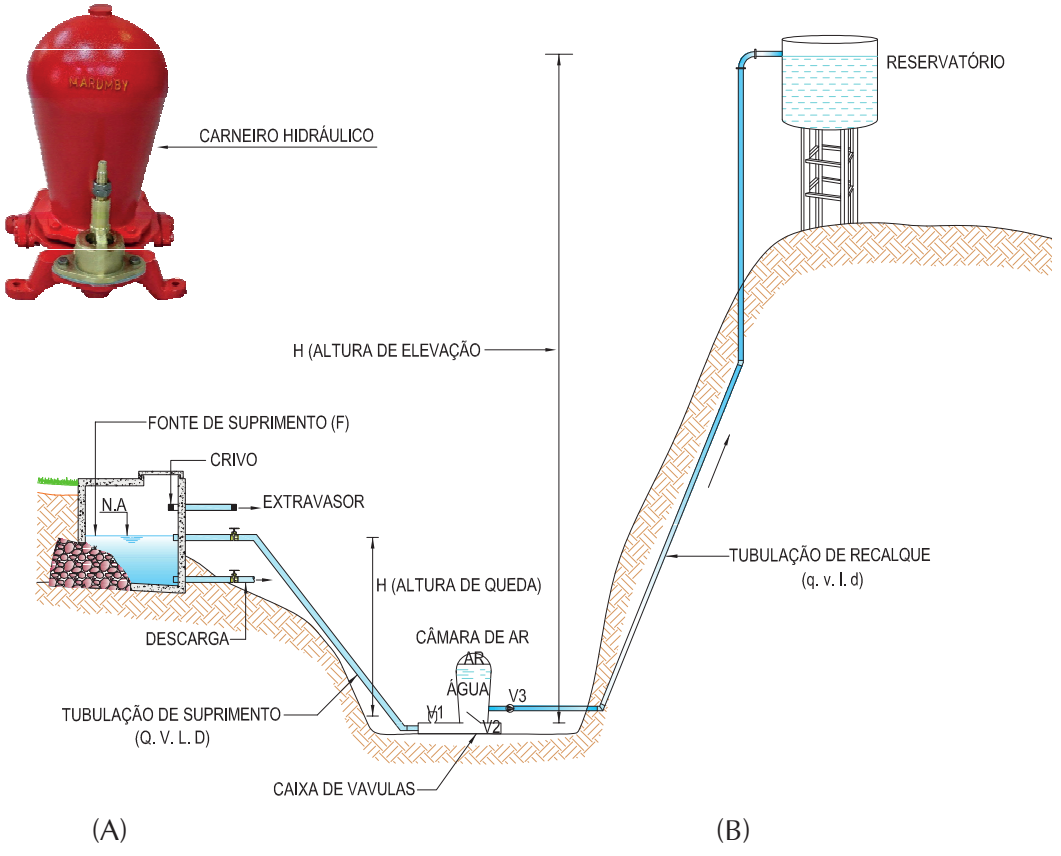


Figura 50 – Carneiro hidráulico (A) e esquema de sua instalação (B).

Fonte: Adaptado de Dacach, 1990 (figura 50B).

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

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

Dados:

Vazão do manancial = 100 litros/minuto.

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

Altura de recalque desejada: H_1 = 14,0 metros.

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

Consultando a Tabela 17, determina-se o valor de r = 0,34.

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

Q = 100 x 0,34 = 34,0 litros/minuto.

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

3.5.10.2 Bomba acionada por sistema fotovoltaico – energia solar

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

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



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

3.5.10.3 Bomba acionada por sistema eólico – cata-vento

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

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

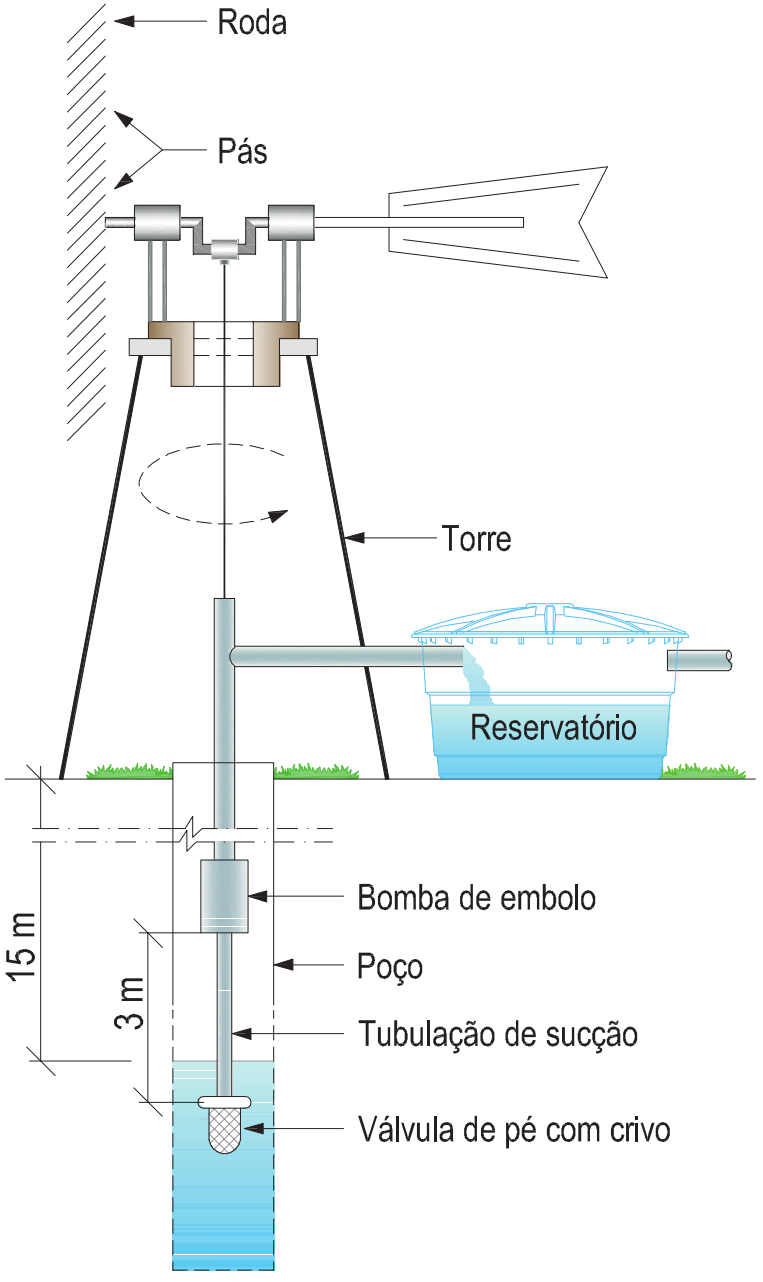


Figura 52 – Esquema de cata-vento.

Fonte: Adaptado de Dacach, 1990.

3.5.10.4 Bombas usadas em pequenos abastecimentos de água (Tabela 17)

Tabela 17 – Comparativo entre bombas usadas em pequenos abastecimentos de água.

Tipos de bomba	Deslocamento			Velocidade			Ar comprimido
Indicador	**De êmbolo manual**	**De êmbolo a motor ou cata-vento**	**A engrenagem**	**Centrífuga**	**Turbina para poço profundo**	**Ejetor**	**Compressor**
Eficiência	Baixa; pode ser melhorada com cilindro de duplo efeito. 25-60%	Baixa; pode ser melhorada com cilindro de duplo efeito. 25-60%	Baixa	Boa 50-85%	Boa 65-80%	Baixa 40-60%	Baixa 25-60%
Operação	Muito simples	Simples	Muito simples	Mais difícil	Mais difícil; requer cuidado	Simples; falhas de ar podem trazer problemas	Mais difícil; o compressor requer cuidado
Manutenção	Simples, 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	Simples	Simples, mas requer cuidado	Mais difícil e constante; requer cuidado especializado	Simples, mas requer cuidado	O compressor requer cuidado permanente
Capacidade litros/minuto	10 - 50	40 - 100	15 - 75	Faixa muito ampla de 5 para cima	Faixa muito ampla: 100 a 20.000	25 - 500	25 - 10.000
Elevação metros	Baixa	Alta	Baixa	5 - 500	20 - 500	Baixa	Baixa
Custo	Baixo, porém maior quando o cilindro está dentro do poço	Baixo, porém maior quando o cilindro está dentro do poço	Razoável	Razoável	Alto, especialmente em poços profundos	Razoável	Razoável
Vantagem	Baixa velocidade facilmente entendida por leigos; baixo custo	Baixo custo; simples; baixa velocidade	Simples; 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

Fonte: Wagner e Lanoix, 1959.

3.5.10.5 Boias automáticas: acionamento pelo nível da água

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

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

3.5.10.6 Casa de bombas

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

A casa de bombas deve atender aos seguintes requisitos:

- Ser construída assegurando-se que esteja fora do alcance das enchentes, evitando-se, assim, danos ao conjunto motor-bomba, por ocasião desse fenômeno.
- Ter espaço necessário para operar com comodidade suficiente para facilitar reparos. Ter saídas suficientemente amplas para retirada das peças. Os catálogos dos fabricantes de equipamentos fornecem as dimensões dos conjuntos, das conexões e dos 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 à explosão ou diesel, a saída de gases do motor deve ser direcionada para fora do recinto.
- Estar protegida contra incêndio.
- Estar protegida contra a chuva.
- Ter proteção térmica contra excesso de calor.
- Ser construída dentro dos requisitos de segurança, de estrutura e de proteção sanitária.

3.5.11 Ligações domiciliares

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

A ligação das redes públicas de distribuição com a instalação domiciliar de água é feita por meio 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 em casos especiais, o ramal tem diâmetro de 20 mm (Figura 53).
- **Cavalete** – conjunto de tubos, conexões e registro do ramal predial para a instalação do hidrômetro ou limitador de consumo, que devem ficar acima do piso.

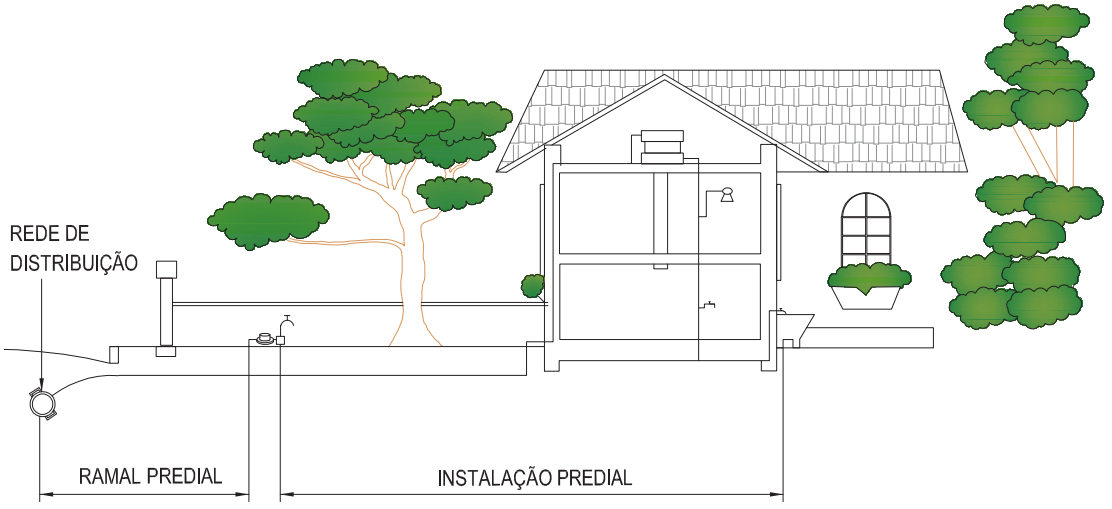


Figura 53 – Ramal predial – instalação de ramal predial em PVC com micromedidor (hidrômetro).

3.5.11.1 Reservatório domiciliar (caixa d'água)

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

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

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

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

Situação 1 – Com abastecimento contínuo (água abastece dia e noite).

Volume = 5 x 150 = 750 litros.

Situação 2 – Com abastecimento descontínuo (água abastece algumas horas do dia).

Volume = 5 x 150 x 2 = 1.500 litros.

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

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

Devido à importância de preservação da qualidade da água armazenada nos reservatórios domiciliares, esses devem ser instalados de maneira a garantir sua efetiva operação e manutenção, de forma mais simples e econômica possível. O acesso ao interior do reservatório, para inspeção e limpeza, deve ser garantido, e o espaço em torno do reservatório deve ser suficiente para permitir a realização das atividades de manutenção, bem como de movimentação segura da pessoa encarregada de executá-las. Tais atividades incluem: regulagem da torneira de boia, manobra de registros, montagem e desmontagem de trechos de tubulações, remoção e disposição da tampa e outras.

Os cuidados aqui descritos são para reservatórios com volume inferior a 2.000 litros, que armazenam água potável para consumo humano. Dependendo das condições locais de abastecimento, bem como da qualidade da água, poderá haver instruções específicas para a limpeza e a desinfecção da

caixa d'água, as quais deverão ser seguidas. A concentração dos desinfetantes também varia; portanto, devem ser seguidas as instruções do fabricante ou responsável pelo fornecimento de água do local.

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

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

3.5.12 Instalações para atendimento coletivo

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

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

Os poços chafarizes vêm sendo usados em muitas áreas periféricas, com bons resultados. Constam, essencialmente, de poço escavado ou tubular profundo, protegido, dispondo de bomba manual ou elétrica, adutora, reservatório e um chafariz (Figura 54).

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

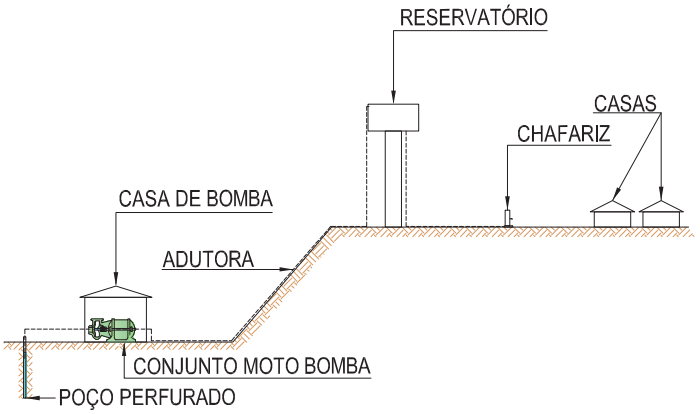


Figura 54 – Conjunto poço, elevatória, adutora, reservatório e chafariz.

3.5.13 Qualidade da água para o consumo humano

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

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

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

3.5.13.1 Padrões de potabilidade

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

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

3.5.13.1.1 Padrão microbiológico

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

Em se tratando de águas naturais, os micro-organismos presentes, em sua maioria, são inofensivos à saúde humana. Entretanto, a possibilidade de contaminação dessas águas por esgoto sanitário, provenientes de fezes humanas e outros animais de sangue quente, podem ser muito prejudiciais à saúde humana. A água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve estar livre de

bactéria indicadora de contaminação fecal. Desta forma, como indicador de contaminação fecal, utiliza-se como bactéria de referência as do grupo coliforme, em especial a *Escherichia coli.*

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

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

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

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

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

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

3.5.13.1.2 Padrão de turbidez

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

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

3.5.13.1.3 Padrão para substâncias químicas

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

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

3.5.13.1.4 Padrão para cianotoxinas

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

Em ambientes eutrofizados, isto é, ricos em nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, industriais e atividades agrícolas, as cianobactérias quase sempre constituem o grupo fitoplanctônico dominante. Nessas condições podem causar florações que constituem problemas de saúde pública e provocam desequilíbrios ambientais significativos.

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

3.5.13.1.5 Padrão organoléptico

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

3.5.13.1.6 Padrão de radioatividade

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

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

3.5.13.2.1 Amostragem

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

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

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

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

- Determinação prévia dos pontos de coleta e respectivo mapeamento em mapas cartográficos ou pontos georreferenciados.
- Antes da amostragem, verificar se o ponto de coleta recebe água diretamente do sistema de distribuição, e não de caixas, reservatórios, cisternas e outros.
- Amostras para análises microbiológicas devem ser feitas antes de qualquer outra, devendo-se tomar os devidos procedimentos para o correto acondicionamento e transporte em bolsas esterilizadas e identificadas. Para amostras de água clorada, este frasco ou bolsa deverá conter tiossulfato de sódio em concentração suficiente para neutralização do cloro residual.
- Não devem ser coletadas amostras compostas para análises microbiológicas devido às variações no fluxo e na composição de efluentes lançados no corpo d'água, ou contaminação deste por substância tóxica ou nutritiva.
- Amostras para análise microbiológicas devem ser transportadas em caixas térmicas, em temperatura em torno de 4ºC a 10ºC, e o período de transporte deve ser de 6 a 8 horas, sendo que o tempo para a realização das análises não deve exceder as 24 horas.
- Amostras destinadas às análises físico-químicas devem ser acondicionadas em frascos de vidro borosilicato (V), de vidro borosilicato âmbar (VB) ou de polietileno (P) limpos, secos e identificados.
- Amostras devem ser registradas em fichas próprias com as seguintes informações: local do ponto de coleta, tipo de manancial, ocorrência de fenômenos que possam interferir na qualidade da água, na data e no horário da coleta, no volume coletado, nas determinações efetuadas no momento da coleta (temperatura do ar e da amostra, condutividade, pH e cloro residual livre) e no nome do responsável pela amostragem.
- A coleta de água bruta deve ser realizada em ponto estratégico do manancial de captação ou, quando não é possível, na chegada da água bruta na ETA.
- Todo resíduo produzido durante a coleta deverá ser armazenado e encaminhado ao laboratório para o seu correto descarte.

A seguir serão apresentadas orientações sobre a coleta e a preservação de amostras para alguns parâmetros físico-químicos (Tabela 18).

Tabela 18 – Coleta e preservação de amostras para análises físico-químicas.

Parâmetros	Recipientes	Volume mínimo (mL)	Preservação	Tempo máximo
Alcalinidade	Vidro ou polietileno	200	Refrigerar a 4 ºC	24 h/14 d
CO_2	Vidro ou polietileno	100	-	Análise imediata
Cloretos	Vidro ou polietileno	100	Não requer	7 dias
Temperatura	-	-	-	Análise imediata
Cloro residual	Vidro ou polietileno	500	Análise imediata	30 min/2 h

Continua

Continuação

Parâmetros	Recipientes	Volume mínimo (mL)	Preservação	Tempo máximo
pH	Vidro ou polietileno	200	-	Análise imediata
Cor aparente	Vidro ou polietileno	500	Refrigerara 4 °C	24 h
Dureza total	Vidro ou polietileno	100	HNO_3 pH < 2	6 meses
Turbidez	Vidro ou polietileno	200	Proteger da luz. Refrigerar a 4 °C	24 h

Fonte: Funasa (Brasil, 2013).

3.5.13.2.2 Técnicas para coleta de amostras de água

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

a) Técnica de coleta em sistema pressurizado.

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

- Proceder às desinfecções externa e interna da torneira, usando gaze embebida em álcool a 70% ou utilizar solução de hipoclorito de sódio a 100 mg/L. Utilizando-se este último procedimento, deve-se remover completamente o hipoclorito, antes da coleta para evitar contaminar a amostra. Recomenda-se não efetuar a desinfecção pela técnica de flambagem, pois, além de causar danos às torneiras e válvulas, há evidências de que este procedimento não tem efeito letal sobre as bactérias.
- Abrir a torneira em fluxo moderado e deixar a água escorrer por cerca de 2 a 3 minutos.
- Remover a tampa do frasco ou bolsa estéril e encher com a água (não apoiar o conjunto sobre quaisquer superfícies):
  - Para análise microbiológica, encher ¾ do frasco/bolsa estéril.
  - Para análise físico-química, enxaguar (fazer ambiente três vezes) o frasco com a amostra a ser coletada e enchê-lo. Deve-se deixar espaço vazio de 2,0 a 2,5 cm do topo, possibilitando a homogeneização correta da amostra antes de iniciar a análise, evitando a presença de oxigênio.
- Tampar o frasco contendo a amostra imediatamente.
- Fazer a identificação do ponto de coleta no frasco usando caneta com tinta indelével.
- Acondicionar o frasco individualmente em saco plástico, para proteger de vazamento ou contaminação, colocando-o em caixa isotérmica com gelo reciclável. Caso não seja possível utilizar o gelo reciclável, colocar os cubos de gelo em saco plástico resistente, para evitar que se fure ocorrendo vazamento de água, contaminando a amostra.
- Anotar as medições na ficha apropriada.
- Preencher os documentos que acompanham a amostra com os dados da coleta.
- Enviar a amostra ao laboratório.



Figura 55 – Sequência de coleta em torneira.

Fonte**:** OMS,1998.

b) Técnica de coleta de água sem bombeamento.

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

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

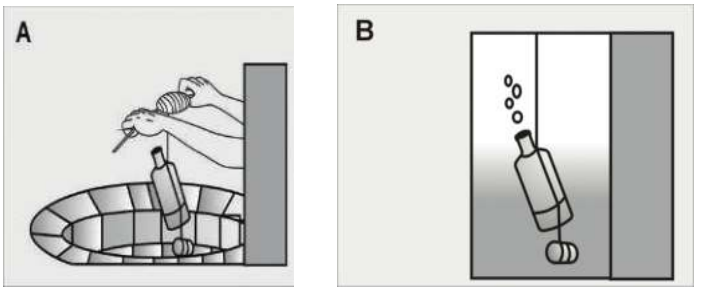


Figura 56 – Sequência de coleta em poço raso, cisternas e fontes naturais.

Fonte: OPAS, 1987.

c) Técnica de coleta de amostras de água superficiais.

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

- Selecionar pontos de amostragem representativos, evitando-se a coleta de amostras em áreas estagnadas ou em locais próximos à margem.
- Realizar a coleta da amostra abaixo da superfície, colocando inicialmente o gargalo em sentido da corrente.
- Após atingir a profundidade de coleta, girar o gargalo no sentido contrário da corrente, e encher o recipiente (Figura 57).

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



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

Fonte: EPA, 2007.

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

Os principais métodos são:

- Método de fermentação em tubos múltiplos – TM.
- Método de filtração em membranas – MF.
- Método do substrato cromogênico definido ONPG-MUG, com resultados confirmativos para presença de coliformes totais e *E. coli* em 24 horas.

Descrever-se-á aqui apenas o método do substrato cromogênico definido ou substrato cromogênico-fluorogênico, embora os métodos de TM e MF sejam ainda utilizados, devido à facilidade de manuseio e ao seu relativo custo-benefício.

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

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

a) Procedimento de análise qualitativo (P/A) (Figura 58).

- Coletar 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril (com tiossulfato de sódio para água tratada que contenha cloro e sem tiossulfato para água bruta) e adicionar todo o conteúdo do frasconete de substrato. Fechar o frasco ou bolsa estéril e agitar levemente para dissolver o todo o reagente.

- Incubar o frasco ou a bolsa estéril contendo a amostra e o substrato por 24 horas a 35ºC.
- Após a incubação, observar visualmente os frascos para a leitura dos resultados. Caso a amostra não se apresente na cor amarela, ou seja, incolor, significa que a prova é negativa – ausência de coliformes.
- Entretanto, havendo desenvolvimento de coloração amarela, o resultado é positivo – presença de coliformes totais.
- E se a amostra apresentar-se amarela e fluorescente quando exposta à luz UV-365 nm (UV – ultravioleta), o resultado é positivo – presença de *E. coli*.



Figura 58 – Análise qualitativa (P/A).

b) Procedimento de análise quantitativa – Número Mais Provável (NMP).

Preparação da seladora:

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

Preparação da amostra (Figura 59):

- Coletar 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril, com ou sem tiossulfato de sódio, e adicionar todo o conteúdo do frasconete de substrato.
- Fechar o frasco ou a bolsa estéril e agitar levemente para dissolver o reagente.
- Transferir todo o conteúdo do frasco ou da bolsa estéril (amostra com o substrato para a cartela específica).
- Acoplar a cartela de amostra à bandeja de borracha, de forma que os poços dessa encaixem-se aos poços da cartela de amostra.
- Encaixar a bandeja de borracha na bandeja prateleira.
- Aguardar até que a seladora comece a puxar automaticamente.
- Retirar, da parte posterior da seladora, a cartela de amostra e a bandeja de borracha.
- Observar se a cartela foi selada; caso seja necessário, passe pela seladora novamente, seguindo os procedimentos citados acima.
- Ao término do uso da seladora, desligá-la na parte posterior e retirar a tomada de alimentação da energia.
- Seguir os procedimentos de limpeza, caso necessário.

- Colocar a cartela de amostra na estufa incubadora, a uma temperatura de 35ºC ± 0,5ºC, e deixar por 24 horas.
- Após o período de incubação, havendo desenvolvimento de coloração amarela, o resultado é positivo para coliformes totais.
- E se a amostra apresentar-se amarela e fluorescente quando exposta à luz UV-365 nm (UV – ultravioleta), o resultado é positivo para *E. coli*.

Para quantificar o NMP de coliformes totais ou *E. coli* por esse método, utilizar a tabela específica disponibilizada pelo fabricante do produto para as cartelas usadas no exame. Contam-se os compartimentos das cartelas positivas para coliformes totais e *E. coli*. Utilizar, para as duas situações, o cruzamento da abscissa e da coordenada. O valor encontrado no ponto do cruzamento da abscissa com a ordenada representa a densidade, ou seja, o NMP (Número Mais Provável de coliformes totais ou *E. coli*/100 ml de amostra).

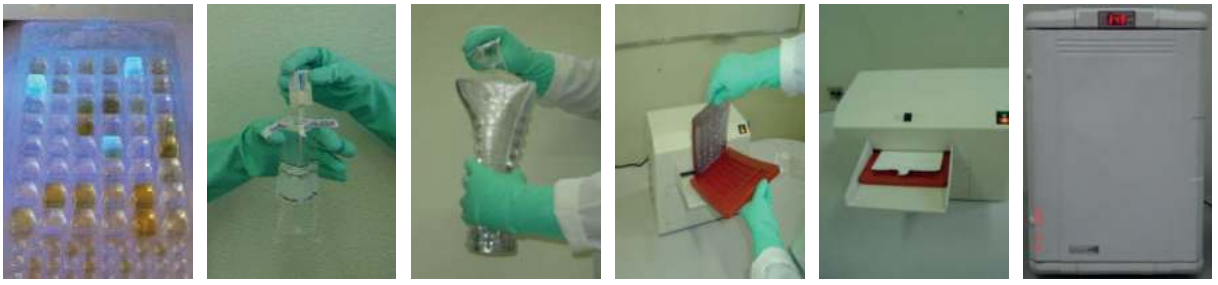


Figura 59 – Procedimento de análise quantitativo – determinação do NMP.

Referências bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Projeto de adutora de água para abastecimento público – NBR 12215**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **Projeto de poço para captação de água subterrânea – NBR 12212**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a.

_____. **Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – NBR 12211**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992b.

_____. **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público – NBR 12213**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992c.

_____. **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – NBR 12216**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992d.

_____. **Projeto de poço para captação de água subterrânea – NBR 12.244**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992e.

_____. **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – NBR 12214**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992f.

_____. **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – NBR 12217**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994a.

_____. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – NBR 12 218**. Rio de janeiro: ABNT, 1994b.

_____. **Instalação predial de água fria – NBR 5626**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA – AMERICAN WATER WORD ASSOCIATION; WEF – WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2012. 1496p.

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

AZEVEDO NETTO, J. M. *et al.* **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. São Paulo: Cetesb, 1987. v. 1.

AZEVEDO, R. P.; KOTAKA, F. O uso da energia solar em sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia brasileira: a contribuição da Funasa na implementação dessa tecnologia. *In*: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 31., 2008, Santiago. **Anais...** Santiago: AIDIS, 2008.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011. Seção I.

_____. _____. Fundação Nacional de Saúde. 3. ed. reimp. **Manual de saneamento**. Brasília: Funasa, 2007. 408 p.

_____, _____ . _____. **Manual de saneamento**. 4.ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

_____. _____. _____. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

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

_____._____. _____. **Manual Integrado de Vigilância Epidemiológica da Cólera**. 2.ed. Brasilia, 2010. 170p. il.

_____. _____. _____. **Virus Zika no Brasil: a resposta do SUS**. Brasilia: Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2017.

CARARO, D. C. *et al.* Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 349-354, 2007.

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

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: Cetesb; Ascetesb, 1987. v. 2.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Noções básicas sobre poços tubulares**. Brasília: CPRM, 1998. 21p.

CRISPIM, J. Q. *et al.* Conservação e proteção de nascentes por meio do solo-cimento em pequenas propriedades agrícolas na bacia hidrográfica rio do Campo no município de Campo Mourão – PR. **Revista Geonorte**, edição especial, v. 3, n. 4, p. 781-790, 2012.

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

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

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

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

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

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

HELLER, L.; CASSEB, M. L. M. Abastecimento de água. *In:* BARROS, R. T. V. *et al.* (Orgs.). **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**: saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia UFMG, 2001. v. 2, 221p.

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

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

LOBO, A. E. *et al.* (Coords.). Desfluretação parcial de águas subterrânea. *In:* FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **6º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. Brasília: Funasa, 2013. p.75-106.

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

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

OPS - ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **Guías para la calidad del água potable**. - vol. 3. Washington: 1987. Anexo 3. p. 76-83.

_____. **Tecnologías para abastecimiento del agua em poblaciones dispersas**. Lima: OPS/CEPIS, 2005. 65p.

PHILIPPI, L. S. *et al.* Aproveitamento de água de chuva. *In:* GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 73-152.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 114p.

_____. **Métodos alternativos de desinfecção de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 139p.

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

SENS, M. L.; SOARES, C.; BÖELL, H. R. (Coords.). Produção de água potável através da destilação solar natural. *In:* FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **1º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. Brasília: Funasa, 2013. p. 142-169.

TECDRILL. **Poços artesianos**. [s.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.tecdrill.com.br>. Acesso em: 15 jan. 2015.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4. ed. São Paulo: USP, 2006. 643 p. reimpressão 2013.

VERAS, L. R. V.; DI BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas – FIME. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental** v. 13, n. 1, p. 109-116, 2008.

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

WAGNER, E. G.; LANOIX, J. N. **Water supply for rural areas and small communities**. Geneva: WHO, 1959. 337p.

4 Esgotamento sanitário

4.1 Introdução

Os resíduos provenientes das atividades humanas geram poluição, entendida como a degradação da qualidade ambiental, que, direta ou indiretamente, prejudica a saúde, o desenvolvimento das atividades sociais e econômicas, a segurança e o bem-estar da população, afetando a biota e as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.

A utilização de água normalmente traz a necessidade de se criar soluções para o afastamento e o retorno de uma parcela desta água para o meio ambiente. Após usada, a água tem suas características naturais alteradas, incorporando inúmeras substâncias, cuja constituição é vinculada à finalidade para a qual foi empregada.

A estes despejos provenientes das diversas modalidades de uso da água dá-se o nome de esgotos, águas servidas ou águas residuárias, e a sua devolução direta ao meio ambiente, especialmente nos corpos de água, pode causar vários inconvenientes, como problemas ambientais e à saúde das pessoas e dos animais, pela transmissão de doenças causadas por germes patogênicos presentes nos dejetos humanos. A consequência é o aumento do número de enfermidades e mortes por doenças veiculadas pela água. Por isso, torna-se indispensável evitar a possibilidade de contato de dejetos com o homem, as águas de abastecimento, os vetores (moscas, baratas) e os alimentos.

Nos países em desenvolvimento, constata-se que elevado percentual da população não dispõe de condições sanitárias básicas para o lançamento adequado de seus resíduos, e, aliado à deficiência de educação em saúde, os descartam indiscriminadamente na superfície do solo, com consequente poluição e/ou contaminação deste e das águas superficiais e subterrâneas.

O crescimento urbano e o desenvolvimento tecnológico trazem como consequência imediata o aumento de consumo de água e a ampliação constante do volume de água residuária, não reaproveitável. Em muitas cidades, parcela significativa da população é atendida por redes coletoras que efetuam o afastamento dos esgotos das proximidades das casas; no entanto, não é realizado qualquer tipo de tratamento para a sua devolução ao meio ambiente e acabam, da mesma maneira, contaminando o solo, os rios, os lagos, os oceanos, as águas subterrâneas e até mesmo os mananciais que abastecem outras cidades. Ainda é muito baixo no Brasil o número de municípios que possuem sistemas completos de esgotamento sanitário contemplando a rede coletora e de tratamento, além do que muitos dos sistemas existentes atendem apenas a uma parcela destas cidades.

O baixo índice de atendimento por rede pública de esgotos sanitários não deveria implicar automaticamente más condições sanitárias da população, visto que em diversos países desenvolvidos também ocorre, em algumas regiões, baixa cobertura por rede coletora. Porém, nestes países as residências são providas de soluções individuais ou descentralizadas de tratamento e disposição final adequados, que, por serem bem construídos e mantidos, resolvem satisfatoriamente suas necessidades.

Neste capítulo serão apresentadas soluções de esgotamento tecnicamente recomendadas, tanto aquelas aplicáveis para as populações rurais e periféricas dispersas, com processos individuais e descentralizadas, quanto algumas tecnologias utilizadas nos sistemas coletivos, desde os mais simples e naturais processos de tratamento de esgoto, especialmente indicados para as pequenas localidades.

4.2 Importância da disposição final adequada para os esgotos

As definições de saúde, saneamento e meio ambiente estão intimamente vinculadas, sendo o esgoto um dos resíduos geradores de poluição que deve ser controlado pelo saneamento para evitar, ou minimizar, os efeitos deletérios sobre a saúde, o ambiente e o desenvolvimento econômico e social de uma localidade, região ou país. Portanto, a importância dos cuidados no afastamento seguro, no tratamento e na disposição final dos esgotos abrange aspectos sanitários, econômicos e ambientais.

No aspecto sanitário, o destino adequado dos esgotos é essencial para a saúde pública, objetivando o controle e a prevenção de doenças relacionadas por meio de soluções que busquem eliminar focos de contaminação e poluição. Desta maneira, seriam evitadas a poluição do solo e a degradação dos mananciais de abastecimento de água e o contato de vetores com as fezes; seriam melhoradas as condições sanitárias locais e reduzidos os gastos públicos com campanhas de imunização e/ou erradicação de moléstias endêmicas ou epidêmicas.

No aspecto do desenvolvimento econômico e social, os fatores relacionados ao saneamento interferem: no aumento da vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças; na diminuição das despesas, com o tratamento de doenças evitáveis; na redução do custo do tratamento da água de abastecimento, devido à melhor qualidade da água bruta, pela prevenção da poluição dos mananciais; no controle da poluição das praias e dos locais de recreação, com o objetivo de promover o turismo; na preservação da biota aquática, especialmente os criadouros de peixes; com a obtenção de maior disponibilidade hídrica, para a instalação de indústrias devido à conservação dos recursos naturais.

No aspecto ambiental, as soluções sustentáveis para o tratamento e a disposição final dos esgotos são importantes para evitar que:

- Substâncias presentes nos esgotos exerçam ação deletéria nos corpos de água. A matéria orgânica pode causar a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e exalação de odores desagradáveis.
- Detergentes presentes nos esgotos provoquem a formação de espumas em locais de maior turbulência da massa líquida.
- Defensivos agrícolas determinem a morte de peixes e outros animais.
- Nutrientes presentes possibilitem a aceleração da eutrofização dos corpos de água, pelo crescimento excessivo de algas, que conferem odor, gosto e introduzem biotoxinas ao meio.
- Inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas (areias) presentes na água produzam assoreamento e tragam problemas estéticos desagradáveis pela degradação da paisagem.
- Desequilíbrio ecológico proveniente do lançamento indevido provoque o agravamento dos problemas de escassez de água.

A Tabela 1 mostra sinteticamente os efeitos nocivos advindos do lançamento do esgoto bruto no ambiente, permitindo, em consequência, deduzir a importância do que deve ser evitado.

Assim, o tratamento e a disposição final adequada dos esgotos são uma medida fundamental para o gerenciamento do ciclo do uso da água, incluindo planejamento, projeto, execução e controle das obras necessárias para a manutenção da qualidade da água desejada em função dos seus diversos usos.

Tabela 1 – Efeitos do lançamento do esgoto no ambiente.

Poluentes	Parâmetros de caracterização	Tipos de efluentes	Efeitos/consequências
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	Domésticos Industriais	Problemas estéticos Depósitos de lodo Adsorção de poluentes Proteção de patógenos
Sólidos flutuantes	Óleos e graxas	Domésticos Industriais	Problemas estéticos
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Domésticos Industriais	Consumo de oxigênio Mortandade de peixes Condições sépticas

Continua

Continuação

Poluentes	Parâmetros de caracterização	Tipos de efluentes	Efeitos/consequências
Organismos patogênicos	Coliformes	Domésticos	Doenças relacionadas com as águas
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	Domésticos Industriais	Crescimento excessivo de algas Toxicidade aos peixes Doença em recém-nascidos (nitratos)
Compostos não biodegradáveis	Pesticidas Detergentes Outros	Industriais Agrícolas	Toxicidade Espumas Redução de transferência de oxigênio Não biodegradabilidade Maus odores
Metais pesados	Elementos específicos (ex.: arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, zinco etc.)	Industriais	Toxicidade Inibição do tratamento biológico dos esgotos Problemas de disposição do lodo na agricultura Contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais Condutividade elétrica	Reutilizados	Salinidade excessiva – prejuízo às plantações (irrigação) Toxicidade a plantas (alguns íons) Problemas de permeabilidade do solo (sódio)

Fonte: Adaptado de Mota, 2006 e Cetesb, 2009.

4.2.1 Doenças relacionadas com os esgotos

É grande o número de doenças relacionadas com o destino inadequado dos dejetos humanos. Citam-se, entre as principais: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estrongiloidíase, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, teníase e cisticercose (Tabela 2).

Tabela 2 – Doenças relacionadas por contaminação de fezes e medidas de prevenção.

Organismos potenciais causadores de doenças	Principais doenças e agentes etiológicos	Modo de transmissão	Medidas de prevenção
Bactéria	Cólera (*Vibrio cholerae*). Febre tifoide (*Salmonella typhi*). Febre paratifoide (*Salmonella paratyphi dos tipos "A", "B" ou "C"*). Doenças diarreicas agudas – DDA (*Escherichia coli, Shigella spp, Yersinia enterocolitica*)	É específico para cada agente etiológico e pode acontecer por transmissão direta de pessoa a pessoa (ex: mãos contaminadas) ou indireta por ingestão de água e alimentos contaminados.	Implantação ou melhoria da infraestrutura dos serviços de abastecimento de água para consumo humano, coleta e tratamento de esgotos, no sentido de prover a população de condições adequadas de saneamento básico. Promoção de atividades de educação em saúde.

Continua

Continuação

Organismos potenciais causadores de doenças	Principais doenças e agentes etiológicos	Modo de transmissão	Medidas de prevenção
Vírus	Hepatites virais A (HAV) e E (HEV) Poliomielite (*Poliovírus*) Doenças diarreicas agudas – DDA (Norwalk, Rotavírus dos grupos A, B e C)	As hepatites virais A e E são transmitidas pela via fecal-oral e estão relacionadas às condições de saneamento básico, higiene pessoal, qualidade dos alimentos. Poliomielite - Ocorre por contato direto pessoa a pessoa, pela via fecal-oral (mais frequentemente), por objetos, alimentos e água contaminados com fezes de doentes ou portadores, ou pela via oral-oral.	Hepatites A e E – Medidas que visem cuidados com a água de consumo, manipulação de alimentos e com as condições de higiene e saneamento básico As vacinações são as principais medidas de prevenção da poliomielite e diarreia por rotavírus.
Protozoário	Doenças diarreicas agudas – DDA (*Entamoeba histolytica, Giardia lamblia, Cryptosporidium, Balantidium coli*) Toxoplamose (*Toxoplasma gondi*)	Fecal-oral, alimentos e água contaminados. No caso do Cryptosporidium a transmissão também pode ser direta de pessoa a pessoa e por animais domésticos. A infecção por Toxoplamose pode ocorrer por ingestão de oocistos provenientes de solo contaminado com fezes de gatos ou ingestão de carne crua e mal cozida infectada com cistos, em especial de porco e carneiro.	Instalações sanitárias (implantação e manutenção) Eliminar fezes de gatos em local seguro, higiene na manipulação de alimentos e preparo de alimentos.
Helmintos	Geo-helmintíases - Ascaridíase (*Ascaris lumbricoides*), Trichuríase (*Trichuris trichiura*), Ancilostomíase (*Ancylostoma duodenale e Necator americanus*) Esquistossomose Mansoni (*Schistosoma mansoni*) Teníase (*Taenia solium, Taenia saginata*) Cisticercose (*Taenia solium*)	A ascaridíase e a tricuríase ocorrem mediante ingestão de ovos embrionados presentes em alimentos crus mal lavados ou pela ingestão de água contaminada. Já a ancilostomíase ocorre mediante penetração ativa das larvas infectantes na pele do hospedeiro. O homem adquire a esquistossomose por meio da penetração ativa da cercária na pele. A Teníase á adquirida pela ingestão de carne de boi ou de porco malcozida, que contém as larvas. A Cisticercose pela ingestão de ovos de *T. Solium.*	As ações de saneamento principalmente com implantação ou melhoria de infraestrutura sanitária como instalações hidrossanitárias domiciliares e esgotamento sanitário. Para Teníase / Cisticercose higiene dos alimentos. Controle ambiental pela deposição correta dos dejetos (saneamento básico) e prática de hábitos higiênicos.

Fonte: Adaptado de Brasil (2017) e Brasil (2010).

4.2.1.1 Modos de transmissão

Várias são as formas de as pessoas terem contato com dejetos. O principal destino dos esgotos domésticos, tratados ou não, são os corpos de água. O lançamento de esgotos sem tratamento adequado nos corpos

receptores contribui para a ocorrência de várias doenças relacionadas com a água, seja pela sua ingestão, seja por contato com a pele e mucosas, ou quando ela é usada na irrigação ou preparação de alimentos.

A disposição não controlada de esgotos no solo pode ser causa de doenças, adquiridas pelo contato das mãos, dos pés ou de outras partes do corpo com o terreno contaminado. Ademais, esgotos dispostos inapropriadamente no solo podem causar a contaminação da água subterrânea, ou escoar sobre o terreno, contaminando os corpos de água superficiais (Figura 1).

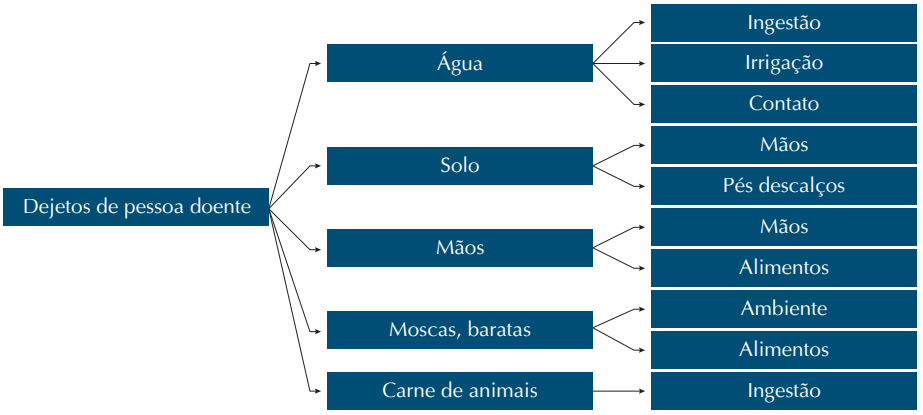


Figura 1 – Transmissão de doenças relacionadas com dejetos humanos.

Fonte: Adaptado de Mota, 2006.

4.3 Conceitos

A expansão demográfica e o desenvolvimento tecnológico trazem como consequência imediata o aumento do consumo de água. Durante o ciclo de uso em diversas atividades humanas, a água vai incorporando inúmeras substâncias que alteram suas características, ainda que permaneça na sua forma líquida, passando então a ser chamada de águas servidas ou esgoto. Assim, as águas servidas contêm basicamente matéria orgânica e mineral, em solução e em suspensão, bem como alta quantidade de bactérias e outros organismos patogênicos e não patogênicos.

Essas águas, conjuntamente com as eventuais contribuições indevidas provenientes do escoamento superficial e de possíveis infiltrações em drenagens subterrâneas, formarão as vazões de esgotamento ou simplesmente esgotos, que são classificados tecnicamente de acordo com a sua origem.

4.3.1 Tipos de esgotos

Os esgotos costumam ser classificadas de acordo com a sua origem em dois grupos principais: esgotos domésticos e esgotos industriais.

Algumas publicações ainda chamam de esgoto pluvial as águas provenientes das chuvas; no entanto, a denominação atualmente consagrada para este tipo de despejo é simplesmente drenagem de águas pluviais urbanas, sendo este assunto tratado no capítulo 5.

Na rede coletora de esgotos das cidades ocorre a entrada de águas do subsolo nas tubulações defeituosas, juntas, conexões, poços de visita e outras unidades da rede, sendo estas chamadas de águas de infiltração, cuja quantidade depende de diversos fatores que serão considerados detalhadamente no item referente ao dimensionamento da rede coletora.

As águas residuárias, formadas pelo esgoto doméstico e eventuais lançamentos de esgoto industrial, somadas às águas de infiltração, constituem, juntas, os esgotos sanitários.

4.3.1.1 Esgotos domésticos

A sua composição é essencialmente orgânica, compreendendo as águas que contêm a matéria originada pelos dejetos humanos no esgotamento de peças sanitárias e as águas servidas provenientes das atividades domésticas, tais como banho, lavagens de pisos, utensílios, roupas. Incluem também os efluentes das instalações sanitárias de estabelecimentos comerciais, de empresas e instituições. O seu volume depende exclusivamente do número de pessoas atendidas.

Os esgotos domésticos podem ser divididos em:

- Águas negras: parcela proveniente das instalações sanitárias, contendo fezes e urina.
- Águas cinzas: parcela proveniente de banhos, lavagens e demais usos domésticos.

4.3.1.2 Esgotos industriais

A sua composição pode variar de orgânica a mineral, geralmente mais rica em sólidos dissolvidos minerais do que os esgotos domésticos. Compreendem os resíduos orgânicos, de indústria de alimentos, matadouros, e outros com predominância da agroindústria; as águas residuárias procedentes de indústrias de metais, químicas e outros; as águas residuárias procedentes de indústrias de cerâmica, água de refrigeração, e de tantos outros ramos da indústria. Nos efluentes industriais há uma fração, associada às instalações sanitárias dos funcionários e aos refeitórios, usualmente com características similares às dos esgotos domésticos.

A rede coletora pública de esgoto de uma cidade é projetada para receber os esgotos sanitários, mas dificilmente conduz apenas o esgoto doméstico, pois normalmente há uma parcela de esgotos industriais. O recebimento dos despejos industriais na rede coletora deve ser precedido de certos cuidados, principalmente no que se refere à qualidade e à quantidade dos efluentes. Em cada caso, deverá ser estudada a natureza dos efluentes industriais, para verificar se eles podem ser lançados *in natura* na rede de esgotos, ou se haverá necessidade de um pré-tratamento. Não se deve permitir o lançamento *in natura* no coletor público de despejos industriais que: ofereçam riscos à segurança e problemas na operação das redes coletoras; interfiram em qualquer sistema de tratamento; obstruam tubulações e equipamentos; sejam agressivos às tubulações, afetando a resistência ou a durabilidade de suas estruturas; tenham temperatura acima de 45ºC.

No caso de lançamento de efluente industrial na rede pública de coleta, os serviços de saneamento são responsáveis pelo atendimento aos padrões de qualidade ditados pelo órgão ambiental. O serviço de saneamento, receptor dos efluentes industriais, deve ter suas normas específicas para recebimento de efluentes industriais na rede pública de coleta.

4.3.2 Soluções ambientalmente sustentáveis de esgotamento sanitário

A amplitude de alternativas técnicas adequadas para evitar o contato do esgoto doméstico com as pessoas, fazer o afastamento seguro, promover o tratamento e a sua disposição final é bastante extensa. Como forma de apresentação, podem ser divididas em soluções individuais, isoladas ou descentralizadas, e as soluções coletivas.

4.3.2.1 Alternativas individuais

Dentre as soluções individuais, é preciso distinguir as situações em que as moradias ainda estão desprovidas de instalações hidráulicas de abastecimento de água, nas quais não são gerados esgotos sanitários na sua definição propriamente dita, porque os dejetos humanos não são afastados por veiculação hídrica, porém igualmente necessitam de meios adequados para a sua disposição, de modo a evitar o contato com as pessoas. Para estas habitações, a solução recomendada são as privadas higiênicas.

Para as soluções individuais, ou descentralizadas, em domicílios e estabelecimentos providos de instalações prediais de água, a alternativa tecnológica de tratamento dos esgotos domésticos, estabelecida em norma brasileira, é um conjunto composto por uma unidade chamada de tanque séptico seguido de unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes. Por ainda ser esta a solução mais usada e que deverá permanecer sendo aplicada indefinidamente, ela será melhor detalhada neste manual.

4.3.2.2 Alternativas coletivas

As soluções coletivas podem ser adotadas para um pequeno agrupamento de casas e/ou estabelecimentos, e, nestes casos, normalmente chamadas de descentralizadas, sendo que as soluções aplicadas para o tratamento podem ser as mesmas empregadas nas soluções individuais.

Todavia, as soluções tecnológicas coletivas de tratamento costumam ser projetadas para abranger, no mínimo, uma bacia ou sub-bacia hidrográfica dentro do quadro urbano de uma cidade, compondo, nesta forma, uma alternativa de rede coletora e tratamento distribuídos. De outra maneira, pode-se concentrar toda a rede coletora do perímetro urbano em um só local para o tratamento, por meio de reversão de sub-bacias e bacias com o bombeamento dos esgotos nesta alternativa denominada de centralizada.

A definição de qual solução propor para o tratamento num sistema de esgotos sanitários de uma cidade é uma importante etapa do estudo de concepção do projeto.

É importante ressaltar que a rede coletora, incluindo os coletores prediais, constitui os primeiros requisitos para a gestão efetiva e o correto funcionamento de uma solução coletiva de esgotamento sanitário, muito embora nem sempre receba esta atenção.

A Figura 2 mostra as soluções de esgotamento e os tipos de sistemas de esgotos possíveis de utilização.

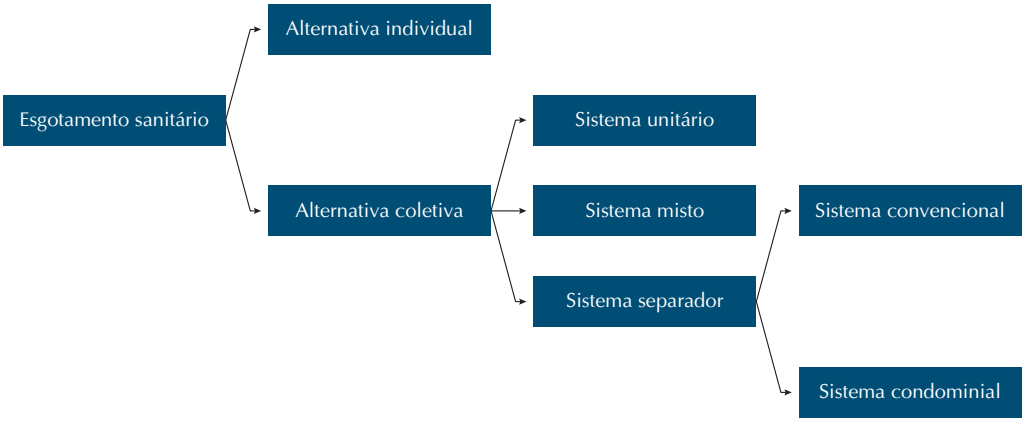


Figura 2 – Alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas.

Fonte: Adaptado de Barros, 1995.

4.3.3 Tipos de sistemas

Os sistemas coletivos de esgotos sanitários poderão ser concebidos e projetados conforme a classificação: unitário, misto, separador convencional e separador condominial.

4.3.3.1 Sistema unitário ou combinado

O sistema unitário, ou combinado, consiste na coleta e no transporte das águas pluviais, dos esgotos domésticos, dos eventuais despejos industriais e das águas de infiltração numa única rede de canalizações (Figura 3).

No Brasil, o uso deste sistema unitário não é permitido; entretanto, na Europa, na Ásia e na América do Norte, onde o índice pluviométrico geralmente é inferior a um terço da média brasileira, o uso do sistema

unitário ainda é comum, pois apresenta como vantagem a construção de uma só tubulação. As dimensões dos condutos e das obras complementares são grandes, pois no dimensionamento da rede coletora deve ser prevista a precipitação máxima somada com a vazão dos esgotos sanitários. O custo de implantação é elevado, porém geralmente menor do que aquele correspondente a duas redes independentes.

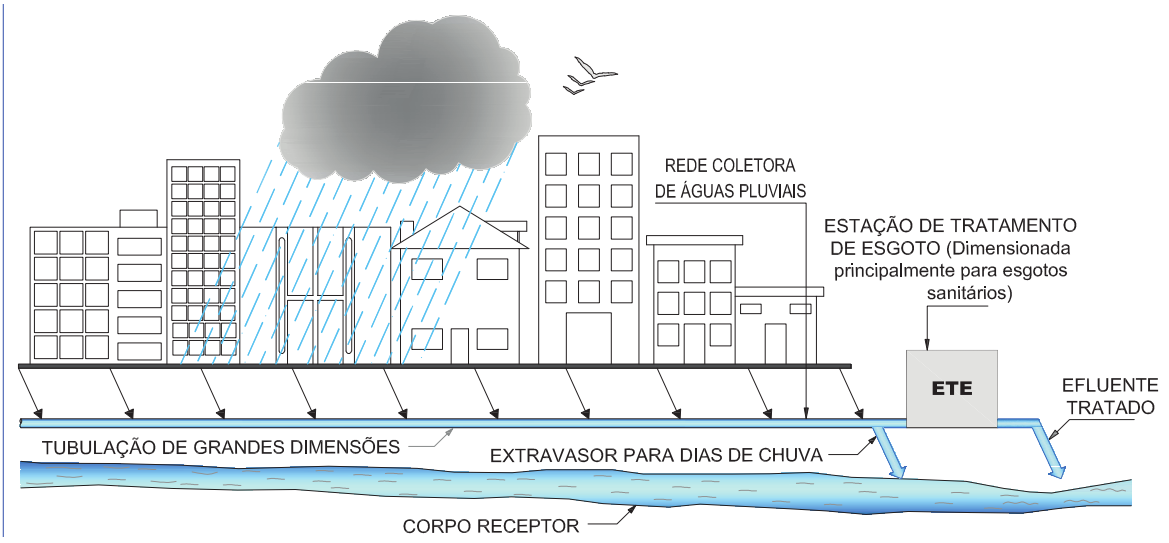


Figura 3 – Sistema unitário.

Fonte: Adaptado de Barros, 1995.

4.3.3.2 Sistema misto

A rede é projetada para receber o esgoto sanitário e mais uma parcela das águas pluviais. A coleta dessa parcela varia de um país para outro. Em alguns países, colhe-se apenas as águas dos telhados; em outros, um dispositivo colocado nas bocas de lobo recolhe as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade; em alguns países denominam de mistos os sistemas que recebem ligações clandestinas de águas pluviais. Sistema não permitido no Brasil, do mesmo modo que o sistema unitário.

4.3.3.3 Sistema separador – convencional

Neste sistema os esgotos sanitários são coletados e transportados em canalização completamente separada daquela em que escoam as águas pluviais. É o sistema predominante no Brasil, sendo o único atualmente aplicável por exigência da legislação ambiental (Figura 4).

O custo de sua implantação é bastante reduzido, em virtude das seguintes razões:

- As águas pluviais não oferecem o mesmo perigo que o esgoto doméstico, podendo ser encaminhadas diretamente aos corpos receptores (rios, lagos e outros) sem tratamento; este será projetado apenas para o esgoto doméstico.
- Nem todas as ruas de uma cidade necessitam de rede de drenagem pluvial. De acordo com a declividade das ruas, a própria sarjeta se encarregará do escoamento, reduzindo, assim, a extensão da rede pluvial.
- O esgoto doméstico deve ter prioridade, por representar um problema de saúde pública. O diâmetro dos coletores é reduzido, sendo de fabricação industrial e mais baratos.
- A ausência de águas pluviais permite a redução das dimensões das unidades de tratamento dos esgotos sanitários.

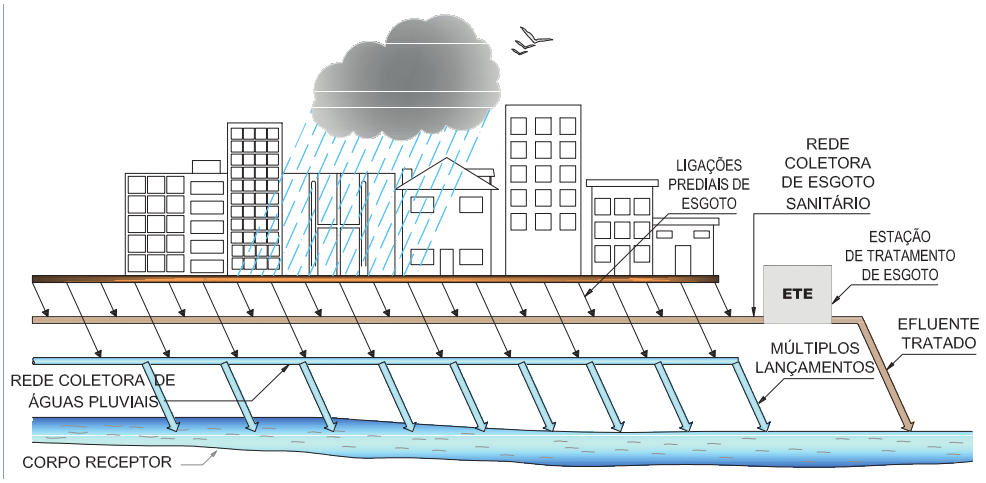


Figura 4 – Sistema separador.

Fonte: Adaptado de Barros, 1995.

Do ponto de vista técnico, representa uma evolução em relação ao sistema unitário. Todavia, necessita de controle para evitar que lançamentos clandestinos de águas pluviais, principalmente o proveniente das áreas particulares internas, sejam encaminhados junto com as águas residuárias para o sistema público de esgotos. Como este controle nem sempre é eficiente na maioria das cidades brasileiras, o sistema separador acaba funcionando, em parte, como um sistema misto.

4.3.3.4 Sistema separador – condominial

Geralmente usado onde há dificuldades de execução de redes ou ramais domiciliares no sistema convencional de esgotamento, proporcionando flexibilidade no serviço e economia na obra, graças às menores extensões e à profundidade da rede coletora que recebe as ligações das edificações atendidas.

É implantado no interior dos lotes em cada quarteirão, ou conjunto de habitações, que irão formar um "condomínio". Os ramais condominiais poderão ser ligados a uma rede coletora de esgoto convencional que esteja nas proximidades, ou então deverão ser encaminhados a uma unidade de tratamento descentralizada de esgoto (Figura 5).

Este modelo apoia-se, fundamentalmente, na combinação da participação comunitária com o uso de tecnologia apropriada.

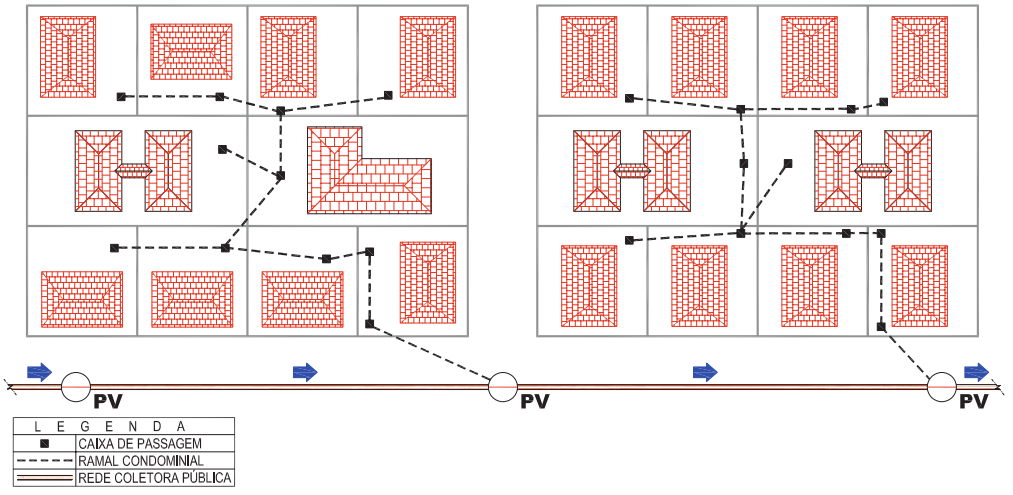


Figura 5 – Sistema condominial.

Fonte: Adaptado de Barros, 1995.

4.4 Características dos esgotos

A característica dos esgotos domésticos varia qualitativamente e quantitativamente de acordo com o uso da água, mas normalmente contém 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além dos micro-organismos. As substâncias componentes da fração sólida dos esgotos dependem dos costumes, da situação social e econômica da população, bem como do clima, entre outros.

Considerando que as características mais acentuadas dos esgotos domésticos estão vinculadas às substâncias presentes nos resíduos descartados por serem inúteis, ou prejudiciais ao funcionamento do organismo, é importante primeiro apresentar as características específicas dos excretas humanos.

4.4.1 Características dos excretas

Embora algumas vezes excretas e excrementos sejam usados como sinônimos, estes termos podem ter significados diferentes na biologia. Contudo, no saneamento tradicionalmente se usa excreta para os dejetos compostos por fezes e urina.

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 micro-organismos também estão presentes. Na urina são eliminadas algumas substâncias, como a ureia, resultantes das transformações químicas (metabolismo) de compostos nitrogenados (proteínas).

As fezes e principalmente a urina contêm grande porcentagem de águrea, além de matérias orgânica e inorgânica. Nas fezes estão cerca de 20% de matéria orgânica dos excretas, enquanto na urina 2,5%.

Os micro-organismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, sendo que os coliformes (*Escherichia coli, Aerobacter aerogenes* e *Aerobacter cloacae*) estão presentes em grande quantidade, podendo atingir 1 bilhão por grama de fezes.

4.4.1.1 Disseminação no ambiente

A disseminação no meio ambiente ocorre com o despejo inadequado dos excretas de forma direta ou indireta deste componente principal nos esgotos domésticos. Na forma direta, a preocupação com a disseminação dos excretas direciona-se principalmente com os organismos patogênicos e as consequências nocivas à saúde dos seres humanos. Na forma indireta, as consequências ambientais são mais significativas, pois, além daqueles micro-organismos, eventualmente carregam substâncias tóxicas e outros elementos em concentrações prejudiciais.

A natureza, no geral, promove o processo 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.

a) **Disseminação no solo**.

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.

b) **Disseminação em águas subterrâneas**.

Como regra geral, é imprevisível estabelecer a disseminação em águas subterrâneas, pois depende de fatores como velocidade do fluxo da água e tipo de solos/rochas presentes. Poderá, entretanto, ser determinada no local, por meio do teste com traçadores, tais como fluoresceína.

4.4.1.2 Estabilização dos excretas

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

Os excretas dispostos adequadamente 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, consequentemente, o seu interior sofrerá decomposição anaeróbia (redução) devido à 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 quanto 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 dias.

Como a decomposição anaeróbia geralmente produz odores, provocados por gases (gás sulfídrico, mercaptanas e outros), 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), e está apresentado no capítulo 2.

4.4.2 Características qualitativas dos esgotos domésticos

As substâncias componentes dos esgotos podem ser representadas por meio de valores médios de alguns parâmetros diretos ou indiretos, divididos em três categorias: físicos, químicos e biológicos. Os principais parâmetros estão descritos a seguir e alguns deles normalmente são usados para definir o potencial poluidor do esgoto e o grau de tratamento necessário.

4.4.2.1 Características físicas

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

a) **Teor de matéria sólida**: todos os contaminantes da água, excetos os gases dissolvidos, formam a carga de sólidos, definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103ºC. É devido a esse percentual (cerca de 0,1% de sólidos nos esgotos) que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de tratar os esgotos. Os sólidos em suspensão têm vinculação direta com a medida de turbidez.

b) **Temperatura:** a temperatura do esgoto é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento e também acima da temperatura do ar, exceto nos meses mais quentes de verão. 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, devido à 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 cinza escura ou preta é típica do esgoto velho.

4.4.2.2 Características químicas

As principais características químicas dos esgotos domésticos podem ser classificadas em dois grupos: matéria orgânica e matéria inorgânica.

4.4.2.2.1 Matéria orgânica

Cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica (sólidos voláteis). Geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio (matéria orgânica carbonácea), e algumas vezes com nitrogênio (matéria orgânica nitrogenada). Representam a fração oxidada (volatilizada) em combustão próxima de 600ºC.

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos por: proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gorduras e óleos (10%) e ureia, surfactantes, fenóis e outros.

- **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.
- **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; provém geralmente do esgoto doméstico devido ao uso de manteiga, óleos vegetais, da carne e outros. Não são desejáveis na rede e nas unidades de tratamento, pois causam entupimentos e formam uma camada flutuante chamada escuma, que dificulta e prejudica a operação.
- **Surfactantes:** são constituídos por moléculas orgânicas com a propriedade de formar espuma no corpo receptor ou na estação de tratamento de esgoto. Normalmente introduzidos pelos detergentes.
- **Fenóis:** são compostos orgânicos originados em despejos industriais.

Na prática, não existe a necessidade de saber qual a composição da matéria orgânica no esgoto, mas sim a sua totalidade, sendo então usados métodos diretos e indiretos para a sua determinação. No método direto é medido o carbônico orgânico total (COT), e no indireto a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO).

a) **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**.

É a forma mais utilizada para se medir de forma indireta a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto ou, em outras palavras, medir a quantidade de oxigênio necessário para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica presente no volume padronizado de uma amostra, pela ação de bactérias aeróbias, num determinado período de tempo e numa dada temperatura. Convencionou-se estabelecer a DBO-padrão como medida da matéria orgânica carbonácea, procedendo-se à análise no quinto dia e mantendo-se durante o teste a temperatura da amostra em 20ºC, passando a ser expressa como DBO_5^{20}. No presente texto, sempre que não houver a indicação dos cinco dias e dos 20ºC, ou seja, se mencionar apenas DBO, entenda-se implicitamente que se está referindo à DBO_5^{20}.

Quanto maior o grau de poluição orgânica, maior será a DBO. A DBO vai reduzindo-se gradativamente durante o processo aeróbio até se anular, quando então a matéria orgânica estará totalmente estabilizada. Normalmente a uma temperatura de 20ºC, e após 20 dias, é possível estabilizar cerca de 99% da matéria orgânica dissolvida ou em estado coloidal presente nos esgotos domésticos. Esta demanda total é chamada de demanda última de oxigênio (DBO_u), cujo valor para os esgotos domésticos é próximo a 1,5 vez a DBO_5^{20}.

Em geral, a DBO é representada por miligrama por litros(mg/l), e nos esgotos domésticos brutos varia entre 200 e 400 mg/L; entretanto, esses valores podem ser bem mais elevados, dependendo da

região e das características do esgoto. Em outras palavras, o número em miligramas indica a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica presente em um litro de esgoto. Lembrando que a estabilização total da matéria orgânica está associada à DBO_u, enquanto a DBO_5^{20} é normalmente usada devido à rapidez na realização do teste.

b) **Demanda química de oxigênio (DQO)**.

Esta indicação, indireta do teor de matéria orgânica presente numa amostra de esgoto, mede o consumo de oxigênio para a sua oxidação química, obtida por meio de um forte oxidante (dicromato de potássio), enquanto na DBO a oxidação é realizada inteiramente pela ação dos micro-organismos.

Apresenta a vantagem de ser rápido, levando-se de 2 a 3 horas para ser realizado, e dá uma boa indicação do oxigênio requerido para a estabilização da matéria orgânica carbonácea (biodegradável e não biodegradável). Todavia, oxida também a fração inerte (constituintes inorgânicos presentes), e, com isto, superestima a quantidade de oxigênio necessário para o tratamento biológico do esgoto. Para o esgoto doméstico bruto, a relação DQO/DBO varia de 1,7 a 2,4, sendo usual adotar o valor de 2,0.

c) **Carbono orgânico total (COT)**.

É uma medição direta em teste instrumental e tem se mostrado satisfatório em amostras com baixa quantidade de matéria orgânica, como, por exemplo, os corpos d'água. Este teste é menos rotineiro em laboratórios convencionais.

d) **Oxigênio dissolvido (OD)**.

Determinação válida e usual para aferir a qualidade dos cursos de água. É um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos.

O valor mínimo de OD para a preservação da vida aquática, estabelecido pela legislação no Brasil, é de 5,0 mg/L, mas existe uma variação na tolerância de uma espécie para outra.

A concentração de oxigênio presente na água varia de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, em que é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

4.4.2.2.2 Nitrogênio

Os testes de nitrogênio vêm sendo cada vez mais utilizados para a caracterização dos esgotos, sendo também indicativos importantes para a manutenção da atividade biológica nos processos de tratamento e no controle da poluição das águas.

No esgoto fresco, o nitrogênio orgânico está combinado sob a forma de proteína e ureia. As bactérias transformam o nitrogênio orgânico em amônia e, posteriormente, na ação de oxidação, em nitritos e depois em nitratos. Assim, a forma predominante do nitrogênio em um curso de água pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição, se recente ou mais remota.

4.4.2.2.3 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos micro-organismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. A relação em peso de DBO/N/P é indicadora da viabilidade do tratamento biológico, sendo que os esgotos domésticos possuem os teores adequados para manter este balanço no tratamento. O fósforo normalmente se apresenta nas formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. No esgoto doméstico a forma mais encontrada é de ortofosfato, que pode entrar diretamente no metabolismo dos seres vivos sem transformação.

Em corpos de água o fósforo em excesso poderá conduzir a crescimento exagerado de algas e ocasionar o fenômeno de eutrofização de lagos e represas.

4.4.2.2.4 Matéria inorgânica

Nos esgotos domésticos, a matéria inorgânica é formada principalmente pela presença de componentes minerais, não incineráveis (areia e outros), dos sólidos em suspensão e de substâncias minerais dissolvidas. Uma parte é proveniente de água de lavagem de ruas e calçadas, bem como de infiltrações e lançamentos indevidos na rede coletora. São chamados de sólidos não voláteis ou fixos.

4.4.2.3 Características biológicas dos esgotos domésticos

As principais características biológicas do esgoto doméstico estão vinculadas aos grupos de micro-organismos presentes, sendo os principais: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas.

Destes grupos as bactérias são as mais importantes, pois são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza quanto nas estações de tratamento. São também forma de alimentação dos protozoários e mantêm o equilíbrio entre as diversas formas de organismos presentes.

4.4.2.3.1 Bactéria aeróbia e anaeróbia

O oxigênio é essencial a todo ser vivo para a sua sobrevivência. Na atmosfera encontramos o oxigênio necessário aos organismos terrestres, enquanto o oxigênio para os organismos aquáticos encontra-se dissolvido na água. Por maior que seja a poluição atmosférica, o teor de oxigênio no ar (21%) não será tão afetado; no entanto, havendo poluição orgânica (pelo lançamento de 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 aeróbias utilizam-se do oxigênio livre na atmosfera ou dissolvidos na água, porém as bactérias anaeróbias para obtê-lo terão que desdobrar (abrir) substâncias compostas. Também existem as bactérias facultativas, que podem viver do oxigênio livre ou combinado. Esses três tipos de bactérias encontram-se normalmente no solo e em corpos de água, e podem ser patogênicos ou saprófitas, que vivem exclusivamente às custas de matéria orgânica morta.

4.4.2.3.2 Indicadores de poluição

Há vários organismos cuja presença em um corpo de água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar, no entanto, a poluição de origem humana, adotam-se os organismos do grupo coliforme fecal, chamados atualmente de coliforme termotolerante, 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 serem de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da contaminação por matéria fecal. Seria por demais trabalhoso e antieconômico realizar análises para determinar a presença de organismos patogênicos no esgoto; em vez disto, faz-se a pesquisa de coliformes, e, quando encontrados nas amostras examinadas, considera-se que os organismos patogênicos também estão presentes.

As técnicas para a detecção de coliformes são rápidas, consistindo na determinação de coliformes fecais (coliformes termotolerantes). Na atualidade, determina-se preferencialmente a presença da *Escherichia coli* para detectar a existência de matéria fecal.

Nos esgotos não há o interesse em se detectar a presença de matéria fecal utilizando os coliformes, uma vez que se sabe, *a priori*, que esgotos domésticos contêm, em essência, matéria excretada. No entanto, os coliformes são usados como indicadores da eficiência de remoção de organismos patogênicos (principalmente bactérias e vírus) no tratamento dos esgotos.

4.4.3 Características quantitativas dos esgotos

A estimativa da quantidade de esgoto gerado é um dado importante para o estudo das alternativas de solução de esgotamento em cada caso analisado, seja o esgoto exclusivamente doméstico nas soluções individuais, seja o esgoto sanitário nos sistemas coletivos. Nos sistemas públicos de esgotos sanitários, além da quantidade média diária de esgoto produzido, a determinação dos valores máximos e mínimos da vazão que chega ao tratamento é necessária para se fazer a verificação no dimensionamento hidráulico e nos parâmetros do processo.

4.4.3.1 Variação de vazão

A variação de vazão do efluente de um sistema de esgoto é função principalmente da oferta de água e dos costumes dos habitantes. Esta variação acontece a cada instante e poderá ter observação horária, semanal ou mensal. Quanto menor for a comunidade, maior variação proporcional acontecerá no fluxo, visto que nas grandes cidades ocorre o amortecimento pelo volume distribuído ao longo da rede e também pela diversidade de costumes.

4.5 Soluções de esgotamento

A melhor maneira de evitar o contato de pessoas com dejetos é a execução de sistemas adequados de coleta, tratamento e destinação final para os esgotos sanitários. Em regiões isoladas e rurais, podem ser usadas: fossas secas ou rudimentares, em que não há água encanada; fossas absorventes, não impermeabilizadas, que recebem o esgoto conduzido com veiculação hídrica em locais com o lençol freático profundo, ou preferencialmente a solução de um conjunto composto de fossas sépticas e sumidouro, ou outra destinação para os efluentes dos tanques sépticos, preconizada em norma. Nos centros urbanos com elevada densidade demográfica, a solução mais indicada é a rede coletora pública de esgoto seguida de estação de tratamento de esgoto, em que este tem suas cargas poluidoras reduzidas antes de ser lançado em algum corpo receptor. No entanto, muitas cidades, ou partes delas, ainda não dispõem de eficientes sistemas públicos coletores de esgoto, sendo indicado o uso das fossas sépticas, as quais, quando não dimensionadas, não executadas e não mantidas de forma adequada, podem resultar em problemas de contaminação ambiental (do solo e da água).

4.5.1 Soluções individuais – domicílios sem abastecimento de água

É a solução utilizada nas regiões isoladas em que não há disponibilidade de água encanada e as residências estão desprovidas de instalações hidráulicas de abastecimento de água. Na descrição abaixo são apresentados alguns exemplos destas soluções.

4.5.1.1 Privada higiênica com fossa seca

A privada de fossa seca é composta por uma casinha, com base e piso, sobre uma fossa seca escavada no solo, destinada a receber somente os excretas, ou seja, não dispõe de veiculação hídrica. Em terreno pouco consistente, o buraco escavado poderá ser revestido com manilhas de concreto armado, tijolos, madeiras e outros materiais disponíveis no local.

As fezes retidas no interior decompõem-se ao longo do tempo por meio do processo de digestão anaeróbia. No geral, esse processo poderá causar mau cheiro devido à fase da digestão ácida (séptica). No início da digestão, há tendência para o desenvolvimento de bactérias próprias do meio ácido, responsáveis pela produção de compostos voláteis malcheirosos, como gás sulfídrico, mercaptanas, ácido caprílico, butírico e outros. Entretanto, com pH elevado, haverá o desenvolvimento de organismos responsáveis pela produção de gases inodoros, como metano e gás carbônico. Serão lançados apenas os dejetos e o papel higiênico (papel de limpeza), recomendando-se a cobertura das fezes no interior da fossa com terra retirada da escavação misturada com cinza, ou cal, para minimizar o odor.

a) **Localização** – lugares livres de enchentes e acessíveis aos usuários. Distante de poços e fontes e em cota inferior a esses mananciais, a fim de evitar a contaminação deles. A distância varia com o tipo de solo e deve ser determinada localmente.

A Figura 6 ilustra exemplo de localização apropriada para privadas higiênicas.

b) **Dimensões** – as dimensões mais usuais da fossa indicada para uma residência unifamiliar são: abertura circular, com 90 cm de diâmetro, ou quadrada, com 80 cm de lado; e a profundidade variando com as características do solo, do nível de água do lençol freático e outros fatores, sendo recomendado valor em torno de 2,50 m.

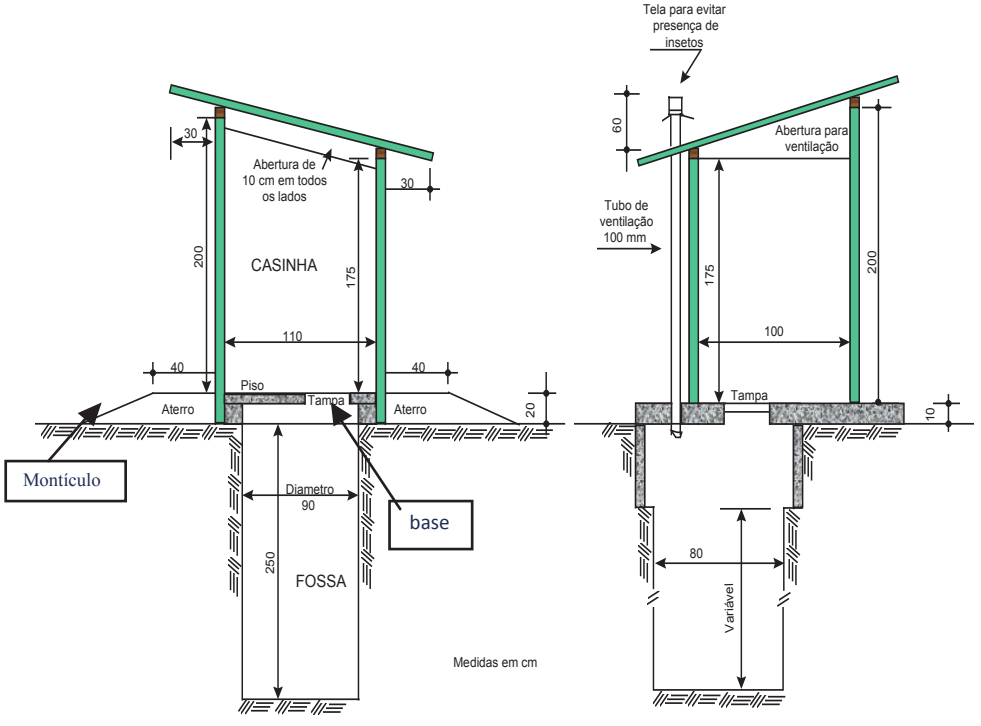
As dimensões do abrigo estão condicionadas ao custo mínimo; entretanto, devem oferecer conforto ao usuário.

A área interna recomendada para o piso é de 1,10 m^2, e a altura das paredes 2,00 m na frente e 1,75 m atrás. A cobertura deverá ter um beiral mínimo de 0,30 m, a fim de proteger as paredes.

As Figuras 7A e 7B mostram as dimensões usuais para a construção desta alternativa.



Figura 6 – Localização apropriada de privadas higiênicas.



(A) (B)

Figura 7 – Privada convencional com fossa seca (A) e privada com fossa seca ventilada (B).

c) **Construção da casinha ou abrigo** – a finalidade da casinha é abrigar o usuário e completar a proteção da fossa. Existe uma grande variedade de materiais empregados na sua construção, com a preferência dada àqueles de maior disponibilidade no local, menor custo e maior resistência. Os materiais comumente usados para as paredes são: tijolos, madeira, adobe, taipa, blocos de concreto, placas de cimento armado e outros; e para os telhados, os mais empregados são: telhas cerâmicas, chapas onduladas de fibrocimento, zinco e alumínio, placas de cimento armado e outros.

A porta é geralmente construída de madeira. Por uma questão de comodidade, deve ser instalada abrindo para fora; contudo, para ficar melhor protegida e ter maior durabilidade, poderá abrir para dentro.

É conveniente que o recinto seja mantido em penumbra, com a porta permanecendo fechada, bem como o buraco no interior da casinha tampado para evitar a presença de moscas.

A fim de evitar acúmulo de gases no interior, recomenda-se instalar tubo de ventilação na fossa junto à parede, com a extremidade superior acima do telhado. Para a ventilação da casinha, além do tubo devem ser deixadas pequenas aberturas no topo das paredes.

- **Base:** a finalidade da base é fazer a distribuição uniforme do peso da casinha sobre o terreno, servir de apoio ao piso e proteger a fossa, impedindo a entrada de pequenos animais (barata, roedores, entre outros). A base deve elevar-se cerca de 20 cm da superfície do solo, empregando-se materiais como tijolos, madeira, concreto armado, blocos de concreto, entre outros, inclusive vigas de concretos pré-fabricado. A Figura 8 ilustra o modelo para base de privada higiênica.

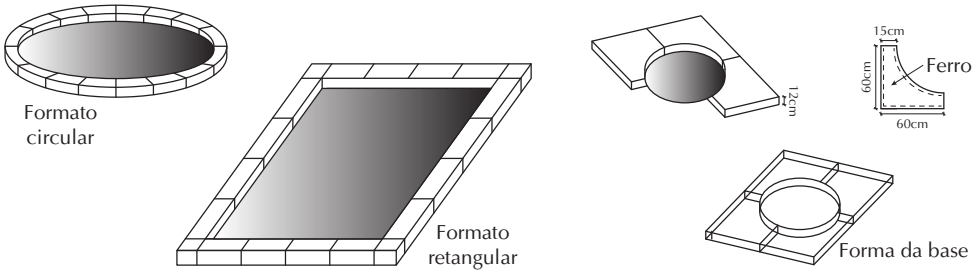


Figura 8 – Base de privada higiênica.

- **Aterro de proteção (montículo):** aproveitando a própria terra retirada na escavação da fossa, fazer um aterro compactado até a altura da base, formando uma plataforma, em torno da privada. Sua finalidade é proteger a base, desviar as águas de chuva e dificultar a penetração de roedores. Para maior durabilidade, é aconselhável gramar o montículo.
- **Piso (laje da privada):** o piso deve ser assentado horizontalmente sobre a base, fazendo a cobertura da fossa. Para suportar o peso do usuário, deve ser construído de material resistente, como concreto armado ou madeira de boa qualidade. O piso dispõe de uma abertura destinada à passagem dos dejetos para dentro da fossa; por motivos de higiene, é preferível não instalar assento sobre ela. Entretanto, deve-se atender aos hábitos e costumes da população. A Figura 9 apresenta modelo de laje de concreto para piso de privada.

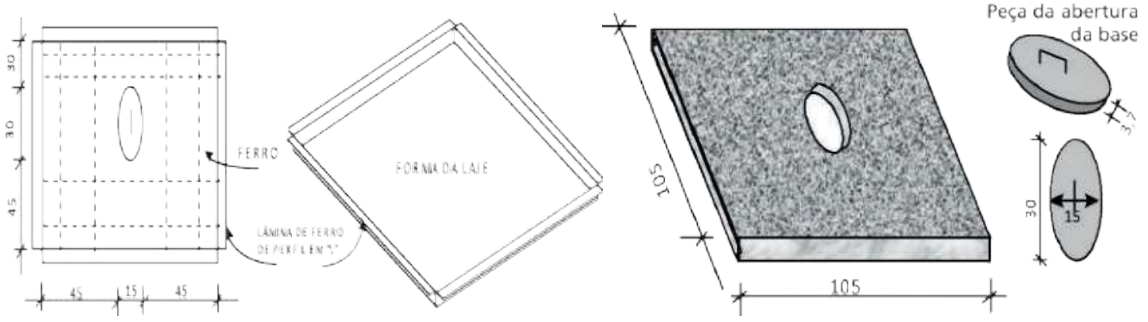


Figura 9 – Laje de concreto para piso de privada.

d) **Casinha ou abrigo pré-fabricado de placas de cimento** – possui paredes e cobertura confeccionadas com placas de cimento armado de 2,5 cm de espessura. Tem custo menor que as casinhas comuns de alvenaria de tijolos em algumas situações, por apresentar a vantagem da construção em série, montagem rápida, boa resistência à intempérie e o melhor aspecto. Na Figura 10 são mostrados o formato de cada placa e a posição de montagem delas para a construção da casinha. Durante a montagem, as placas serão unidas com arame ou argola e gancho (fundidos na própria placa), e o rejuntamento deve ser feito com argamassa de cimento, tomando internamente a forma de bisel.

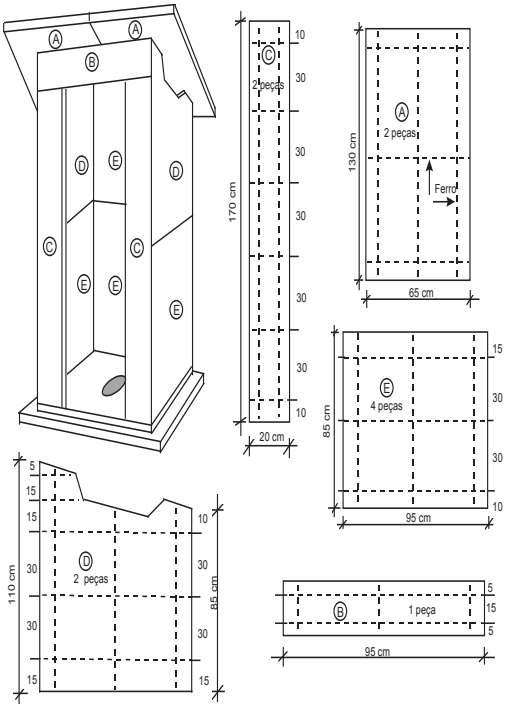


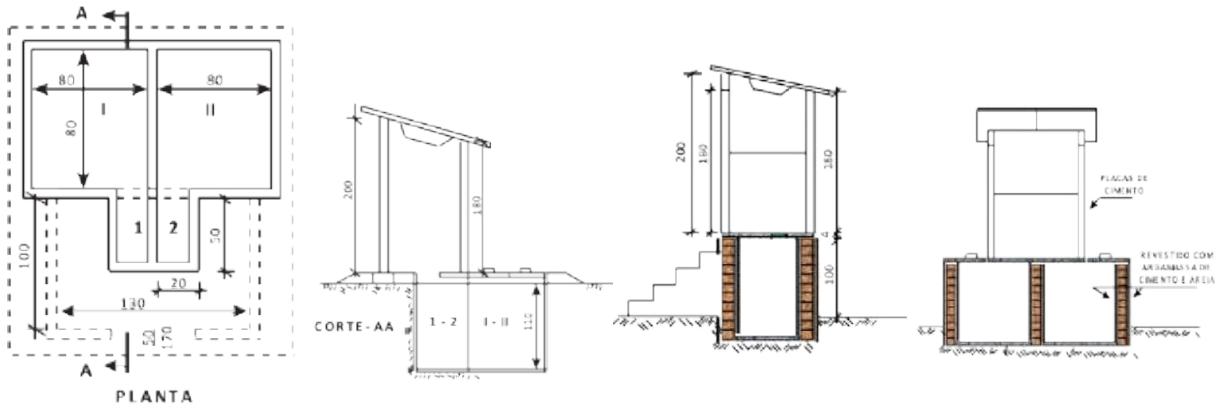
Figura 10 – Casinha pré-fabricada em placas de cimento.

4.5.1.2 Outros tipos de privadas higiênicas – domicílios sem abastecimento de água

Existem outras soluções aplicáveis para o destino adequado dos dejetos nas situações em que o solo é desfavorável à construção de privada de fossa seca, devido a ser pouco permeável, rochoso ou com o lençol freático pouco profundo, bem como há opção indicada para utilização em circunstâncias especiais e temporárias. As soluções tecnicamente recomendadas nestas circunstâncias estão apresentadas abaixo.

4.5.1.2.1 Fossa de fermentação

Consta de duas câmaras (tanques) contíguas e independentes destinadas a receber os dejetos diretamente, sem descarga de água, em condições idênticas à privada de fossa seca. Uma câmara deverá ser usada até esgotar sua capacidade, sendo então isolada para mineralização e posterior retirada do material. Durante esse período será utilizada a outra câmara, e assim sucessivamente. De acordo com o tipo de solo, os tanques poderão ser enterrados, semienterrados ou apoiados na superfície do terreno, sendo construídos de concreto ou alvenaria, totalmente impermeabilizados (Figura 11).



(A) Fossa de fermentação enterrada (B) Fossa de fermentação apoiada no terreno

Figura 11 – Dimensões da fossa de fermentação.

4.5.1.2.2 Privada química

Em eventos de grande concentração populacional, ou para uso temporário e itinerante em feiras, obra em vias públicas, acampamentos, colônias de férias, ônibus, aviões e outros, assim como em situações de emergências e desastres naturais ou não, a solução que tem sido utilizada para o destino dos dejetos é a privada química (Figura 12). Devido ao seu custo elevado, só é aplicável nestas circunstâncias.

É constituída de um tanque cilíndrico, de aço inoxidável, removível, contendo solução de soda cáustica (NaOH), destinado a receber os dejetos procedentes de uma bacia sanitária comum. A soda cáustica no interior do cilindro liquefaz o material sólido e destrói as bactérias, os ovos de helmintos e outros micro-organismos. A dosagem recomendada é de 10 kg de soda cáustica para 50 litros de água.

Periodicamente, o tanque é esvaziado por um caminhão apropriado (limpa-fossa) e reabastecido com nova porção de solução química, recomendando-se cuidados especiais nos pontos de recepção e esvaziamento.



Figura 12 – Privada de fossa química.

4.5.2 Soluções individuais – domicílios com abastecimento de água

No meio rural, em que as residências são isoladas, bem como em áreas de baixa densidade habitacional, os custos de construção de rede coletora de esgoto são elevados, o que inviabiliza sua implantação. Assim sendo, o sistema local de tratamento de esgoto, conforme preconizado em norma brasileira, que tem o tanque séptico como unidade preliminar, seguido de um tratamento complementar, e a disposição final segura do efluente no ambiente, encontram aplicação e continuarão sendo utilizados, pois as corretas construção e operação e a manutenção adequada desta alternativa constitui opção de proteção à saúde e ao ambiente.

O sumidouro é a unidade mais simples para a depuração e a disposição final do efluente do tanque séptico, sendo seu uso favorável onde a capacidade de percolação do solo é elevada e onde o lençol freático é profundo, visto ter construção verticalizada e ainda exigir a distância mínima de 1,5 m do fundo do poço até o aquífero. Nestas regiões de solos com características favoráveis e no meio rural, admite-se o uso de uma fossa absorvente, recebendo diretamente o esgoto doméstico, sem que este tenha passado por um tanque séptico. Esta solução mais econômica continua sendo muito empregada e resolve satisfatoriamente aspectos de saúde pública.

Nos casos em que o solo tem boa capacidade de absorção, porém o lençol freático é raso, uma alternativa viável para o tratamento e a disposição final do efluente do tanque séptico poderá ser a vala de infiltração. Nas situações em que o solo não tenha capacidade de absorção, ou o nível do lençol freático impeça a construção destas duas opções mais simples, a opção recomendada passa a ser a vala de filtração, ou o filtro de areia.

A norma brasileira estabelece outras alternativas técnicas para o tratamento complementar de efluentes líquidos de tanques sépticos: filtro anaeróbio, filtro aerado submerso, lodo ativado por batelada, lagoa com plantas aquáticas. Os mais utilizados destes métodos serão descritos no item 4.5.4 – Tratamento dos esgotos em sistemas coletivos – ETE para pequenas localidades, visto que podem ser empregados como unidades secundárias em processos de tratamento de maior porte.

Outros processos de tratamento de esgotos domésticos de forma descentralizada têm sido ultimamente utilizados, citando como exemplos: círculo de bananeira, fossa verde e outros.

4.5.2.1 Melhoria sanitária domiciliar

Melhorias sanitárias domiciliares (MSD) são intervenções promovidas nos domicílios, com o objetivo de atender às necessidades básicas de saneamento das famílias, por meio de instalações hidrossanitárias mínimas, relacionadas ao uso da água, à higiene e ao destino adequado dos esgotos domiciliares.

O módulo sanitário é uma MSD constituída de uma bacia ou vaso sanitário destinado a recolher os dejetos e permitir seu afastamento por um sistema de transporte hidráulico, dotado de sifão que estabelece um fecho hídrico, impedindo o refluxo de gases provenientes da rede de esgotos, ou do tanque séptico e outras instalações de destino final.

O uso de vaso sanitário exige a instalação de dispositivos para a descarga de água, a qual implica a existência de água encanada na propriedade. Com a existência de instalações hidráulicas no abrigo ou casinha, pode ser instalado um chuveiro para servir também como local de banho.

4.5.2.2 Capacidade ou taxa de absorção do solo

O solo é ótimo para purificar os esgotos domésticos, promovendo uma grande redução dos organismos patogênicos. Estabelecer a capacidade de absorção do solo, ou sua permeabilidade, é imprescindível para a definição da solução adequada na destinação final dos efluentes do tanque séptico e também para a utilização da fossa absorvente.

Os componentes minerais do solo classificados conforme o tamanho dos grãos são: areia, argila e silte. O tamanho das partículas governa o tamanho dos poros do solo, os quais, por sua vez, determi-

nam o movimento da água por meio dele. Quanto maiores as partículas constituintes do solo, maiores os poros e mais rápida será a absorção, ou seja, a permeabilidade, que é a propriedade que representa uma maior ou menor dificuldade com que a percolação da água ocorre por meio dos poros do solo. Nos materiais granulares não coesivos como as areias, por exemplo, há uma grande porosidade, o que facilita o fluxo de água por intermédio do solo, enquanto nos materiais finos e coesivos, como as argilas, ocorre o inverso, por apresentarem baixa permeabilidade.

Entretanto, precauções devem ser tomadas quanto à formação de nitratos no solo a partir da amônia presente nos esgotos, que poderá afetar a água subterrânea utilizada como manancial de abastecimento, especialmente nas áreas em que ocorre grande número de unidades de infiltração por hectare.

a) **Teste de percolação do solo**.

Um ensaio de percolação no solo, ou teste de percolação, é uma forma de avaliar a taxa de absorção ou permeabilidade do solo em uma determinada área. Sua finalidade é fornecer o coeficiente de percolação do solo, o qual é indispensável para o dimensionamento de sumidouros, fossas absorventes e campos de absorção (Figura 13). Um teste prático pode ser feito como segue:

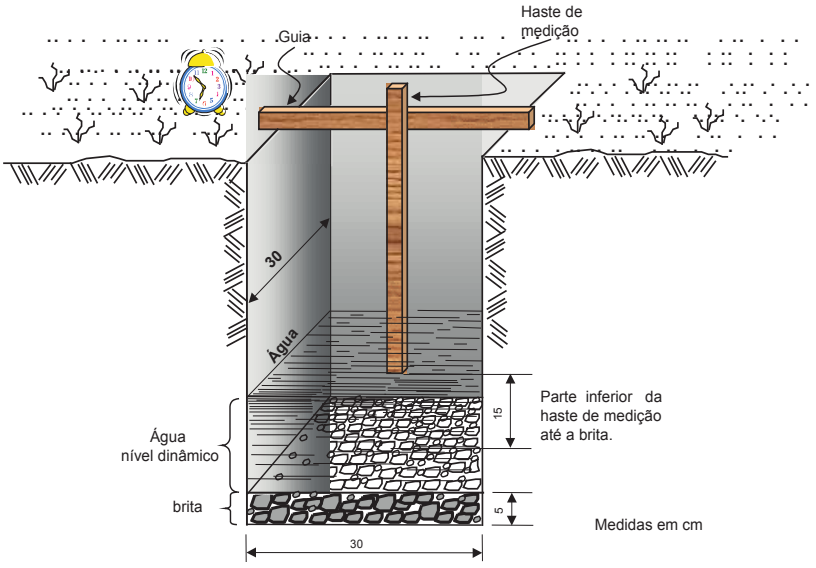


Figura 13 – Teste de percolação.

Execução do teste prático

- Cavar um buraco de 30 cm x 30 cm cuja profundidade deve ser a do fundo da vala, no caso do campo de absorção, ou a profundidade média, em caso de sumidouro e fossa absorvente.
- Colocar cerca de 5 cm de brita miúda no fundo do buraco.
- Encher o buraco de água e esperar que seja absorvida.
- Repetir a operação por várias vezes, até que o abaixamento do nível da água torne-se o mais lento possível.
- Medir, com um relógio e uma escala graduada em centímetros, o tempo gasto, em minutos, para um abaixamento de 1 cm. Este tempo (t) é, por definição, o tempo de percolação (tempo medido à profundidade média).
- De posse do tempo (t), pode-se determinar o coeficiente de percolação.

A Figura 14 apresenta gráfico para determinar o coeficiente de percolação.

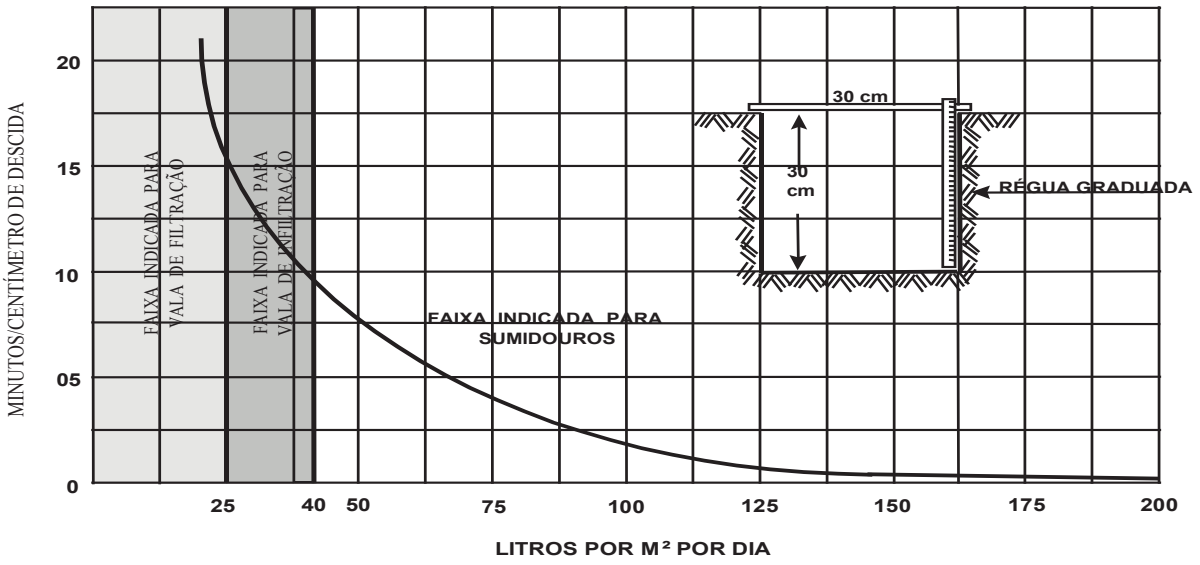


Figura 14 – Gráfico para determinar coeficiente de percolação.

Coeficiente de infiltração

Por definição, o coeficiente de infiltração representa o número de litros que 1 m² de área de infiltração do solo é capaz de absorver em um dia. O coeficiente (C_i) é fornecido pelo gráfico acima ou pela seguinte fórmula:

$$C_i = \frac{490}{t + 2,5} \qquad (01)$$

Onde:

C_i= coeficiente de infiltração (litros/m².dia).

t = tempo de percolação (minuto).

Exemplo 1 – Determinar o coeficiente de infiltração com os seguintes dados.

O teste de infiltração de um terreno indicou o tempo (t) igual a 4 minutos para o abaixamento de 1 cm na escala graduada. Qual o coeficiente de infiltração do terreno?

$$C_i = \frac{490}{t + 2,5} = \frac{490}{4 + 2,5} = \frac{490}{6,5} = 75,4 \text{ litros/m}^2\text{.dia}$$

O coeficiente de infiltração varia de acordo com os tipos de solo. Para a construção de um sumidouro, a absorção relativa deverá ser classificada como rápida ou média, sendo que, para absorção relativa vagarosa e semi-impermeável, adotar vala de infiltração ou vala de filtração. A Tabela 3 define a classificação da absorção relativa em relação aos tipos de solos.

Tabela 3 – Absorção relativa do solo.

Tipos de solos	Coeficiente de infiltração litros/m² x dia	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	Maior que 90	Rápida
Areia fina ou silte argiloso ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
Argila arenosa e/ou siltosa, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60	Vagarosa
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando a rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada.	Menor que 20	Impermeável

Fonte: ABNT, 1993.

4.5.2.3 Tanque séptico

São unidades simples e econômicas de tratamento em nível primário nas quais ocorre, simultaneamente, em câmara única ou em série, a sedimentação dos sólidos sedimentáveis e a digestão anaeróbia do lodo que permanece acumulado no fundo durante alguns meses, tempo suficiente para sua estabilização. Na superfície ficam retidos os sólidos não sedimentados como óleos, graxas, gorduras e outros materiais que formam a escuma, também decomposta anaerobiamente. A Figura 15 ilustra o funcionamento geral de um tanque séptico.

A maior aplicação dos tanques sépticos ocorre em soluções individuais de tratamento, tais como habitação unifamiliar e edificações maiores isoladas, providas com abastecimento de água. Entretanto, poderão ser utilizados em soluções coletivas, especificamente as de pequenas vazões.

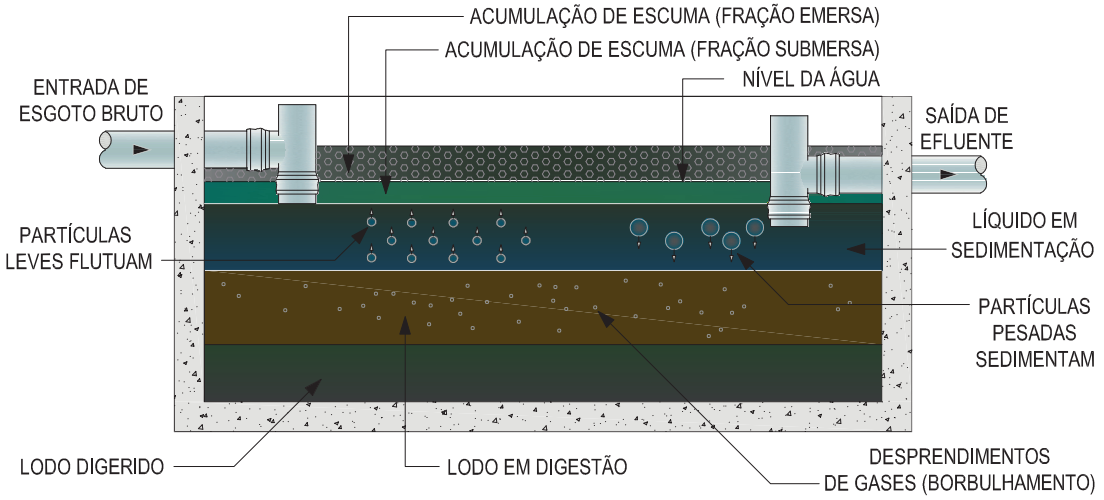


Figura 15 – Funcionamento geral de um tanque séptico.

Fonte: Adaptado de ABNT, 1993.

As fases do processo de tratamento no tanque séptico estão descritas separadamente para facilitar o entendimento; no entanto, acontecem simultaneamente:

- **Retenção:** o esgoto é detido na fossa por um período racionalmente estabelecido, que pode variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes (Tabela 5).
- **Decantação:** simultaneamente à fase de retenção, processa-se uma sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão contidos nos esgotos, formando-se o lodo.
- **Flotação:** parte dos sólidos não decantados, formados por óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases, eleva-se (flota) para a superfície livre do líquido no interior do tanque séptico e é denominada de escuma.
- **Digestão:** tanto o lodo quanto a escuma são atacados por bactérias anaeróbias, provocando uma destruição total ou parcial de organismos patogênicos.
- **Redução de volume:** na digestão, resultam gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e estabilizados.
- **Efluente líquido:** o efluente líquido apresenta ainda elevada DBO; portanto, necessita de disposição cuidadosa para impedir a contaminação de águas subterrâneas e cursos de água.

a) **Afluentes ao tanque séptico**.

O tanque séptico é projetado para receber todos os despejos domésticos (de cozinhas, lavanderias domiciliares, lavatórios, vasos sanitários, banheiros, chuveiros, mictórios, ralos de piso de compartimento interior e outros). Nestas condições, o tratamento de efluentes mais sustentável deve considerar a separação de um ciclo de nutrientes relacionado com a urina e as fezes, denominadas águas negras, e um ciclo de águas cinzas relacionadas às águas de banho, de cozinha e de lavagem de roupas. As águas negras são conduzidas primeiramente ao tanque séptico cujo efluente líquido segue depois para o sumidouro, enquanto para as águas cinzas provenientes da pia da cozinha recomenda-se colocar uma caixa de gordura na saída da habitação, indo em seguida também para o tanque séptico. As águas cinzas originárias de banho e de lavagem juntam-se numa caixa de passagem, que daí poderão ser conduzidas diretamente para o sumidouro ou serem reaproveitadas.

- **Caixa de gordura:** as águas servidas, destinadas aos tanques sépticos e ramais condominiais, devem passar por uma caixa especialmente construída com a finalidade de reter as gorduras. Essa medida tem por objetivo prevenir a colmatação dos sumidouros e obstrução dos ramais condominiais. Uma caixa de gordura para residência unifamiliar tem dimensões sugeridas na Figura 16. Para maior número e outros estabelecimentos, o seu volume deverá ser definido conforme norma.

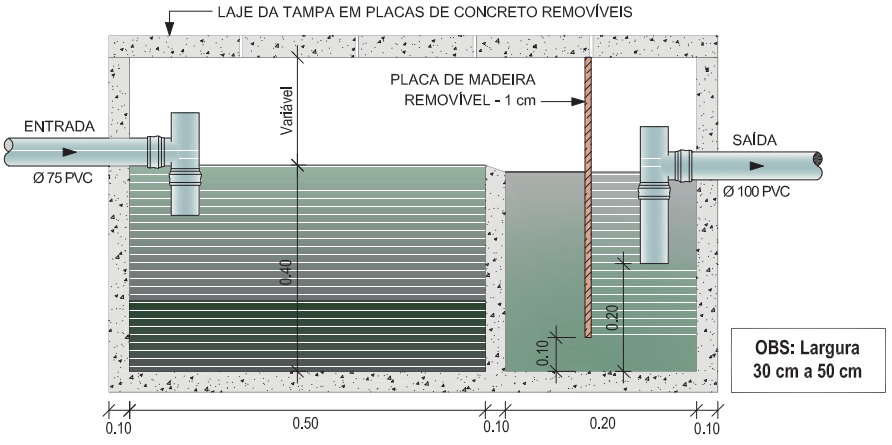


Figura 16 – Caixa de gordura .

b) **Dimensionamento**.

Fórmula de cálculo do volume requerido para o tanque séptico, conforme a norma brasileira.

$$V = 1000 + N (C . T + K . L_f) \quad (02)$$

Onde:

V = volume útil, em litros.

N = número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = contribuição de esgoto, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Tabela 4).

T = período de detenção, em dias (Tabela 5).

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 6).

L_f = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia ou em litro/unidade x dia (Tabela 4).

A Tabela 7 apresenta a profundidade útil mínima e máxima por faixa de volume útil.

Tabela 4 – Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto (C)	Contribuição de lodo fresco (Lf)
1. Ocupantes permanentes			
• Residência:			
- Padrão alto.	Pessoa/litros	160	1
- Padrão médio.	Pessoa/litros	130	1
- Padrão baixo.	Pessoa/litros	100	1
- Alojamento provisório.	Pessoa/litros	80	1
2. Ocupantes temporários			
• Fábrica em geral.	Pessoa/litros	70	0,3
• Escritório.	Pessoa/litros	50	0,2
• Edifícios públicos ou comerciais.	Pessoa/litros	50	0,2
• Escola (externatos) e locais de longa permanência.	Pessoa/litros	50	0,2
• Bares.	Pessoa/litros	6	0,1
• Restaurantes e similares.	Refeições	25	0,1
• Cinema, teatros e locais de curta permanência.	Lugar	2	0,02
• Sanitários públicos*.	Vaso	480	4

Fonte: ABNT, 1993.
Nota: * Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro publico, estádio etc.).

Tabela 5 – Período de detenção (T) dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção (T)	
	Dias	Horas
Até 1.500	1,00	24
De 1.501 a 3.000	0,92	22
De 3.001 a 4.500	0,83	20
De 4.501 a 6.000	0,75	18
De 6.001 a 7.500	0,67	16
De 7.501 a 9.000	0,58	14
Mais que 9.000	0,5	12

Fonte: ABNT, 1993.

Tabela 6 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura Ambiente (t), em °C		
	t≤10	10≤t ≤20	t>20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: ABNT, 1993.

Tabela 7 – Profundidade útil mínima e máxima por faixa de volume útil.

Volume útil (m^3)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais de 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT, 1993.

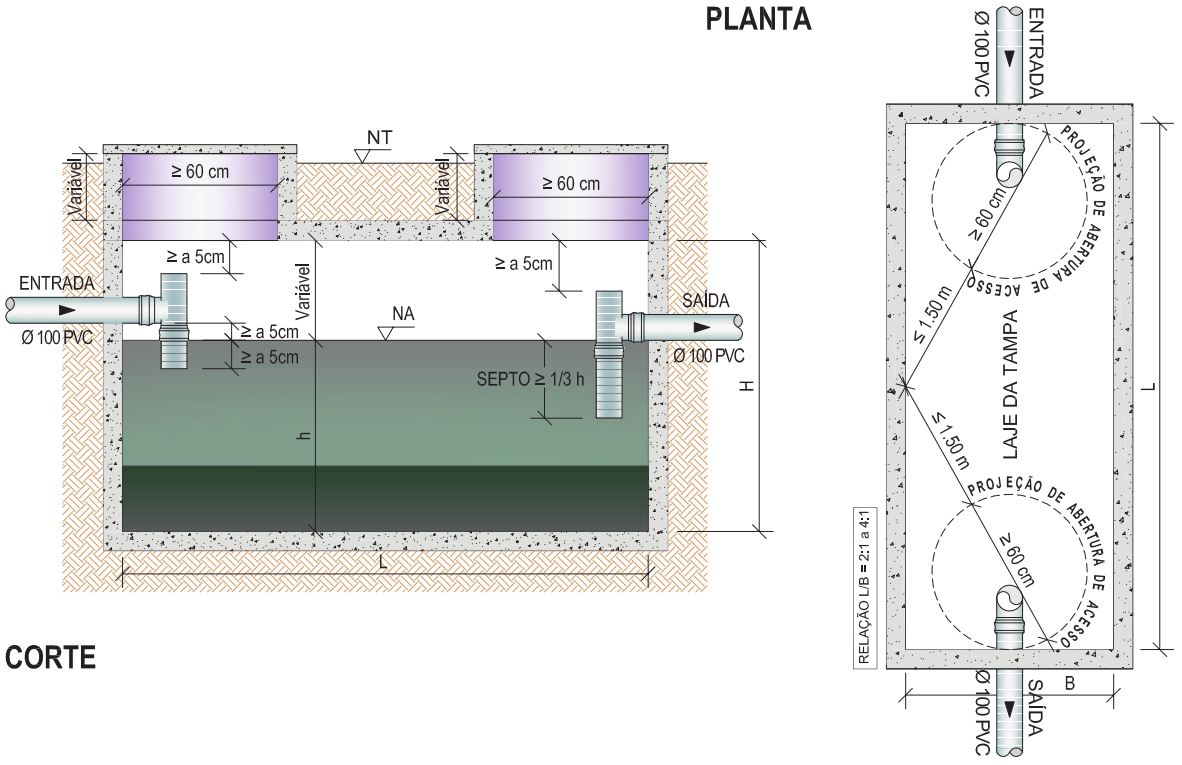


Figura 17 – Tanque séptico prismático de uma câmara.

Fonte: Adaptado de ABNT, 1993.

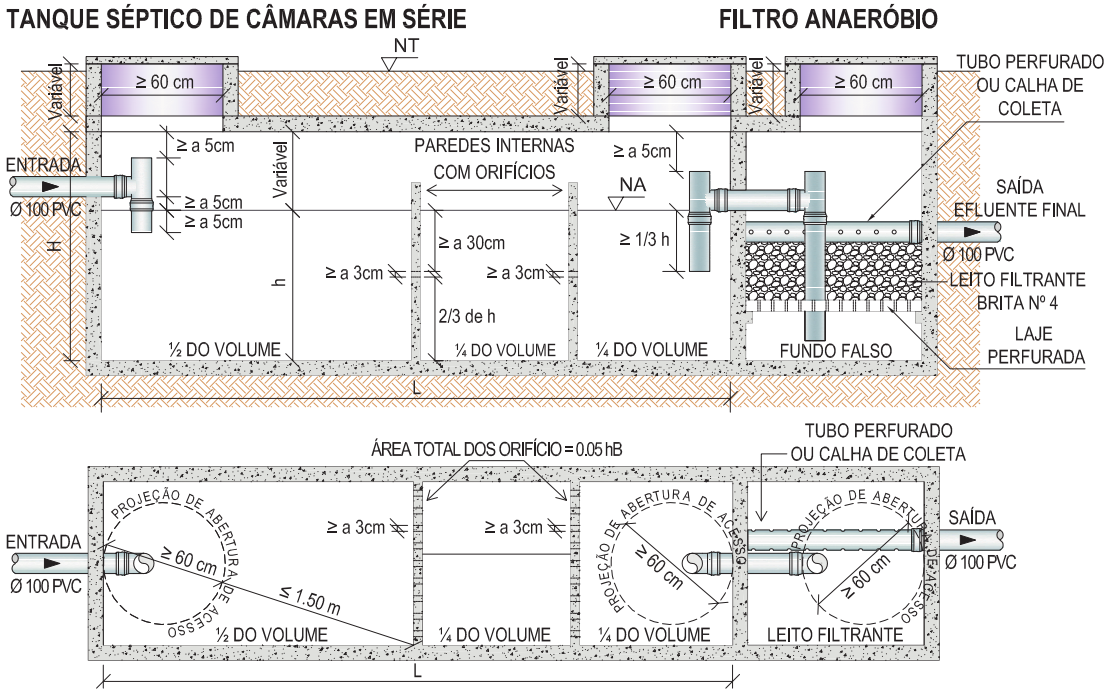


Figura 18 – Tanque séptico prismático de câmaras em série seguidas de filtro anaeróbio.

Fonte: Adaptado de ABNT, 1993.

c) **Disposição do efluente líquido dos tanques sépticos**.

O efluente líquido do tanque séptico tem aspecto e cheiro desagradáveis, concentração elevada de DBO e é potencialmente contaminado devido à presença de bactérias em grande quantidade, inclusive patogênicas não eliminadas na fase anaeróbia**,** exigindo, por estas razões, uma solução eficiente de sua disposição.

Os processos eficientes e econômicos de disposição do efluente líquido das fossas sépticas estão estabelecidos pela norma brasileira, sendo recomendado o tratamento complementar em filtro anaeróbio e mais usual a disposição final em sumidouro, vala de infiltração, vala de filtração e filtro de areia.

A escolha do processo a ser adotado deve considerar os seguintes fatores: a natureza, a utilização e a densidade de ocupação do solo; a profundidade do lençol freático; o grau de permeabilidade do solo; a utilização e a localização da fonte de água de subsolo utilizada para consumo humano; o volume e a taxa de renovação das águas de superfície.

d) **Disposição do lodo e escuma**.

A parte sólida retida nas fossas sépticas (lodo) deverá ser removida periodicamente, de acordo com o período de armazenamento estabelecido no cálculo destas unidades. A falta de limpeza no período fixado acarretará diminuição acentuada da sua eficiência. O gerenciamento do lodo dos tanques sépticos é uma atividade que deve ter a preocupação de técnicos e autoridades.

Um pequeno número de tanques sépticos instalados isoladamente e de pouca capacidade não traz problemas para a disposição do lodo. Nestes casos, o lançamento no solo, a uma profundidade mínima de 0,60 m, poderá ser uma solução viável, desde que o local escolhido não atinja o lençol freático e crie um problema sanitário.

Para um grande número de tanques sépticos, ou unidades de grande capacidade, o lodo não poderá ser lançado no solo, mas sim encaminhado para um leito de secagem, ou retirado por caminhões limpa-fossa e lançado em estações de tratamento de esgotos, com autorizações preestabelecidas. O lodo retirado do leito de secagem poderá ser enviado para aterros sanitários ou encaminhado para compostagem e posterior utilização agrícola controlada.

Não é admissível o lançamento de lodo e escuma removidos dos tanques sépticos, nos corpos de água ou nas galerias de águas pluviais.

e) **Eficiência.**

A eficiência do tanque séptico é normalmente expressa em função dos parâmetros comumente adotados nos diversos processos de tratamento. Os mais usados são os sólidos em suspensão e a DBO. As quantidades de cloretos, nitrogênio amoniacal, material graxo e outras substâncias podem interessar em casos particulares.

- **Sólidos em suspensão:** o tanque séptico, projetado e operado racionalmente, poderá obter redução de sólidos em suspensão em torno de 60%.
- **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO):** a remoção de DBO poderá alcançar os percentuais variando de 30% a 45%.
- **Coliformes fecais ou termotolerantes (CF):** a remoção de coliformes fecais alcança percentuais de 25% a 75%.
- **Influência de outras substâncias:** estudos realizados demonstraram não haver qualquer evidência de que os sabões e detergentes usualmente utilizados nas residências, nas proporções em que normalmente são encontrados nos esgotos, possam ser nocivos para o funcionamento dos tanques sépticos. No entanto, sob nenhum propósito deverão ser lançadas, nos tanques, soluções de soda cáustica, que, além da interferência em sua eficiência, provocarão a colmatação dos solos argilosos.

f) **Operação e manutenção**.

Para que ocorra um bom funcionamento, o tanque séptico deve ser completado com água a fim de detectar possíveis vazamentos, antes de entrar em operação. Os sumidouros, ou as fossas absorventes, ou as valas de infiltração, ou as valas de filtração, devem ser inspecionados semestralmente, e, percebendo-se a redução da capacidade de absorção, novas unidades deverão ser construídas.

O procedimento para a remoção do lodo do tanque séptico deve ocorrer de forma rápida e sem contato com o operador. Para isso, recomenda-se a introdução de um mangote, por meio da tampa de inspeção, para sucção por bombas.

Contudo, tanto o tanque séptico quanto o sumidouro ou a fossa absorvente, quando abandonados, deverão ser preenchidos com terra ou pedra.

- **Procedimentos práticos para a limpeza na indisponibilidade de caminhão limpa-fossa:**
  - Para a limpeza do tanque séptico, escolher as horas em que ele não recebe despejos.
  - Abrir a tampa de inspeção e deixar ventilar bem. Não acender fósforo ou cigarro, pois o gás acumulado no interior do tanque séptico é explosivo.
  - Levar para o local em que o tanque séptico está instalado um carrinho sobre o qual está montada uma bomba diafragma, para fluidos, de diâmetro de 75 a 100 mm na sucção, manual ou elétrica.
  - O mangote será introduzido diretamente na caixa de inspeção ou tubo de limpeza, quando existir.
  - O lodo retirado progressivamente do tanque séptico será encaminhado para um leito de secagem ou para um carro-tanque especial, que dará o destino sanitariamente adequado.
  - Se o lodo do tanque séptico ficar endurecido, adicionar água e agitar com agitador apropriado.
  - Deixar cerca de 10% de volume do lodo (o qual está ainda ativo) para facilitar o reinício do processo, após a limpeza.
  - No fim dessa operação, fazer a higienização do local e dos equipamentos utilizados.

4.5.2.4 Sumidouro

Os sumidouros, também conhecidos como poços absorventes, são escavações feitas no terreno para disposição final do efluente de tanque séptico, que se infiltram no solo por meio da área vertical – parede (Figura 19).

a) **Dimensionamento do sumidouro**.

As dimensões dos sumidouros são determinadas em função da área de infiltração necessária (m^2), que depende da capacidade de absorção do terreno (Tabela 3), e calculada pela fórmula:

$$A = \frac{V}{Ci} \qquad (03)$$

Onde:

A = área de infiltração em m^2 (superfície lateral). Como segurança, a área do fundo não deverá ser considerada, pois logo se colmata.

V = volume de contribuição diária de esgotos em litros/dia, que resulta da multiplicação do número de contribuintes (N) pela contribuição unitária de esgotos (C), conforme Tabela 6.

C_i = coeficiente de infiltração ou percolação (litros/m^2 x dia) obtido no gráfico da Figura 14.

Conhecida a área necessária, calcula-se a profundidade do sumidouro cilíndrico através da fórmula:

$$h = \frac{A}{\pi \cdot D} \qquad (04)$$

Onde:

h = profundidade necessária em metros.

A = área necessária em m^2.

□ = constante 3,14.

D = diâmetro adotado em metros.

b) **Detalhes construtivos**.

O sumidouro deve ser construído com paredes de alvenaria de tijolos ou blocos, assentes com juntas livres, ou de anéis (ou placas) pré-moldados de concreto, convenientemente furados. Devem ter no fundo enchimento de cascalho, brita nº 3 ou nº 4, com altura igual ou maior que 0,50 m.

A laje de cobertura do sumidouro deve ficar acima do nível do terreno, construída em concreto armado e dotada de abertura de inspeção de fechamento hermético, cuja menor dimensão será de 0,60 m. Em torno da laje recomenda-se fazer um aterro compactado, formando uma plataforma, com a finalidade de proteger a base, desviar as águas de chuva e dificultar a penetração de roedores.

Na construção do sumidouro, manter a distância mínima de 1,50 m entre o fundo do poço e o nível do lençol freático. Não atendida esta exigência, a altura útil do sumidouro deverá ser reduzida, aumentando-se o número destes, a fim de obedecer a área vertical (parede), inicialmente calculada. Quando for necessária a construção de dois ou mais sumidouros, a distância mínima entre eles deverá ser de 3,00 m, no mínimo, e a divisão do esgoto feita por meio de caixa de distribuição. Dependendo da situação local, poderá ser adotada alternativa com geometria diferente, desde que mantenha a área lateral calculada.

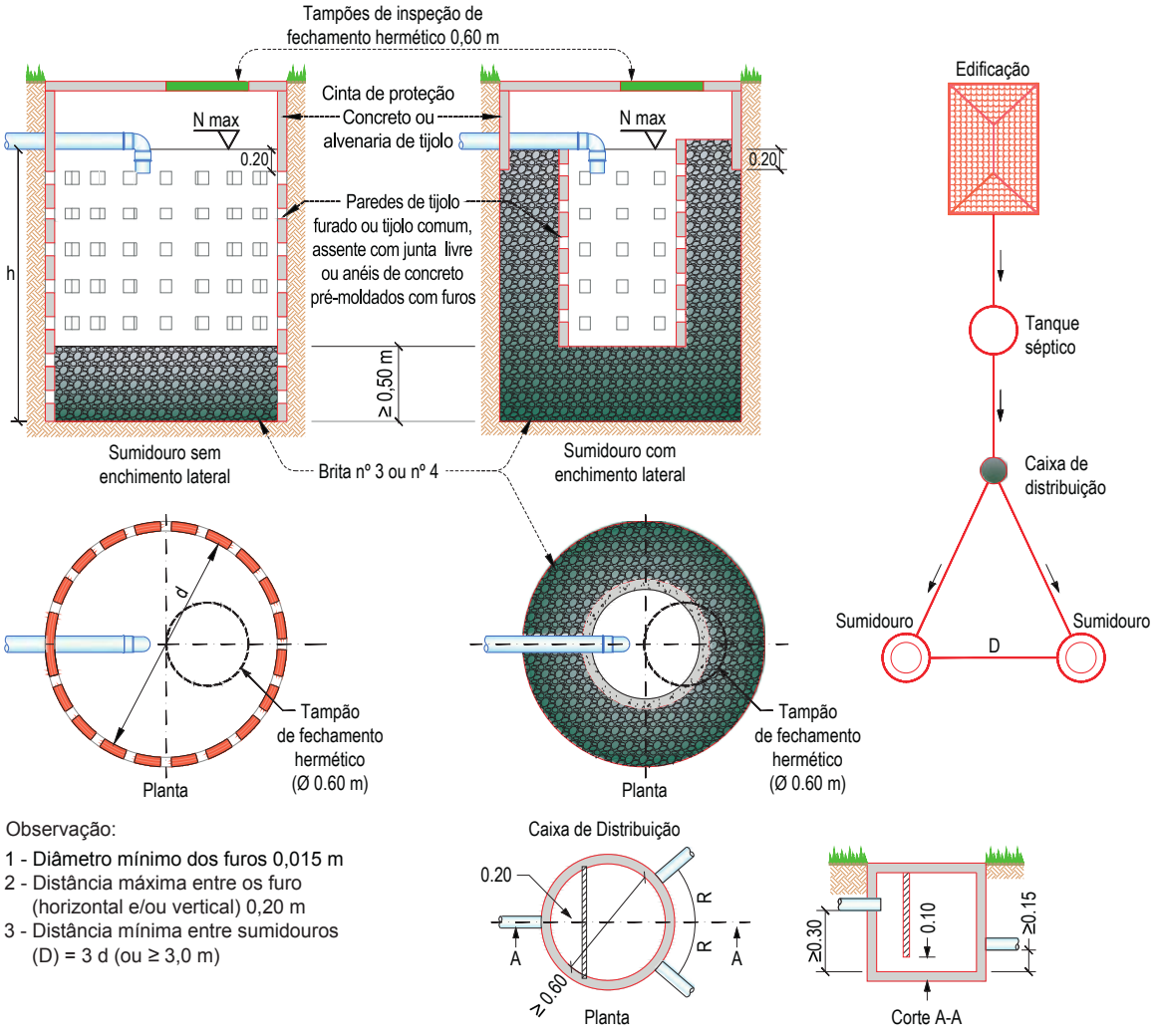


Figura 19 – Sumidouro cilíndrico.

Fonte: Adaptado de ABNT, 1993.
Obs.: 1. Distância máxima na horizontal e vertical entre furos é de 0,20 m.
2. Diâmetro mínimo dos furos é de 0,015 m.

Exemplo 2 – Dimensionamento de sumidouro.

Uma casa com oito pessoas contribui com 1.200 litros de efluente por dia. Calcular a área necessária das paredes do sumidouro, sabendo-se que o coeficiente de infiltração (C_i) do terreno é de 75,4 litros/m²/dia (determinado no exemplo 1).

$$A_f = \frac{V_e}{C_i}$$

Onde:

A_f = área de infiltração (m²)

V_e = volume de efluente diário (litros/dia)

$$A_f = \frac{1200}{75,4} = 15,90 \text{ m}^2$$

Calcular a profundidade do sumidouro de forma cilíndrica com 1,50 m de diâmetro.

$$A_f = \square \,.\, D \,.\, h \;\therefore\; h = \frac{A_f}{\square \,.\, D}$$

Onde:

D = diâmetro do sumidouro (m).

h = profundidade do sumidouro (m).

$$h = \frac{15{,}90}{3{,}14 \,.\, 1{,}50} = 3{,}37\ m$$

4.5.2.5 Fossa absorvente

As fossas absorventes são unidades de tratamento que continuam sendo muito empregadas no meio rural e eventualmente em zonas suburbanas de regiões com solos de características favoráveis (estáveis e permeáveis). Recebem diretamente os esgotos das habitações; portanto, respondem pelas funções desempenhadas pela fossa séptica e pelo sumidouro.

Devido à maior quantidade de sólidos em suspensão, à matéria orgânica em digestão e ao lodo digerido acumulado em seu interior, ocorre a colmatação do solo mais rapidamente do que nos sumidouros construídos pós-tanques sépticos. Verificando-se a perda da capacidade de infiltração no solo, ou quando a fossa absorvente ficar cheia de lodo, constrói-se outra fossa absorvente para receber os esgotos. A fossa anterior poderá voltar a ser usada, após o tempo de mineralização da matéria orgânica depositada, e assim sucessivamente.

4.5.2.6 Vala de infiltração

O sistema de vala de infiltração consiste em um conjunto de canalizações assentado a uma profundidade determinada, em um solo cujas características permitam a absorção do efluente do tanque séptico. A percolação do líquido por meio do solo permitirá a mineralização do esgoto, antes que este se transforme em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície. A área por onde são assentadas as canalizações de infiltração também é chamada de campo de infiltração.

Baseado nos mesmos princípios do poço absorvente, diferindo deste por ter construção horizontalizada com tubulação perfurada de distribuição envolvida em material granular e digestão aeróbia da matéria orgânica no interior da vala, a vala de infiltração exige boa disponibilidade de área e aplicação intermitente em cada galeria para melhor eficiência e durabilidade do sistema de infiltração.

a) **Dimensionamento**.

Para determinação da área de infiltração do solo e, consequentemente, o comprimento total da vala, utiliza-se a mesma fórmula do sumidouro, ou seja: $A = V/C_i$, considerando que a área encontrada refere-se apenas ao fundo da vala e observando as seguintes orientações:

- Em valas escavadas em terreno, com profundidade entre 0,60 m e 1,00 m, largura mínima de 0,50 m e máxima de 1,00 m, devem ser assentados em tubos de drenagem com diâmetro mínimo 100 mm.
- A tubulação deve ser envolvida em material filtrante apropriado, recomendado para cada tipo de tubo de drenagem empregado, sendo que sua geratriz deve estar a 0,30 m acima do fundo da vala com 0,50 m de largura, ou 0,60 m do fundo, para valas de até 1,00 m de largura. Sobre a camada filtrante deve ser colocado geotêxtil, membrana plástica, filme de termoplástico ou similar, antes de ser efetuado o enchimento restante da vala com terra.
- A declividade da tubulação deve ser de 1:300 a 1:500.
- Deve haver pelo menos duas valas de infiltração para disposição do efluente de um tanque séptico.

- O comprimento máximo de cada vala de infiltração é de 30 m.
- O espaçamento mínimo entre as laterais de duas valas de infiltração é de 1,00 m.
- O trecho de tubo entre o tanque séptico e o início da tubulação nas valas de infiltração deve ser estanque.

b) **Detalhes construtivos**.

A instalação de um sistema de tratamento composto de tanque séptico e valas de infiltração deve ser executada conforme Figura 20.

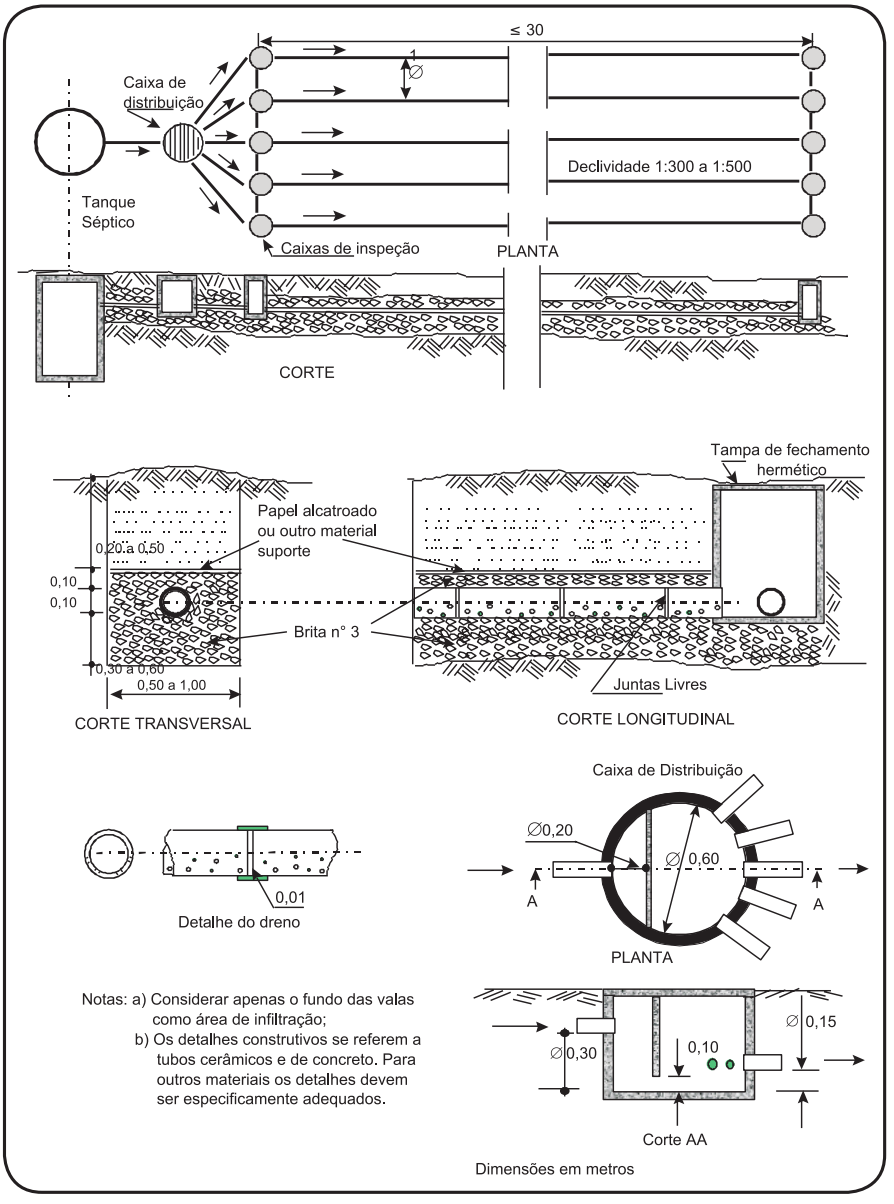


Figura 20 – Desenho esquemático de instalação de tanque séptico e valas de infiltração.

Fonte: ABNT, 1997.

Exemplo 3 – Dimensionamento de vala de infiltração.

O efluente diário de um tanque séptico é de 2.100 litros, e o coeficiente de infiltração do terreno é de 68 litros/m^2/dia. Dimensionar o campo de absorção.

$$A = \frac{V}{C_i} = \frac{2100}{68} = 30{,}9\ m^2$$

Adotando-se a largura de 0,60 m para a vala de infiltração e considerando a área encontrada acima, o comprimento do campo de absorção será 30,9 m²/0,6 m = 51,15 m ≈ 51,0 m.

Atendendo à orientação de que o comprimento máximo de cada vala seja de 30 m, poderão ser construídos dois ramais com 25,50 m, ou três ramais com 17,0 m, cada, dependendo das condições do terreno.

4.5.2.7 Valas de filtração e filtros de areia

Este processo de tratamento de efluente do tanque séptico deve ser empregado quando o tempo de infiltração do solo não permite adotar outro sistema mais econômico, sumidouro ou vala de infiltração, e/ou quando há risco de poluição do lençol freático. Consiste na instalação de duas canalizações superpostas, com a construção semelhante à vala de infiltração. Constrói-se uma canalização superior de distribuição e outra inferior de coleta, introduzindo-se um meio filtrante de areia grossa entre as tubulações. Esta solução permite nível elevado de remoção de matéria orgânica no efluente, podendo este ser disposto no ambiente ou eventualmente reutilizado.

a) **Dimensionamento**.

No dimensionamento deverão ser consideradas as seguintes recomendações:

- A profundidade da vala varia entre 1,20 m e 1,50 m, e a largura no fundo é de 0,50 m.
- Uma tubulação de drenagem com DN 100 é assentada no fundo da vala.
- A canalização receptora deve ser envolvida por uma camada de brita nº 1 ou seixo rolado, vindo em seguida a aplicação de uma camada, não inferior a 0,50 m de espessura, com areia grossa que se constitui no leito filtrante.
- Sobre a camada de areia deve ser assentada uma tubulação do tipo drenagem, DN 100 mm, para a distribuição do efluente do tanque séptico.
- Uma camada de seixo ou pedra britada é colocada sobre a tubulação de distribuição, recoberta em toda a extensão da vala com filme plástico ou similar, complementando o enchimento da vala com uma camada de terra.
- Nas extremidades das valas de filtração devem ser instaladas caixas de inspeção.
- A declividade das tubulações deve ser de 1:300 a 1:500.
- O efluente do tanque séptico deve ser distribuído equitativamente pelas valas de filtração, por meio de uma caixa de distribuição.
- As valas de filtração devem ter a extensão mínima de 6 m por pessoa, ou equivalente, não sendo admissível menos de duas valas para um tanque séptico.
- Em solos arenosos, as tubulações de distribuição e de coleta poderão ser construídas em duas valas próximas e paralelas com profundidade menor na de distribuição e maior na de coleta, sendo que a distância horizontal entre a tubulação de distribuição e a tubulação de drenagem deve variar entre 1,00 m e 1,50 m, e a diferença no nível entre elas deve ser no mínimo 0,20 m.
- O trecho de tubo entre o tanque séptico e o início da tubulação nas valas de infiltração deve ser estanque e dotado de caixas de inspeção nas deflexões.

b) **Detalhes construtivos**.

A instalação de um sistema de tratamento composto de tanque séptico e valas de filtração poderá ser executada conforme os esquemas da Figura 21.

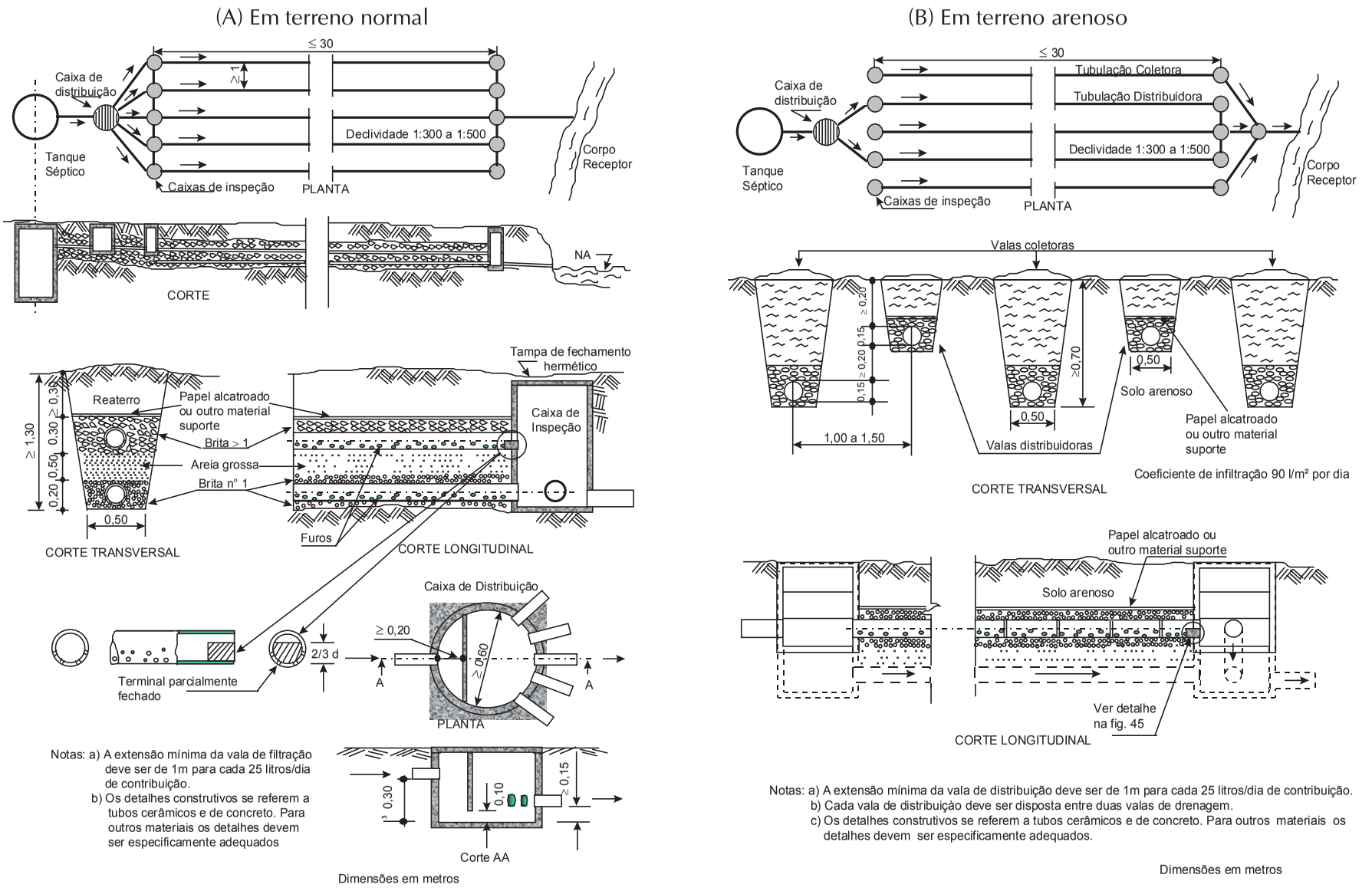


Figura 21 – Valas de filtração.

Fonte: ABNT-NBR 13969/1997.

Os filtros de areia são unidades construídas em concreto ou alvenaria sobre o solo, semienterrados ou enterrados, com o formato cilíndrico ou retangular, em substituição a valas de filtração nas situações em que não é possível a implantação destas. Sendo unidades abertas, deve-se tomar cuidado para que recebam somente o efluente do tanque séptico e as precipitações pluviométricas diretas sobre o leito. O dimensionamento e o projeto devem considerar a taxa de aplicação, a especificação do material filtrante, a garantia da manutenção da condição aeróbia e a intermitência na aplicação do esgoto com a alternância de uso entre o mínimo de duas unidades.

Existem unidades pré-fabricadas de filtros compactos tipo pressão que cumprem as funções dos filtros de areia, ou de valas de filtração, que poderão ser empregados dependendo das condições locais, da concepção do projeto e do custo.

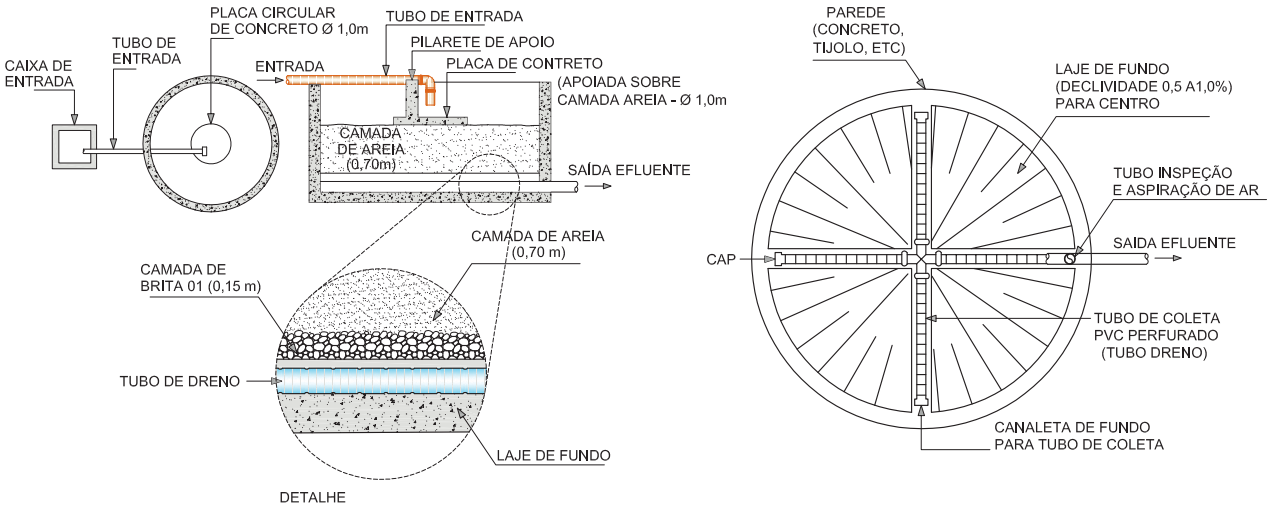


Figura 22 – Filtro de areia formato circular.

Fonte: Adaptado de ABNT-NBR 7229/1993.

4.5.2.8 Outras soluções individuais de esgotamento – domicílios com abastecimento de água

O desenvolvimento de pesquisas voltadas a encontrar soluções de esgotamento sanitário adequadas à realidade da população dispersa, que contemplem a particularidade local e que tenham como valor fundamental a relação homem-natureza, preservando o ambiente, resulta em algumas experiências bem-sucedidas, entre as quais a tecnologia alternativa denominada de biorremediação vegetal (fossa verde), o círculo de bananeira, a permacultura e outros.

4.5.2.8.1 Biorremediação vegetal (fossa verde)

A categoria de biorremediação vegetal surge como alternativa ecológica e de baixo custo para o tratamento de efluente domiciliar, no qual as águas e os compostos nutricionais provindos do esgoto são reaproveitados para o cultivo de plantas. A fossa verde consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara, em que os furos dos tijolos ficam, preferencialmente, inclinados em um ângulo de aproximadamente 30º (Figuras 23 e 24). O esgoto é direcionado para dentro da câmara e, em seguida, passa a escoar para a parte externa dessa estrutura, preenchida por materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e material terroso, em que são cultivadas as plantas. A digestão anaeróbia, associada ao tanque séptico, consome a matéria orgânica proveniente do dejeto

domiciliar, em conjunto com a ação de micro-organismos aeróbios na zona de raízes das plantas. A água é usada de modo consuntivo pela vegetação e sofre evapotranspiração.

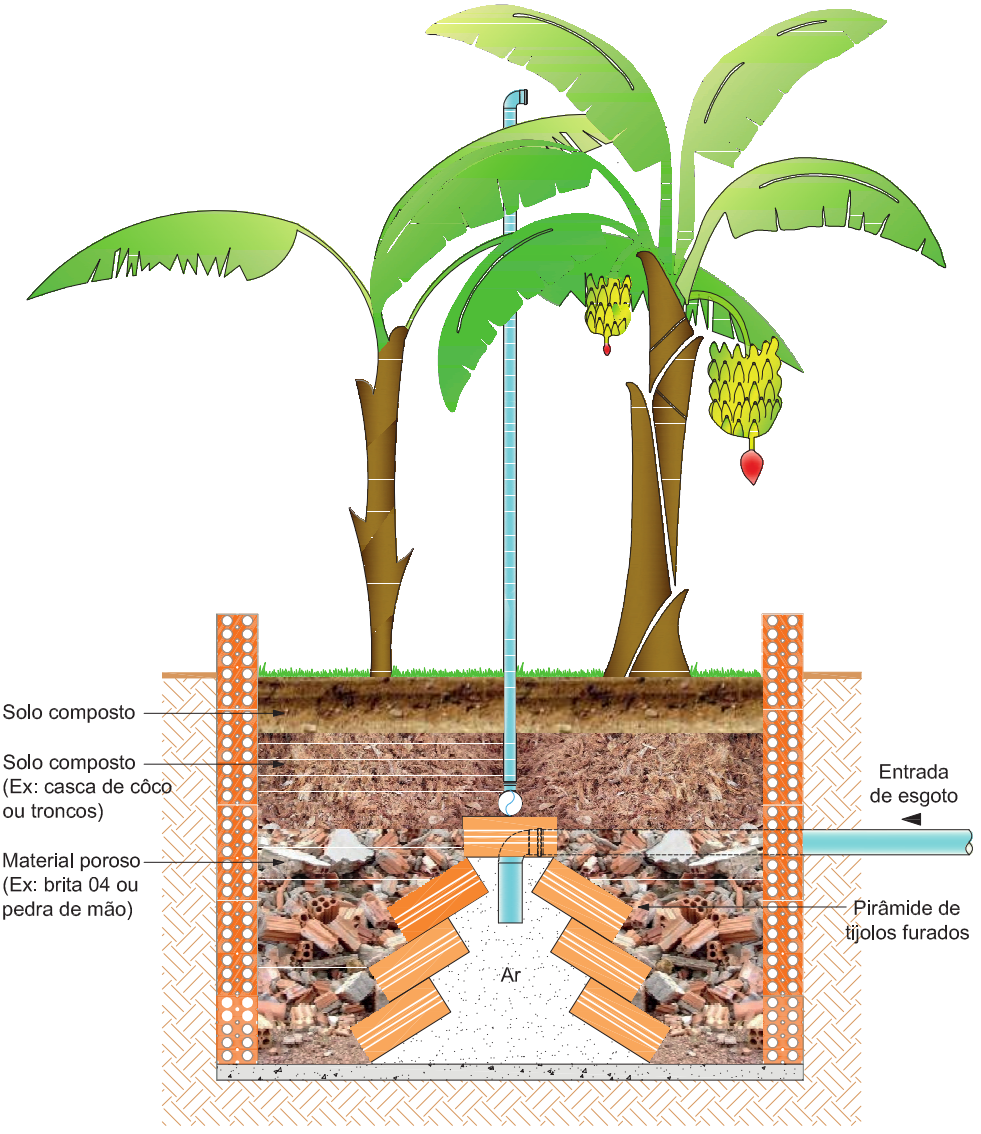


Figura 23 – Desenho esquemático da estrutura fossa verde.

Fonte: Adaptado de Setelombas, 2014.



(A) Montagem do sistema de distribuição afluente



(B) Colocação da camada de pedra de mão



(C) Colocação do material âncora (casca de coco)



(D) Espalhamento do material para posterior e demais materiais filtrantes para acomodação do solo para plantio. (brita nº 01 e areia grossa)



(E) Fossa verde plantada

Figura 24 – Passo a passo da execução da fossa verde.

Fonte: Oliveira Netto, 2014.

4.5.2.8.2 Círculo de bananeiras

É um processo que engloba o tratamento complementar do efluente de tanque séptico e de disposição final. O efluente é encaminhado para uma vala circular com 2 metros de diâmetro e 1 metro de profundidade, na qual se coloca pedra brita no fundo, sendo esta recoberta por gravetos e restos de vegetais. Ao redor são plantadas bananeiras espaçadas de 60 cm. Entre as bananeiras poderão ser plantados mamoeiros, lírios e outras vegetações menores, que ajudam no tratamento e reúso do efluente. Esta vegetação adapta-se ao solo úmido e rico em matéria orgânica. Como manutenção, esta unidade de tratamento necessita apenas poda e roçada, para evitar o seu crescimento excessivo (Figura 25).

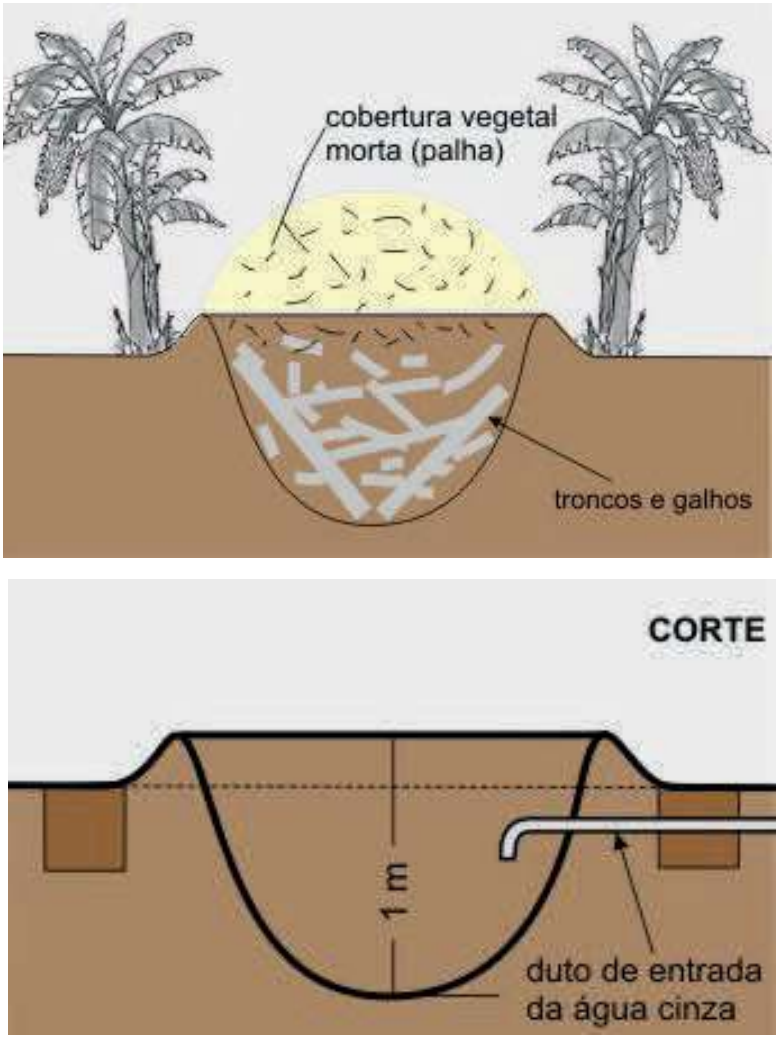


Figura 25 – Tratamento do efluente do tanque séptico com círculo de bananeiras.

Fonte: Adaptado de Setelombas, 2014.

4.5.3 Soluções coletivas para coleta, transporte, tratamento e destinação final dos esgotos domésticos

À medida que as comunidades e a concentração humana tornam-se maiores, as soluções individuais para remoção e destino adequado do esgoto doméstico devem dar lugar às soluções de caráter coletivo.

A solução para esta conjuntura, evitando os problemas de saúde pública e ambiental, depende, em grande parte, da utilização de um conjunto de unidades e serviços que constituem os sistemas de esgotos sanitários. As águas residuárias, por não disporem de condições de reutilização direta, devem ser coletadas e transportadas para locais afastados da comunidade, do modo mais rápido e seguro, em que, de acordo com as circunstâncias, deverão passar por processos de depuração adequados antes de serem lançadas nos corpos receptores naturais ou, preferencialmente, atingirem grau de purificação adequado para serem reutilizadas. Este condicionamento é necessário para preservar o equilíbrio ecológico no ambiente atingido direta ou indiretamente pelo lançamento. Os sistemas de esgotamento sanitário devem ser eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais das cidades. Nestes sistemas o escoamento do esgoto sanitário é por gravidade, em escoamento livre, das cotas mais altas para as cotas mais baixas, de modo que a topografia local tem grande influência no plano de escoamento geral e na localização dos interceptores e da ETE.

4.5.3.1 Sistema público convencional

Os sistemas convencionais de esgotos sanitários geralmente são compostos pelas seguintes unidades: ligação predial, rede coletora e órgãos acessórios, coletor principal, coletor tronco, interceptor, emissário, estação elevatória de esgoto (EEE), estação de tratamento de esgoto (ETE) e dispositivo de lançamento final, conforme descrição e figuras ilustrativas a seguir:

- **Bacia de drenagem***:* área delimitada pelos coletores que contribuem para um determinado ponto de reunião das vazões finais coletadas nessa área, visto que o escoamento do esgoto acontece em conduto livre, por gravidade, das cotas mais altas para as cotas mais baixas, o que define o plano de escoamento geral da bacia.
- **Ligação predial:** trecho do coletor predial situado entre o limite do lote e o coletor público.

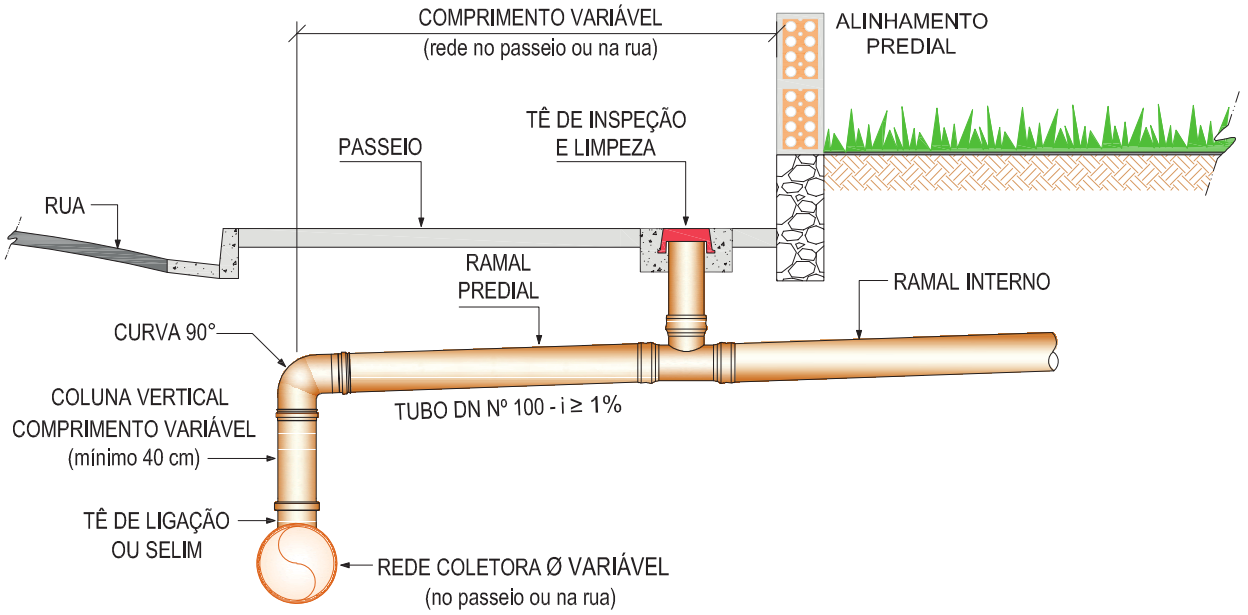


Figura 26 – Ligação predial.

- **Coletores:**
  - Rede coletora**:** conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgotos e seus órgãos acessórios (PVs, TIL, CP e outros), destinados a receber e conduzir os esgotos das edificações.
  - Coletor de esgoto: tubulação subterrânea da rede coletora que recebe contribuição de esgotos em qualquer ponto ao longo de seu comprimento, também chamado de coletor público.
  - Coletor principal: coletor de esgotos de maior extensão dentro de uma mesma bacia.
  - Coletor tronco: tubulação do sistema coletor que recebe apenas as contribuições de outros coletores.
- **Poço de visita (PV):** câmara visitável destinada a permitir a inspeção e os trabalhos de manutenção preventiva ou corretiva nas canalizações. Os locais mais indicados para sua instalação são: início da rede e nas mudanças de direção, de declividade, de diâmetro ou de material; nas junções e em trechos longos, nos quais a distância entre os PVs deve ser limitada pelo alcance dos equipamentos de desobstrução.
- **Tubo de queda (TQ):** dispositivo instalado no PV de modo a permitir que o trecho de coletor a montante desague no fundo do poço.

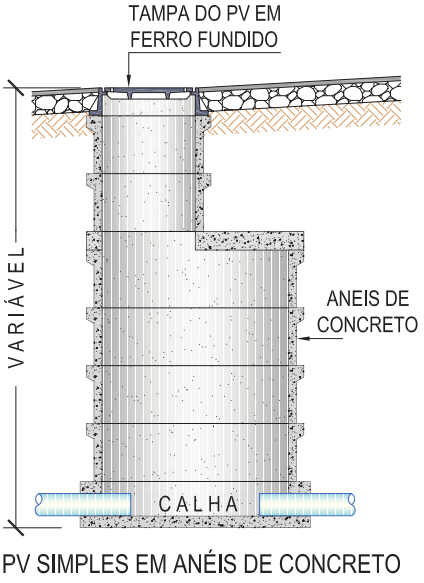


Figura 27 – Poços de visita.

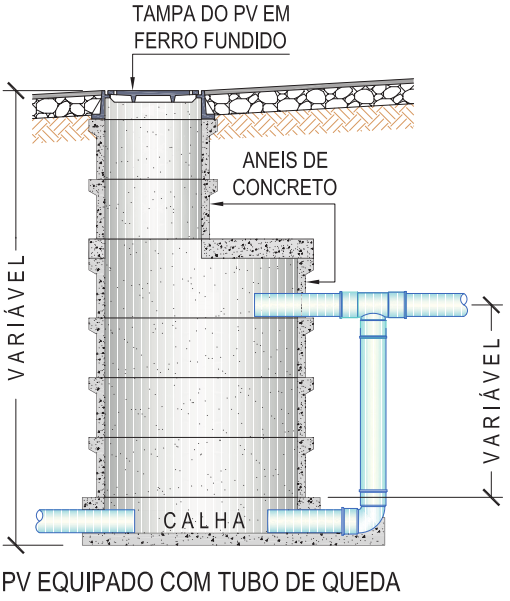


Figura 28 – Poço de visita com tubo de queda.

- **Terminal de limpeza (TL):** é um dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, podendo ser usado em substituição ao PV no início dos coletores.
- **Caixa de passagem (CP):** câmara subterrânea sem acesso, localizada em pontos singulares por necessidade construtiva e econômica do projeto.

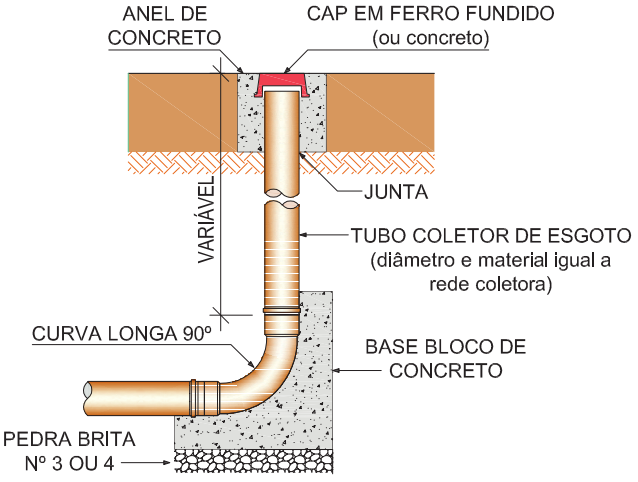


Figura 29 – Terminal de limpeza.

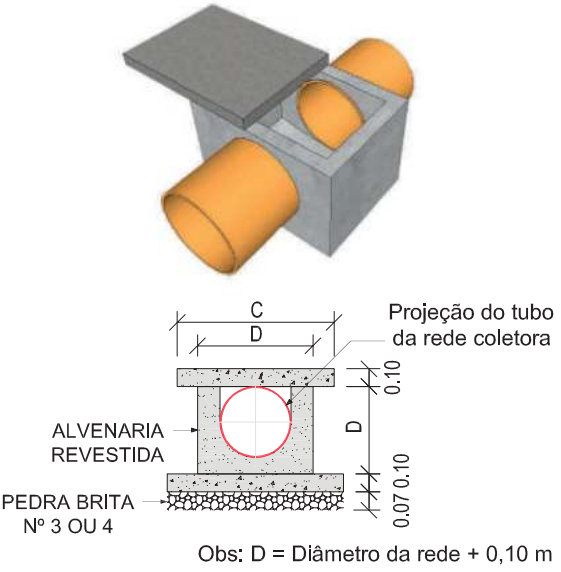


Figura 30 – Caixa de passagem.

- **Interceptores:** canalizações que recebem os coletores de esgoto ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas; são responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que sejam lançados nos corpos d'água. Geralmente se situam nos fundos de vale e possuem diâmetros maiores que o coletor tronco em função de maior vazão (Figura 31). Devem receber especial atenção no estudo de seu traçado, verificando em campo as dificuldades e alternativas de passagens para sua posterior construção nas margens de córregos, riachos e rios, o que normalmente exigirá a permissão de passagem em propriedades particulares.

- **Emissário:** canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente, antes ou após o tratamento dos esgotos, sem receber contribuições ao longo do seu percurso.



(A) Fotografia de interceptor aéreo enterrado (B) Esquema de interceptores

Figura 31 – Interceptores.

Fonte: (A) Samae, 2015; (B) UFMG, 2015.

- **Sifão invertido e passagem forçada:** trechos com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos de água, rebaixados (sifão) ou sem rebaixamento (passagem forçada) (Figura 32).
- **Estação elevatória de esgotos (EEE):** instalações que objetivam bombear os esgotos de um ponto baixo para outro de cota mais elevada, permitindo que a partir desse ponto os esgotos possam fluir por gravidade. As estações elevatórias são utilizadas quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente altas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação (Figura 33).

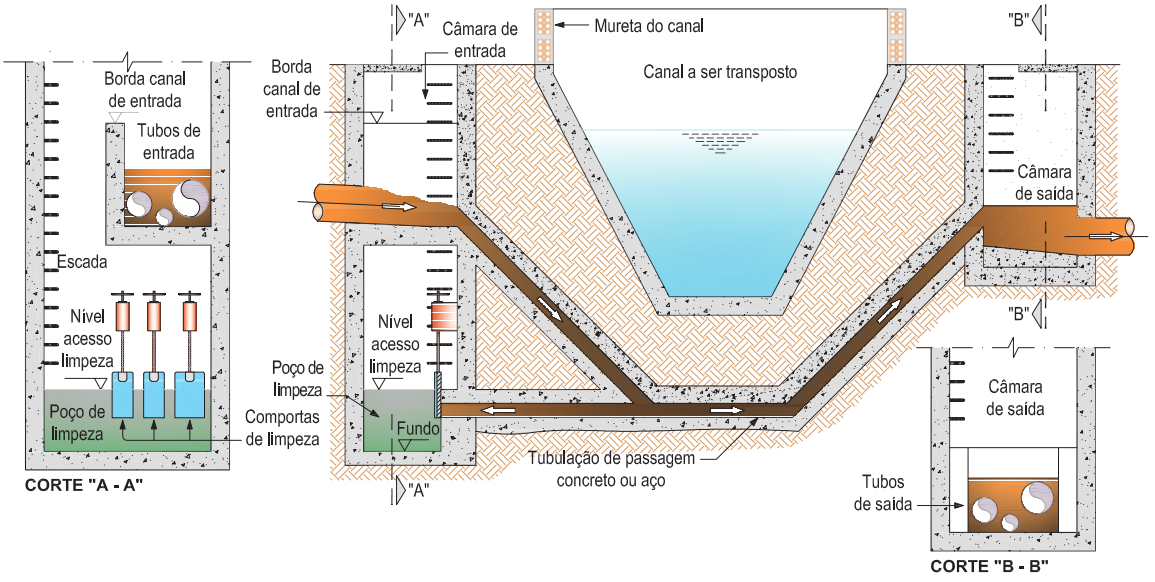


Figura 32 – Sifão invertido.

Fonte: Adaptado de Fernandes, 1987.

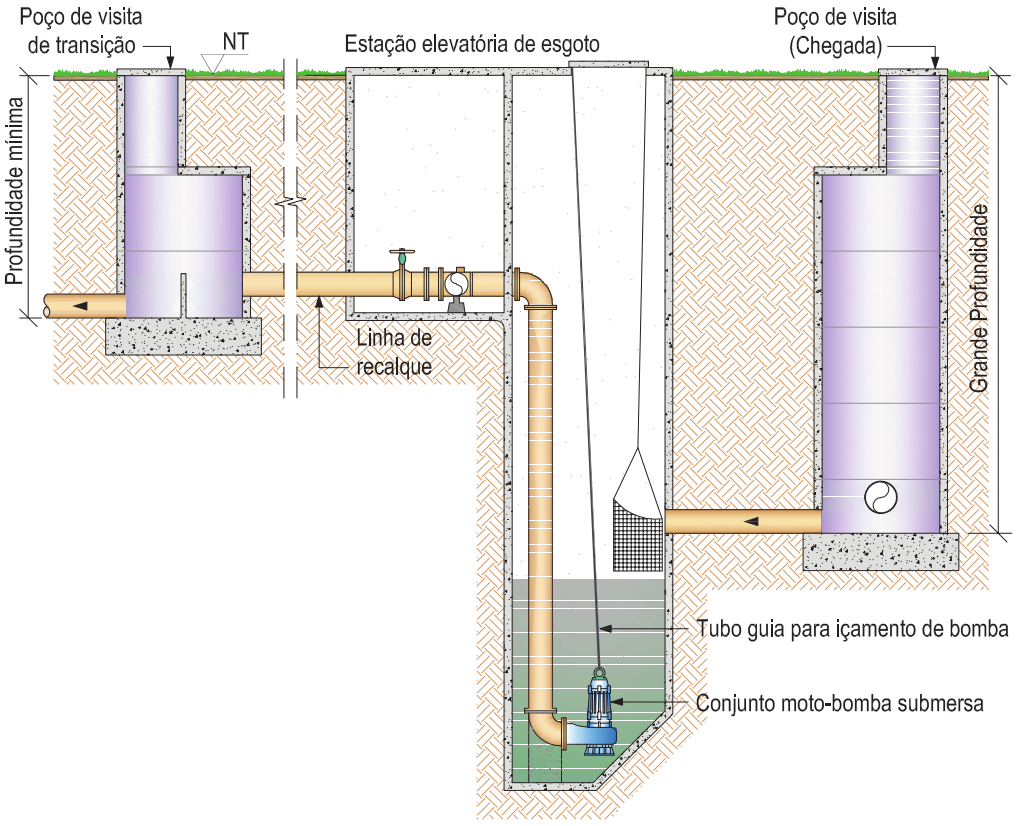


Figura 33 – Estação elevatória de esgoto.

Fonte: Adaptado de UFMG, 2015.

- **Estação de tratamento de esgotos (ETE):** conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes do seu lançamento nos cursos d'água ou reúso (Figura 34).
- **Disposição final:** após o tratamento, os esgotos podem ser lançados no corpo d'água receptor ou, eventualmente, aplicados no solo, ou ainda serem submetidos a tratamentos complementares para o reúso agrícola ou urbano. Em ambos os casos, há que se levar em conta os poluentes eventualmente ainda presentes nos esgotos tratados, especialmente metais pesados e organismos patogênicos (Figura 35).
- **Corpo receptor:** curso ou massa de água em que é lançado o efluente final do sistema esgotos (Figura 35).



Figura 34 – Estação de tratamento de esgoto.

Fonte: Caesb, 2014.

O conjunto das partes constitutivas de um sistema público de esgoto convencional pode ser observado na Figura 35.

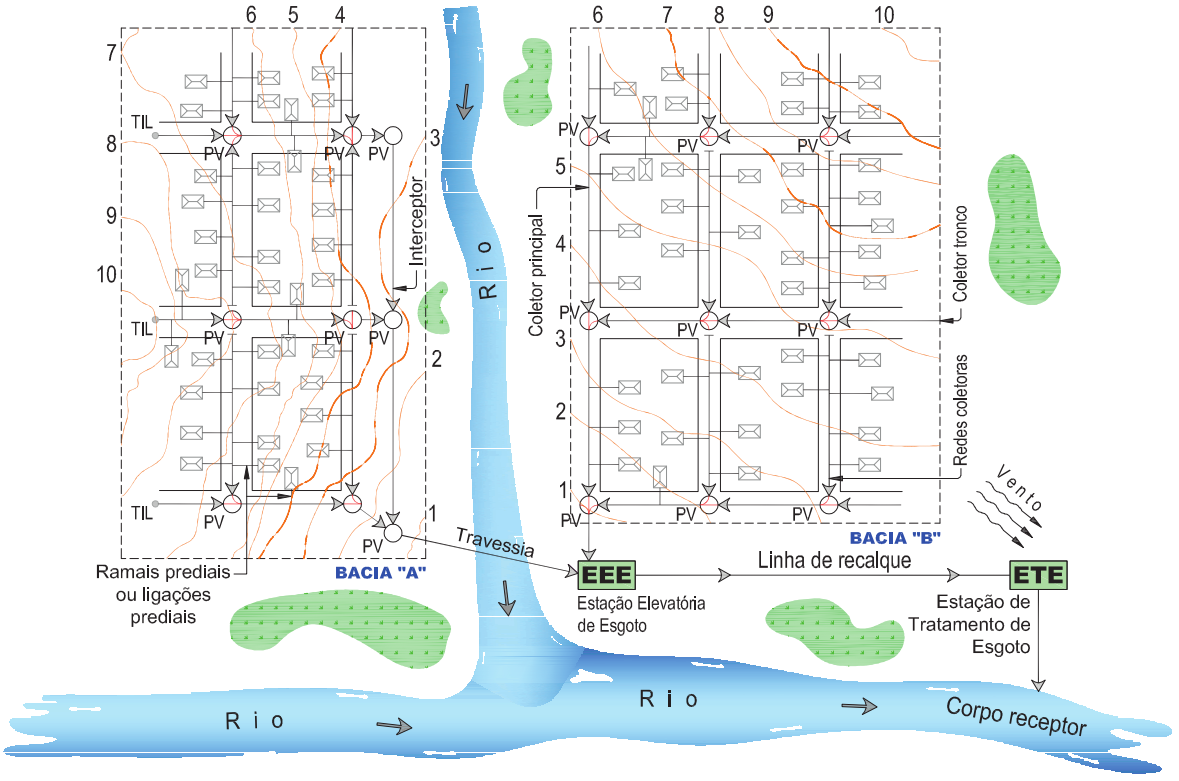


Figura 35 – Conjunto dos componentes de um sistema de esgoto convencional..

4.5.3.1.1 Elementos para projetos de redes coletoras de esgoto

É importante evidenciar que um projeto de sistema de esgotamento sanitário, além do levantamento preliminar, deverá conter o estudo de concepção, compreendendo: dados e características da comunidade; análise do sistema de esgoto sanitário existente; estudos demográficos e de uso e ocupação do solo; critérios e parâmetros de projeto; cálculo das contribuições; formulação de alternativas de concepção; estudo de corpos receptores; pré-dimensionamento das unidades dos sistemas desenvolvidos para escolha das alternativas; estimativa de custo das alternativas estudadas; comparação técnico-econômica e ambiental das alternativas; seleção da alternativa escolhida; peças gráficas do estudo de concepção (planta da cidade, do sistema existente de água e esgoto, das galerias de águas pluviais, plantas de dutos subterrâneos de energia, gás, telefone entre outros, planta de localização de indústrias, de grandes contribuintes, planta concepção do projeto, perfil hidráulico da estação de tratamento e outras unidades quando necessários); memorial de cálculo (hidrologia, hidrogeologia, hidráulica, eletromecânica, processos, orçamento e outros).

As principais atividades desenvolvidas no estudo de concepção relativas à rede coletora são:

- Estudo da população da cidade e de sua distribuição na área; delimitação em planta dos setores de densidades demográficas diferentes.
- Estabelecimento dos critérios para a previsão de vazões: quota de consumo de água por habitantes por dia; relação entre consumo efetivo de água e contribuição de esgotos; coeficiente do dia de maior consumo e hora de maior contribuição; vazão de infiltração.
- Estimativa das vazões dos grandes contribuintes; indústrias, hospitais, grandes edifícios em geral. Estes contribuintes devem ser localizados na planta da cidade, com o valor da sua vazão (contribuição concentrada ou singular).

- Determinação, para cada setor de densidade demográfica, da sua vazão específica de esgoto, em litros por segundo por hectare, ou litros por segundo por metro de canalização.
- Divisão da cidade em bacias e sub-bacias de contribuição.
- Traçado e pré-dimensionamento dos coletores tronco.
- Quantificação preliminar dos serviços que serão executados para os coletores de esgotos, bem como uma pré-estimativa da extensão dos diversos diâmetros, com base nas vazões de esgotos.

A apresentação do trabalho nesta fase deve ser feita em memorial descritivo, no qual estarão reunidos os critérios de cálculo, a descrição do sistema, os cálculos hidráulicos e outros, assim como as peças gráficas compostas de: planta planialtimétrica da cidade em escala 1:5.000 ou 1:10.000, com curvas de nível espaçadas de 1 metro, em que são desenhados os setores de densidades demográficas, a divisão em bacias e sub-bacias de contribuição e o traçado dos coletores tronco, com seus diâmetros e extensões; pré-estimativa das quantidades de serviços e custos.

A concepção da rede de coletores secundários normalmente é desenvolvida na fase de projeto propriamente dito. Para o estudo do traçado com localização da tubulação, unindo os órgãos acessórios com a indicação do sentido de escoamento por uma seta na tubulação, há necessidade de planta topográfica planialtimétrica em escala 1:2.000 ou 1:1.000, com nivelamento geométrico dos pontos em que devem ser projetados os órgãos acessórios (PVs, TIL, CP e outros).

a) **Estudo populacional**.

A população do projeto é obtida pela projeção da população urbana estimada com base em métodos matemáticos, analíticos, comparativos e outros (ano a ano), que depende do alcance do projeto, geralmente situado na faixa entre dez e 30 anos, sendo comum adotar-se o período de 20 anos.

Os principais métodos utilizados para as projeções populacionais são os mesmos apresentados no capítulo 3 – Abastecimento de água.

b) **Parâmetros para a previsão de vazões**.

Para o estabelecimento das vazões de contribuição será necessário definir os parâmetros e coeficientes:

- **Contribuição "*per capita*":** há nítida correlação entre o consumo de água e a contribuição para a rede de esgoto, lembrando que, para o dimensionamento do sistema de esgotos, deve ser utilizado o consumo efetivo "*per capita*", não incluindo as perdas de água. Na ausência de informações específicas do consumo de água da localidade, poderão ser utilizados os parâmetros constantes na Tabela 4 – Consumo médio *per capita* para populações dotadas de ligações domiciliares, do capítulo 3 – Abastecimento de água. A contribuição *per capita* de esgoto é o consumo *per capita* de água multiplicado pelo coeficiente de retorno.
- **Coeficiente de retorno esgoto/água (R):** o coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgotos recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente fornecido à população. Do total de água consumida, somente uma parcela retorna ao esgoto, sendo que o restante é utilizado nas atividades de lavagem de carro; de calçadas; das ruas; de rega de jardins; de lavagens de terraços, entre outros. A norma brasileira recomenda o valor de 0,8 para o coeficiente de retorno **(R),** na ausência de dados específicos do local. Em pequenas cidades, este valor tende a ser menor porque ocorre com frequência o reaproveitamento de águas cinzas nos quintais.
- **Coeficientes de variação de vazão:** a vazão do esgoto doméstico varia durante as horas do dia, com os dias, os meses e as estações do ano, dependendo de muitos fatores, entre os quais a temperatura e a precipitação atmosférica. Para o projeto dos sistemas de esgoto são usados os seguintes coeficientes:
  - K_1 = coeficiente de máxima vazão diária (relação entre a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual).

- K_2 = coeficiente de máxima vazão horária (relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia).
- K_3 = coeficiente de mínima vazão horária (relação entre a vazão mínima e a vazão média).

Na falta de valores obtidos através de medições na localidade, a norma brasileira recomenda para: K_1 = 1,2, K_2 =1,5 e K_3 = 0,5. No entanto, deve-se destacar que é comum uma maior amplitude de variações horárias em comunidades de pequeno porte, com valores de K_2 superiores e K_3 inferiores a estes.

Vazão de contribuição do esgoto

Os sistemas separadores absolutos de esgotos são projetados considerando-se as vazões de contribuição relativas aos tipos de líquidos residuários que têm acesso à rede coletora, classificados em esgoto doméstico, águas de infiltração e eventuais resíduos líquidos industriais, ou não domésticos (contribuição concentrada ou singular)**.**

- **Esgoto doméstico:** a contribuição de esgoto doméstico depende da população da área do projeto; da contribuição *per capita*; do coeficiente de retorno esgoto/água e dos coeficientes de variação de vazão acima definidos.
- **Águas de infiltração:** água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações. Ainda existe parcela do deflúvio superficial (escoamento superficial da água de chuva) inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário ou proveniente do encaminhamento clandestino de águas pluviais, sendo esta denominada de vazão parasitária. A norma brasileira recomenda que apenas a água de infiltração seja considerada na elaboração dos projetos hidráulico-sanitários das redes coletoras. As águas do subsolo penetram nos sistemas por meio dos seguintes meios: pelas juntas; pelas paredes das tubulações; por meio das estruturas dos poços de visita, de inspeção e limpeza, terminal de limpeza, caixas de passagem, estações elevatórias e outros.

A vazão de infiltração usualmente é quantificada na forma de uma taxa de infiltração por comprimento de rede, sendo que a norma brasileira cita a faixa de 0,05 a 1,00 litros/segundo.km.

$$Q_{inf} = T_{inf} \times C_t \qquad (05)$$

Onde:

Q_{inf} = vazão de infiltração (l/s).

T_{inf} = taxa de infiltração (l/s.m ou l/s.km).

C_t = comprimento total da rede (m ou km).

Exemplo 4 – Cálculo da vazão de infiltração.

Considerando a taxa de infiltração T_{inf} = 0,3 l/s.km = 0,0003 l/s.m e o comprimento total da rede C_t = 9.552 m, temos:

Q_{inf} = 0,0003 l/s.m x 9.552 m = 2,87 l/s

- **Contribuição concentrada ou singular:** a vazão concentrada ou singular refere-se à contribuição de esgoto, bem superior àquelas lançadas na rede coletora ao longo do seu caminhamento e que, devido ao seu valor, altera sensivelmente a vazão do trecho de jusante na rede. Geralmente são consideradas contribuições concentradas os esgotos provenientes dos estabelecimentos industriais que utilizam água na sua linha de produção, grandes escolas, hospitais, clubes, estações rodoviárias, *shopping centers*, grandes edificações residenciais e comerciais e outros. Pela legislação, a vazão máxima não deve ser superior a 1,5 vez a vazão média diária, sendo que, para atender a essa exigência, às vezes é necessária a construção de um tanque de regularização pela indústria.

  No caso de lançamento de efluente industrial na rede pública de coleta, os serviços de saneamento passam a ser responsáveis pelo atendimento aos padrões de qualidade ditados pelo órgão ambiental; assim, devem ter suas normas específicas para recebimento de efluentes industriais na rede pública de coleta.

- **Vazão total de cálculo:** a vazão do esgoto sanitário (Q) é a soma das vazões dos despejos líquidos constituídos de esgotos domésticos (Qd), da água de infiltração (Qinf) e das vazões concentradas ou singulares (Qc).

$$Q = Qd + Qinf + Qc \qquad (06)$$

Para o dimensionamento das redes coletoras são necessárias a vazão máxima de final de plano, que define a capacidade que deve atender ao coletor, e a vazão máxima horária do início do plano, que é utilizada para se verificar as condições de autolimpeza do coletor, o que deve ocorrer pelo menos uma vez por dia.

As vazões nas redes de esgotos podem ser determinadas por um método que usa hidrogramas de consumo da localidade; entretanto, pela inexistência destas informações, as vazões são geralmente determinadas em função dos parâmetros usuais.

- **Taxas de contribuição das redes coletoras:** as taxas para o cálculo das redes de esgoto são normalmente referidas à unidade de comprimento dos coletores (metro ou quilômetro), ou à unidade em área esgotada (hectare). Em cada área de ocupação homogênea deve ser definida uma determinada taxa, podendo haver mais de uma taxa de contribuição em uma bacia. A unidade em hectare é normalmente utilizada em áreas previstas para futura ampliação, em que ainda não existe definição de vias públicas.

  Na determinação das taxas de contribuição é preciso considerar as contribuições de esgoto doméstico (*Qd*) e de águas de infiltração *Qinf*. As vazões concentradas ou singulares (*Qc)* não devem ser consideradas no cálculo das taxas de contribuição, pois serão acrescidas no início de cada trecho da rede coletora.

- **Vazões de dimensionamento de cada trecho da rede:** para o dimensionamento de cada trecho do coletor são utilizadas a vazão máxima de final de plano e a vazão de início de plano no PV de jusante. Após a definição das taxas de contribuição, para se calcular as vazões de dimensionamento de um determinado trecho da rede, deve-se somar as contribuições que chegam a montante do trecho (incluindo-se as vazões concentradas) e a contribuição ao longo do trecho (taxa de contribuição linear multiplicada pelo comprimento do trecho).

4.5.3.1.2 Critérios de dimensionamento da rede coletora

No dimensionamento de tubulações transportadoras de esgotos devem ser atendidos alguns critérios de cálculo para garantir o funcionamento adequado destas tubulações, sendo os principais: regime hidráulico de escoamento; tensão trativa de arraste; declividade da tubulação; lâmina de água e velocidade crítica.

a) **Regime hidráulico de escoamento**.

Os coletores de esgotos funcionam com escoamento livre, ou seja, em seções parciais de tubulações fechadas e sob pressão atmosférica, apresentando, portanto, uma superfície livre do contato com as paredes da tubulação. O escoamento do esgoto em um conduto é admitido, para efeitos de cálculo, em regime permanente (a velocidade e a pressão em determinado ponto não variam com o tempo) e uniforme (todos os pontos da mesma trajetória têm a mesma velocidade). No dimensionamento hidráulico, os coletores devem atender aos seguintes quesitos: transportar as vazões máximas e mínimas esperadas; promover o arraste de sedimentos, garantindo a autolimpeza das tubulações; evitar as condições que favorecem a formação de sulfetos e a formação e o desprendimento do gás sulfídrico.

b) **Tensão trativa e autolimpeza dos coletores**.

A tensão trativa é definida como uma tensão tangencial exercida sobre a parede do conduto pelo líquido em escoamento, ou seja, é a componente tangencial do peso do líquido sobre a unidade de área da parede do coletor e que atua sobre o material sedimentado, promovendo seu arraste. Devido ao efeito da gravidade, qualquer das partículas sólidas, com densidade maior que a água, tenderá a depositar-se nas tubulações de esgoto, especialmente nas horas de menor contribuição.

A tensão trativa crítica é definida como uma tensão mínima necessária para o início do movimento das partículas depositadas nas tubulações de esgoto. A tensão trativa mínima para autolimpeza dos coletores de esgoto foi estabelecida igual a 1,0 Pa na legislação brasileira. A Figura 36 apresenta os elementos hidráulicos para o cálculo da tensão trativa.

$$\sigma = \gamma \cdot Rh \cdot I \qquad (07)$$

Onde:

σ = tensão trativa (Pa).

γ = peso específico do líquido (10^4 N/m^3).

Rh = raio hidráulico (m).

I = declividade (m/m).

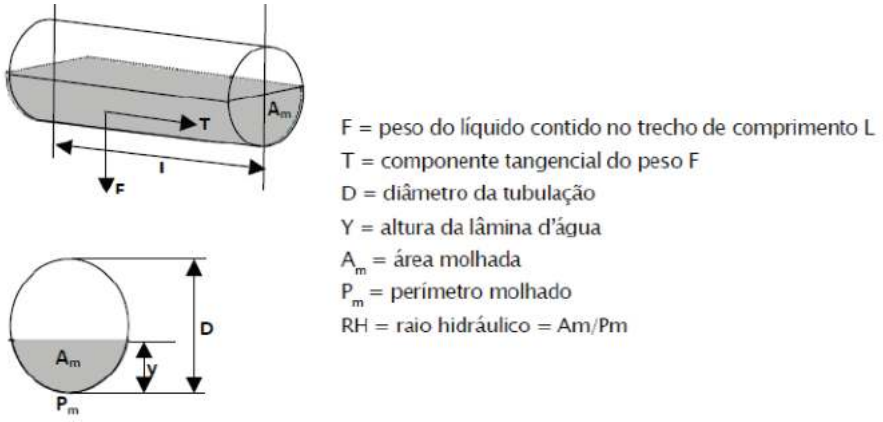


Figura 36 – Elementos hidráulicos para o cálculo da tensão trativa.

c) **Declividades**.

- **Mínima:** a declividade a ser adotada deverá proporcionar, para cada trecho da rede, uma tensão trativa média igual ou superior a 1,0 Pa, calculada para a vazão inicial, de forma a garantir a autolimpeza dos coletores. A declividade mínima que satisfaz essa condição pode ser determinada pela expressão (08), aproximada para coeficiente de Manning, n=0,013.

$$I_{min} = 0{,}0055 \cdot Q_i^{-0,47} \qquad (08)$$

Onde:

I_{min} = declividade mínima (m/m).

Q_i = vazão de jusante do trecho no início do plano(l/s).

- **Máxima:** a máxima declividade admissível é aquela para a qual se tenha velocidade na tubulação igual a 5,0 m/s, para a vazão de final de plano, que pode ser obtida pela expressão (09), aproximada para coeficiente de Manning, n=0,013.

$$I_{máx} = 4{,}65 \cdot Q_i^{-0,67} \qquad (09)$$

d) **Lâmina d'água**.

- **Máxima admitida:** nas redes coletoras, as tubulações são projetadas para funcionar com lâmina igual ou inferior a 75% do diâmetro da tubulação, destinando-se a parte superior da tubulação à ventilação do sistema e às imprevisões e flutuações excepcionais de nível dos esgotos. O diâmetro que atende à condição Y/D = 0,75 pode ser calculado pela equação:

$$D = (0{,}0463 \cdot \frac{Q_f}{\sqrt{I}})^{0,375} \qquad (10)$$

Onde:

D = diâmetro (m).

Q_f = vazão final (m^3).

I = declividade (m/m).

- **Mínima admitida**: pelo critério da tensão trativa, haverá autolimpeza nas tubulações de esgoto, desde que, pelo menos uma vez por dia, seja atingida uma tensão trativa igual ou superior a 1,0 Pa, qualquer que seja a altura da lâmina d'água. Portanto, não se limita a lâmina d'água mínima.

e) **Velocidade crítica**.

No caso do escoamento de esgoto, o conhecimento da mistura água-ar é de grande importância, principalmente quando a tubulação é projetada com grande declividade, pois, nessa condição, o grau de entrada de bolhas de ar no escoamento poderá ser bastante elevado.

A norma brasileira determina que, quando a velocidade final (V_f) é superior à velocidade crítica (V_c), a lâmina de água máxima deve ser reduzida para 50% do diâmetro do coletor, a fim de se assegurar a ventilação no trecho. Para o caso de se ter Y/D>0,5, geralmente, o mais adequado é aumentar o diâmetro do coletor. A velocidade crítica é definida pela equação:

$$V_c = 6\sqrt{gR_h} \qquad (11)$$

Onde:

V_c = velocidade crítica (m/s).

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

R_h = raio hidráulico para a vazão final (m).

f) **Vazão mínima de dimensionamento**.

A legislação recomenda que a vazão mínima deverá ser de 1,5 litro por segundo em cada trecho de coletor.

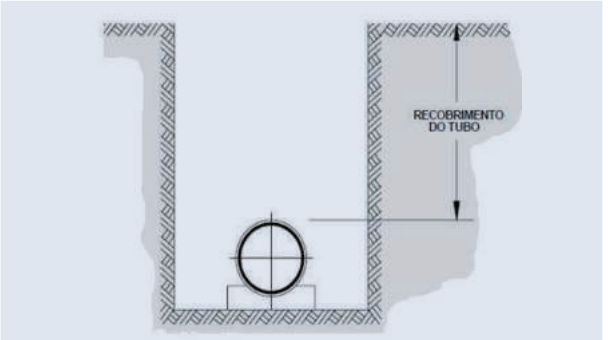
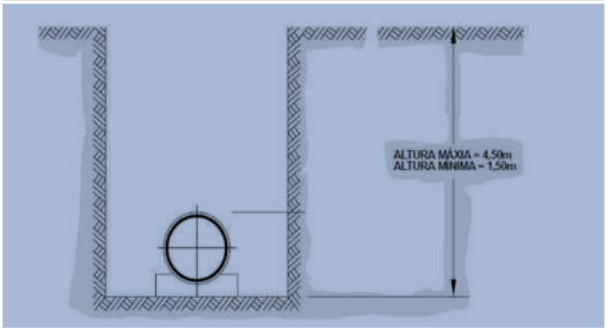
g) **Diâmetro mínimo**.

Embora o diâmetro mínimo admitido pela legislação seja DN100 mm, a experiência tem demonstrado que o diâmetro mínimo recomendado para minimizar problemas de obstruções de rede deve ser DN150 mm.

h) **Profundidade mínima dos coletores**.

No sistema convencional, as redes coletoras podem ser simples, quando localizadas no terço médio mais baixo das ruas, ou, numa tendência mais atual, serem duplas e lançadas nos passeios. A profundidade mínima deve ser o recobrimento mínimo, acrescido do diâmetro do coletor, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Recobrimento e profundidade do coletor.

Recobrimento do tubo coletor: diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz superior externa do tubo coletor. O recobrimento não deve ser inferior a 0,90m para coletor assentado no leito da via de tráfego ou a 0,65 m para coletor assentado no passeio. Estes limites dizem respeito à proteção da tubulação contra as cargas externas na superfície do terreno.	
Profundidade do coletor: a diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz inferior interna do coletor.	

4.5.3.1.3 Roteiro para dimensionamento de uma rede coletora

Apesar do cálculo manual não ser comum nos dias atuais, é importante o conhecimento do técnico da sequência lógica e prática para a elaboração do projeto da rede.

Traçado da rede coletora (*layout*)

Para o dimensionamento da rede coletora, deve-se realizar o traçado dos coletores, na planta, escala 1:2000, com levantamento planialtimétrico e curvas de nível de metro em metro, colocando-se os órgãos acessórios, como PV, TIL e CP, e definindo o sentido do fluxo dos esgotos, sempre que possível no sentido do escoamento natural do terreno, para diminuir a profundidade do coletor. Outros fatores que influenciam no traçado da rede e que devem ser considerados são: localização dos coletores (rede simples ou duplo); identificação de interferências; aproveitamento das redes existentes; planos diretores de urbanização.

Comprimento e numeração dos trechos e dos órgãos acessórios

Indicar, no desenho, o comprimento da rede entre as singularidades (PV a PV; PV a TL; PV a TIL e outros), sempre medindo do eixo a eixo desses órgãos, obedecendo a uma distância máxima de 100 m em função do alcance dos equipamentos e acessórios para a desobstrução. Em seguida, realizar a numeração dos coletores e dos trechos, que deverá ser crescente no sentido de montante para jusante; assim sendo, o coletor de maior comprimento receberá o número 01, e o seu primeiro trecho será 01, e o trecho subsequente que receberá a contribuição do trecho 01 será 02, e assim sucessivamente.

Atualmente, os cálculos na elaboração de um projeto de rede coletora de esgotos e outras tubulações transportadoras são realizados com a utilização de programas de computadores, facilitando e agilizando enormemente a tarefa do projetista. Entretanto, em muitos países não são adotados os critérios de tensão trativa e de velocidade crítica para o dimensionamento. Desta forma, deve-se estar atento, pois alguns *softwares* internacionais não podem ser usados no Brasil.

Qualquer que seja o método de dimensionamento de uma rede coletora de esgotos, interceptores e emissários, o projeto deverá incluir as planilhas de cálculo contendo os elementos indicados na Tabela 9, para possibilitar a correta implantação do sistema.

Tabela 9 – Planilha de cálculo da rede de esgoto.

PLANILHA DE CÁLCULO DA REDE DE ESGOTO

TAXA = Tx= l/segxm Localidade:

BACIA	P.V's	TRECHO	EXTENSÃO (m)	VAZÕES (l/s)					TERRENO			COLETOR								POÇO DE VISITA (PV)			PROFUNDIDADE (m)				
				Montante	Marcha	infiltração	Jusante	Dimensionamento	COTAS (m)		DECLIVIDADE I = (m/m)	COTAS (m)		DECLIVIDADE I = (m/m)	CAIMENTO d = (m)	Ø (DN N.º) TEÓRICO	Ø (DN N.º)	LÂMINA (y/d)	VELOCIDADE (m/s)	Tensão Trativa (N/m²)	Nº PV de Jusante	COTA DO COLETOR EFLUENTE	Cota Coletor	DE coletor (m)	Laje de Fundo	Acima do Solo	Total
									Montante	Jusante		Montante	Jusante														

4.5.3.1.4 Estações elevatórias de esgotos

As estações elevatórias são unidades componentes dos sistemas de esgotos sanitários constituídas pela estrutura edificada que abriga os conjuntos de recalque instalados, equipamentos eletromecânicos, acessórios, válvulas, tubulações e painéis elétricos de proteção e comando. São utilizadas para a finalidade de recuperação de cota, para a reversão de bacias e sub-bacias e para funções específicas nas estações de tratamento de esgoto.

a) **Tipos de estações elevatórias de esgoto**.

- **Estações elevatórias para a recuperação de cota:** localizadas em pontos dispersos da rede coletora e têm por objetivo recolher o esgoto de um coletor que atingiu a profundidade máxima permitida, ou executável, e elevá-lo até um poço de visita com canalização assentada na profundidade mínima.
- **Estações elevatórias para a reversão de bacia e sub-bacias hidrográficas:** normalmente previstas em pontos baixos das bacias, ou sub-bacias hidrográficas, essas elevatórias têm por objetivo transportar o esgoto de uma para outra. Para alcançar esta finalidade, geralmente se caracterizam por ter linhas de recalque relativamente compridas e também exigências de alturas geométricas elevadas (Figura 37).

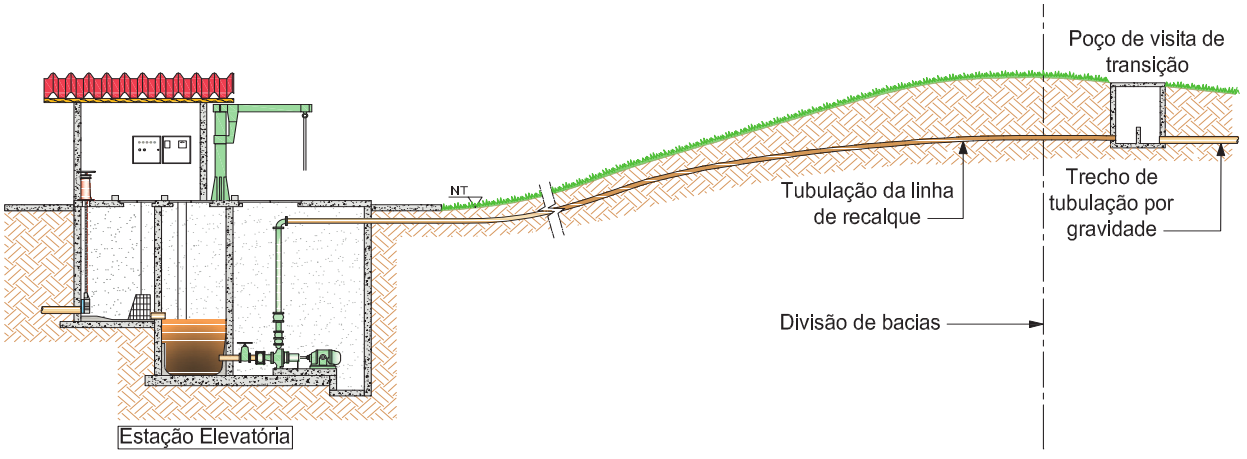


Figura 37 – Estação elevatória de esgoto reversão de bacias.

Fonte: Adaptado de Crespo, 2001.

- **Estações elevatórias nas estações de tratamento de esgoto:** a diversidade de estações elevatórias e de bombeamentos nas ETEs é muito grande. Algumas estações elevatórias e de bombeamentos existentes nos sistemas de tratamentos de esgotamento sanitário são: elevatória de esgoto bruto; elevatória do efluente final; elevatória de águas de drenagem; elevatória de lodo bruto primário; elevatória de lodo secundário de recirculação; elevatória de lodo excedente; elevatória de lodo primário adensado; elevatória de lodo secundário adensado; elevatória de lodo digerido. Por serem muito diversificadas e específicas, não serão abordadas nesta publicação.

b) **Tipos de bombas para recalque de esgoto**.

Nos sistemas de esgotos sanitários utilizam-se os seguintes tipos de bombas:

- **Bombas centrífugas:**
  - Bombas centrífugas convencionais.
  - Bombas centrífugas de rotor recuado.
  - Bombas centrífugas submersíveis.
  - Bombas centrífugas autoescorvantes.
- **Bombas de deslocamento positivo:**
  - Bombas-parafuso.
  - Bombas de cavidade progressiva.
  - Bombas de pistão.
  - Outros tipos de bombas, como as bombas tipo turbina ou tipo hélice, são utilizados nas estações de tratamento de esgoto, porém limitadas ao bombeamento de água.

c) **Projeto das elevatórias de esgoto**.

O projeto de uma estação elevatória de esgotos deve caracterizar e posicionar na sala de bombas os diversos componentes do sistema: as bombas, os motores, as tubulações, as válvulas, os registros e as peças especiais. Deve incluir um sistema de entrada com gradeamento para retirada de sólidos grosseiros e preferencialmente inserir também um desarenador para a proteção dos conjuntos motobombas. Algumas legislações para os licenciamentos ambientais exigem a construção de um reservatório de acúmulo para prevenir eventuais quedas de energia, com capacidade para 2 ou 3 horas na vazão máxima. Estabelecidos estes condicionantes, poderão ser configuradas as características estruturais e arquitetônicas, bem como o projeto elétrico e mecânico da instalação.

- **Estação elevatória com bombas centrífugas em poço seco**.
  - **Sala de bombas:** destina-se a abrigar as bombas, os motores, as conexões, as peças especiais e os trechos curtos de canalização (barrilete). A disposição desses elementos deverá possibilitar não somente a livre circulação entre as bombas e os conjuntos de apoio operacional, mas também deverá contar com o necessário espaço para a retirada das bombas, dos motores e das válvulas. Com as dimensões dos componentes eletromecânicos a serem instalados, define-se o *layout.*

Exemplo esquemático de uma estação elevatória com bombas centrífugas convencionais é mostrado em planta na Figura 39 e em elevação na Figura 38.

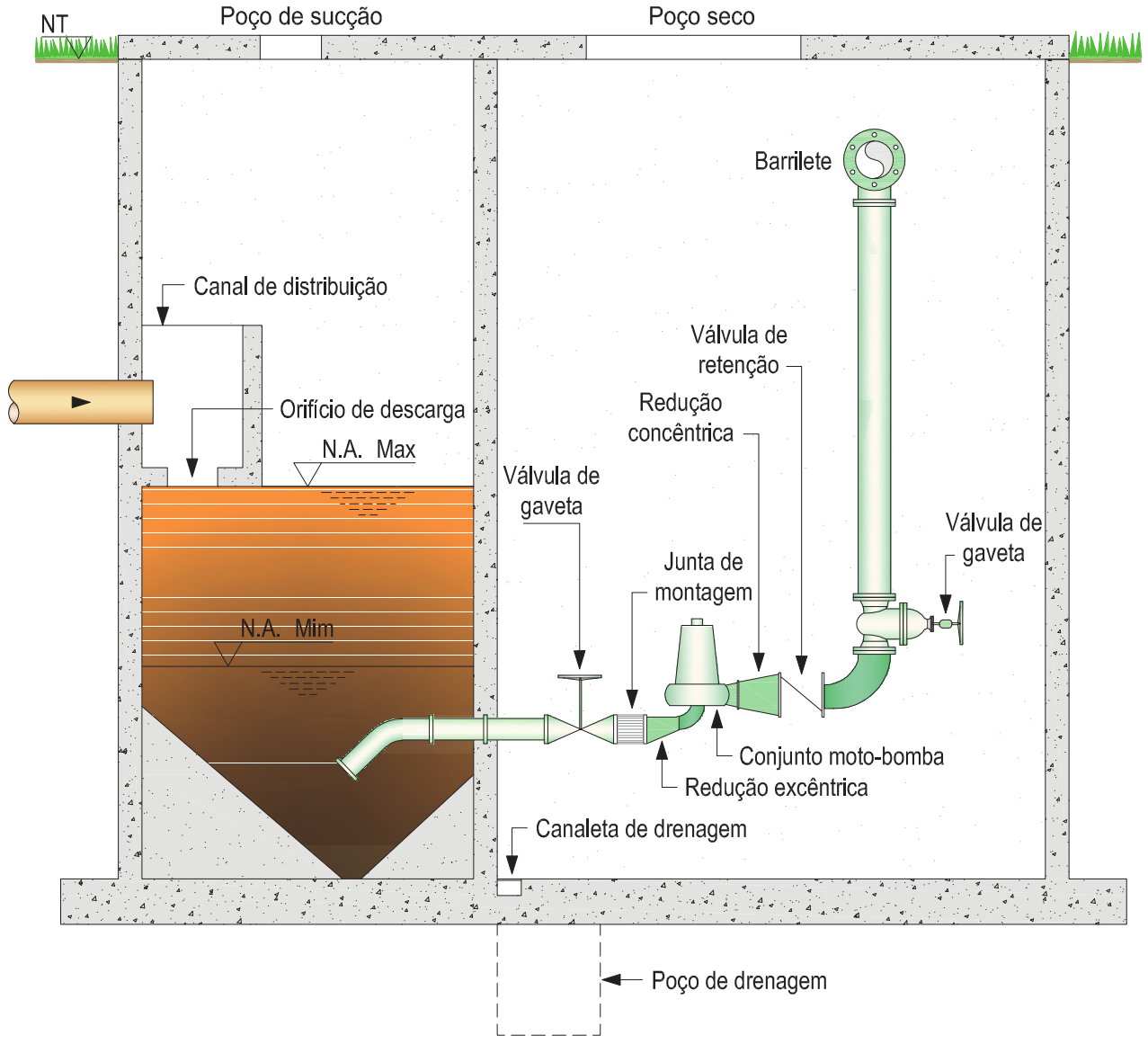


Figura 38 – Elevatória poço seco – corte.

Fonte: Adaptado de Crespo, 2001.

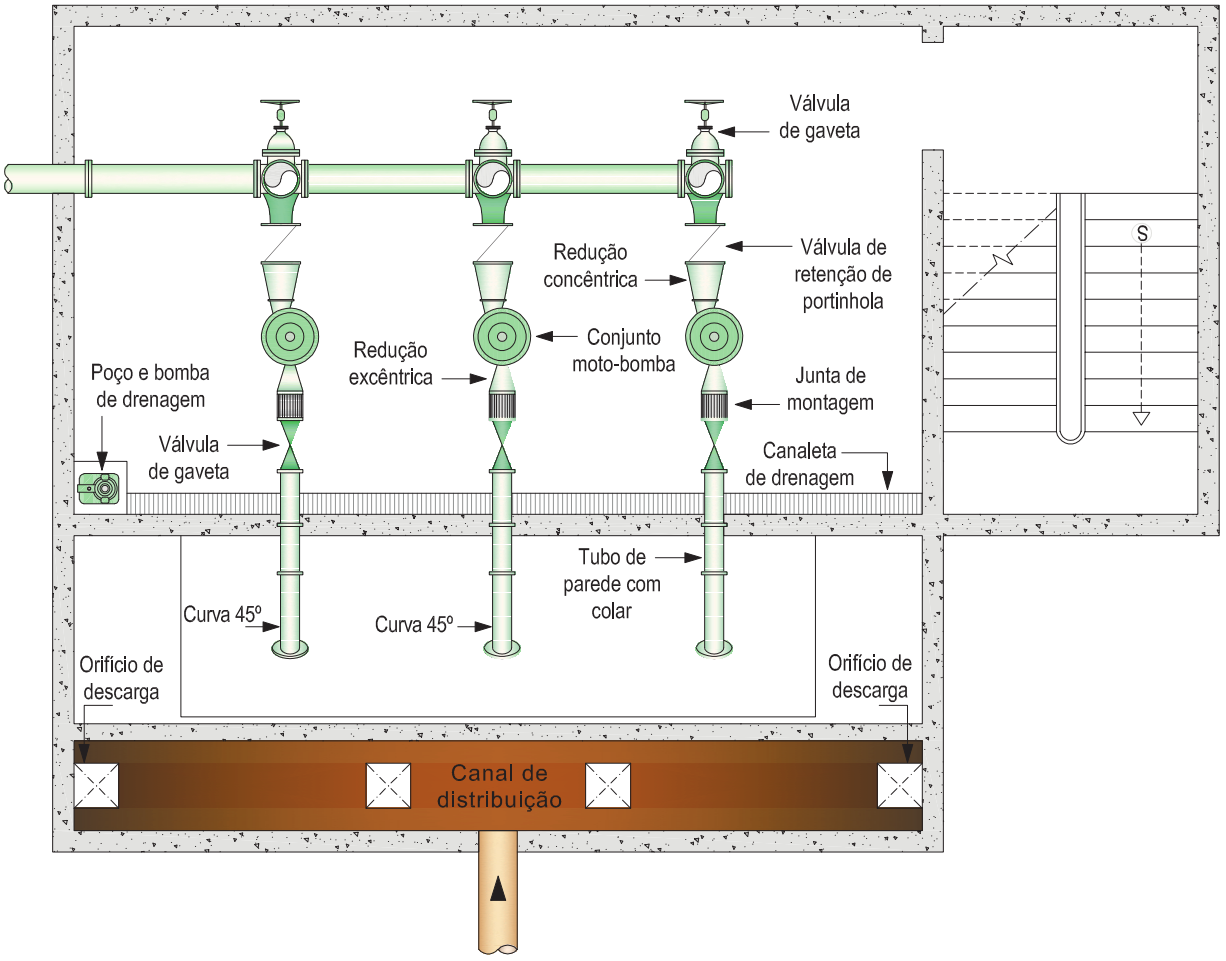


Figura 39 – Elevatória poço seco – planta.

Fonte: Adaptado de Crespo, 2001.

- **Nível térreo da elevatória**: o piso acabado deve situar-se, no mínimo, a 0,15 m acima do nível do terreno. Risco de inundação gerado por níveis de água em máxima enchente, possibilidades de ingresso de água pluvial ou exigências arquitetônicas podem justificar a cota do nível térreo acima do valor mínimo.
- **Níveis operacionais das bombas:** os níveis de água, fixados para comandar o funcionamento das bombas em operação normal, e uma bomba de reserva são os níveis de partida e de parada das bombas. A distância vertical entre o nível de partida da primeira bomba e o nível de partida de todas as bombas não deve ser inferior a 0,60 m.
- **Fixação do nível de água máximo (NAmax):** a fixação do NAmax depende da cota da soleira do coletor afluente ao poço de sucção e da intermitência das partidas das bombas. Em geral, NAmax deve coincidir com a soleira do coletor afluente da estação elevatória. Neste caso, NAmax a ser considerado é o nível de partida da bomba de reserva.

O volume do poço, entre o NAmax e o Namin, é calculado para que não ocorram partidas dos motores com intermitência maior que a recomendada pelo fabricante. Neste caso, considera-se como NAmax o nível de partida da primeira bomba.

- **Fixação do nível de água mínimo (NAmin):** são duas condições a serem respeitadas na fixação do NAmin: deve coincidir com a tangente superior da carcaça da bomba para garantir que a partida do conjunto seja feita sempre com a bomba escorvada;

deve respeitar o volume calculado do poço de sucção, de modo que não ocorra uma intermitência indevida na partida dos motores.

Nos dois casos considerar-se-á, como NAmin, o nível da parada de todas as bombas.

- **Cota do piso da sala de bombas:** o nível referencial para determinação dessa cota é o NAmin do poço de sucção. Desde que o NAmin coincida com a tangência superior da carcaça da bomba, a cota do piso da sala de bombas deverá ser caracterizada a partir das dimensões exigidas pela bomba na sua instalação. Na extremidade inferior do piso da sala de bombas deve ser previsto um canal estreito (0,10) com objetivo de conduzir a água de lavagem até uma caixa de drenagem.
- **Cota do fundo do poço de sucção:** do ponto de vista estrutural é importante que a cota do piso do poço de sucção seja a mesma que o piso da casa de bombas. Para este propósito, geralmente a bomba é instalada num pequeno pedestal (bloco de concreto).

A partir do nível de parada de todas as bombas, duas distâncias verticais deverão ser subtraídas para determinação da cota do fundo do poço de sucção: distância vertical do NA do desligamento (parada) das bombas até o eixo da boca da sucção, que depende da velocidade na sucção (Tabela 10); distância vertical desde o ponto inferior da boca de sucção até o fundo do poço, que depende do diâmetro da boca de sucção (Tabela 11).

Tabela 10 – Distância vertical mínima do NAmin até eixo da boca de sucção.

Distância vertical mínima desde o nível de parada (NAmin) até o eixo da boca de sucção	
Velocidade na sucção (m/s)	**Distância vertical mínima (m)**
0,60	0,40
0,70	0,50
0,80	0,70

Fonte: Crespo, 2001.

Tabela 11 – Distância vertical mínima da geratriz inferior da boca de sucção ao fundo do poço.

Distância vertical mínima desde o ponto inferior da boca de sucção ao fundo do poço	
Diâmetro da boca de sucção	**Distância vertical mínima**
100 mm	0,15
200 mm	0,15
300 mm	0,15
400 mm	0,20
500 mm	0,30
600 mm	0,30
700 mm	0,35
D>700 mm	D/2

Fonte: Crespo, 2001.

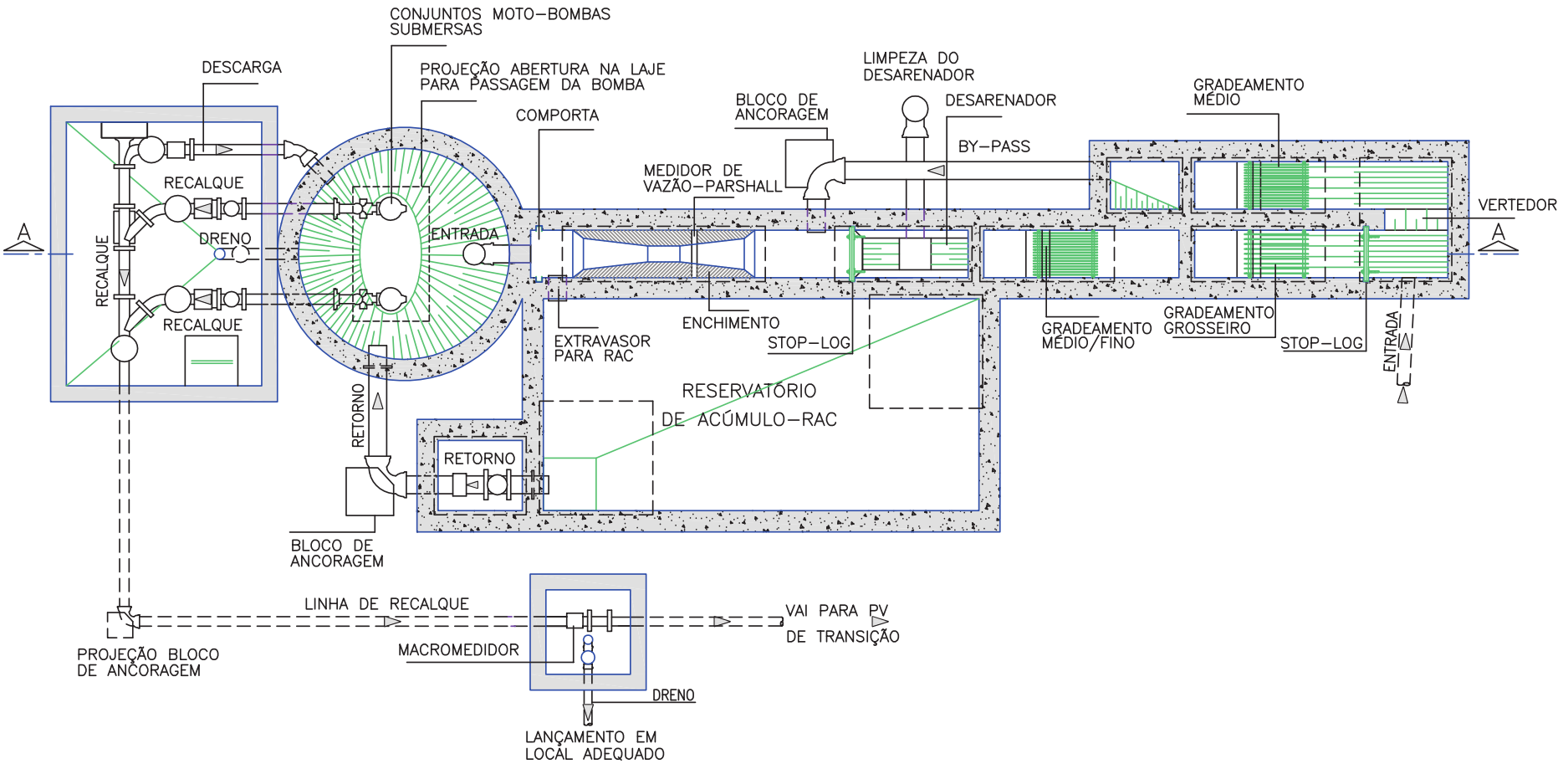
- **Estação elevatória com bombas centrífugas submersíveis**.

As elevatórias com bombas submersíveis são constituídas por dois compartimentos estruturais: poço de sucção ou poço de bombas; e câmara de válvulas, além do sistema de entrada e eventualmente o reservatório de acúmulo.

- **Poço de bombas:** as recomendações feitas para o poço de sucção das elevatórias com bombas centrífugas convencionais de poço seco são igualmente válidas nesse caso.
- **Câmara de válvulas:** trata-se de uma estrutura relativamente rasa. O propósito da câmara é abrigar as tubulações, as válvulas, as peças especiais, necessárias à operação dos conjuntos de recalque. As câmaras são frequentemente cobertas com grelhas metálicas. A água pluvial que ingressar à câmara deverá ser retirada ao próprio poço de sucção.
- **Planta da elevatória:** a disposição dos conjuntos deverá cuidar para que haja espaço suficiente entre as bombas, objetivando evitar qualquer interferência hidráulica na operação, respeitando as diretrizes dos fabricantes, bem como facilitar as operações de limpeza do poço. Para limpeza, manutenção ou reparos, as bombas necessitam ser retiradas do poço. Assim, verticalmente coincidente com as bombas, no nível térreo, deverão ser previstas aberturas para içar o equipamento. Cavaletes com polias ou roldanas facilitam o serviço dos operadores.

O esgoto deverá ser descarregado nos espaços livres entre as bombas. Para evitar o acúmulo de sólidos e a consequente dificuldade na limpeza, os cantos inferiores do poço serão chanfrados. É importante que o poço de sucção esteja permanentemente ventilado. A concentração de gases implica permanente risco de explosão. A umidade do ambiente transforma o gás sulfídrico em ácido sulfúrico, violentamente prejudicial para o concreto e as ferragens (Figura 40A).

- **Elevatória em elevação:** as cotas verticais que servem como referência nos projetos das elevatórias são a cota do terreno e a cota do coletor afluente. Assim, deverão ser determinadas, em sentido decrescente, as seguintes cotas básicas: nível térreo da elevatória; nível de água máximo; nível de água mínimo; nível de água de máxima enchente; cota do piso da casa de bombas; cota do fundo do poço de sucção (Figura 40B).
- **Nível térreo da elevatória:** o piso acabado situa-se aproximadamente a 0,15 m acima do nível do terreno.


CONJUNTOS MOTO–BOMBAS SUBMERSAS
DESCARGA
PROJEÇÃO ABERTURA NA LAJE PARA PASSAGEM DA BOMBA
COMPORTA
LIMPEZA DO DESARENADOR
BLOCO DE ANCORAGEM
DESARENADOR
GRADEAMENTO MÉDIO
BY–PASS
MEDIDOR DE VAZÃO–PARSHALL
VERTEDOR
A
A
RECALQUE
DRENO
RECALQUE
RECALQUE
ENTRADA
EXTRAVASOR PARA RAC
ENCHIMENTO
STOP–LOG
GRADEAMENTO MÉDIO/FINO
GRADEAMENTO GROSSEIRO
STOP–LOG
ENTRADA
RETORNO
RESERVATÓRIO DE ACÚMULO–RAC
RETORNO
BLOCO DE ANCORAGEM
LINHA DE RECALQUE
VAI PARA PV DE TRANSIÇÃO
PROJEÇÃO BLOCO DE ANCORAGEM
MACROMEDIDOR
DRENO
LANÇAMENTO EM LOCAL ADEQUADO

(A)

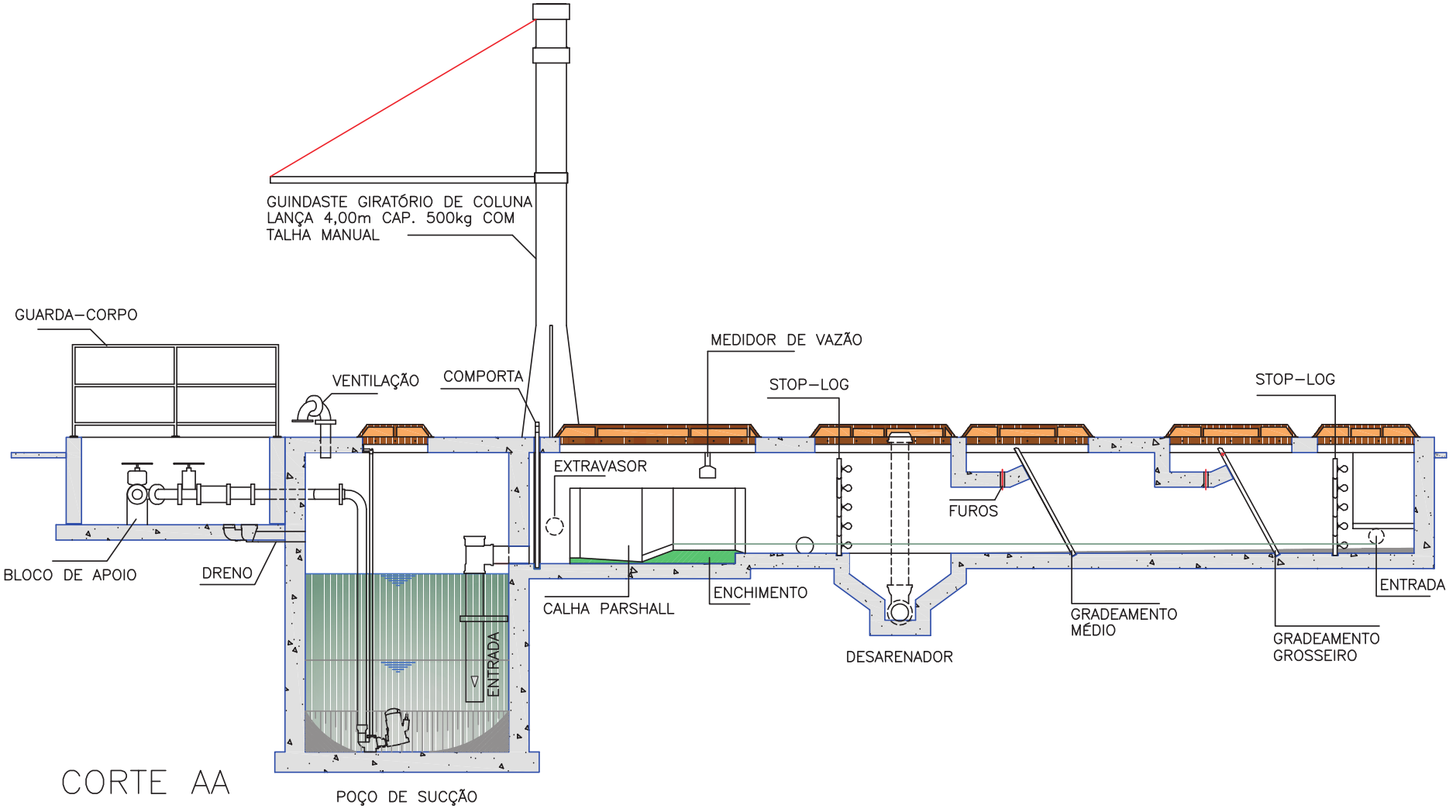


Figura 40 – Elevatória bomba submersível planta (A) e corte (B).

- **Fixação do nível de água máxima (NAmax):** segue a regra definida para a estação elevatória com bombas centrífugas convencionais em poço seco.

d) **Linha de Recalque:**

O diâmetro da tubulação está associado a velocidade e a perda de carga na linha, bem como a potência do equipamento de bombeamento.

A pesquisa do diâmetro econômico, considera os custos da instalação (tubulação) e da operação (conjunto elevatório e consumo de energia), iniciando-se, usualmente, com o predimensionamento pela fórmula de Bresse, para indicar a vizinhança dos diâmetros comerciais, dois inferiores e dois superiores, que serão cotejados no estudo econômico da linha de recalque.

D = K. Q1/2

D – Diâmetro, (m)

Q – Vazão (m^3/s)

K – Coeficiente de Bresse

O valor de K está vinculado a velocidade de escoamento econômico, geralmente em torno de 1,0 m/s (K= 1,12), com o intervalo usual entre 0,75 m/s (K= 1,30) a 1,50 m/s (K=0,92).

As tubulações utilizadas nas linhas de recalque de elevatórias de esgoto são as mesmas empregadas em condutos forçados citados no item 3.5.6.1.5. É importante observar as propriedades dos tubos quanto a durabilidade, vinculada a resistência à fadiga do material, devido o número elevado de ciclos (liga/desliga) no funcionamento diário de uma elevatória de esgoto.

4.5.3.2 Sistema condominial

O sistema condominial de esgotos é uma solução adequada, desenvolvida no Brasil na década de 1980, que pode ser implantado em qualquer região de uma localidade, especialmente quando os terrenos apresentam declividades acentuadas para os fundos, impedindo o escoamento da ligação predial para um coletor da rede pública convencional que estaria situado na rua frontal.

Desse modo, a rede coletora básica ou pública apenas tangencia o quarteirão-condomínio, em vez de circundá-lo, como no sistema convencional. As edificações são conectadas a essa rede pública por meio de ligação coletiva (ramal condominial) ao nível do "condomínio", cuja localização, manutenção e, às vezes, execução, são acordadas coletivamente, no âmbito de cada quarteirão, e com o prestador do serviço, a partir de um esquema de divisão de responsabilidade entre a comunidade interessada e o poder público. Em diversas experiências exitosas, a instituição provedora dos serviços de saneamento sempre opera o sistema misto convencional/condominial.

Os sistemas condominiais de esgotos sanitários geralmente são compostos pelas seguintes unidades: ligação predial, caixa de inspeção, ramal condominial, caixa de inspeção externa, rede coletora pública e seus órgãos acessórios, além de alguns outros componentes dos sistemas convencionais de esgoto, e eventualmente de microssistemas descentralizados de tratamento, conforme descrição e figuras ilustrativas a seguir:

- **Ligação predial:** tubulação com diâmetro mínimo de 100 mm e declividade mínima compatível, que faz a ligação entre o subcoletor de esgoto em cada edificação até a caixa de inspeção situada no ramal condominial (Figura 41).

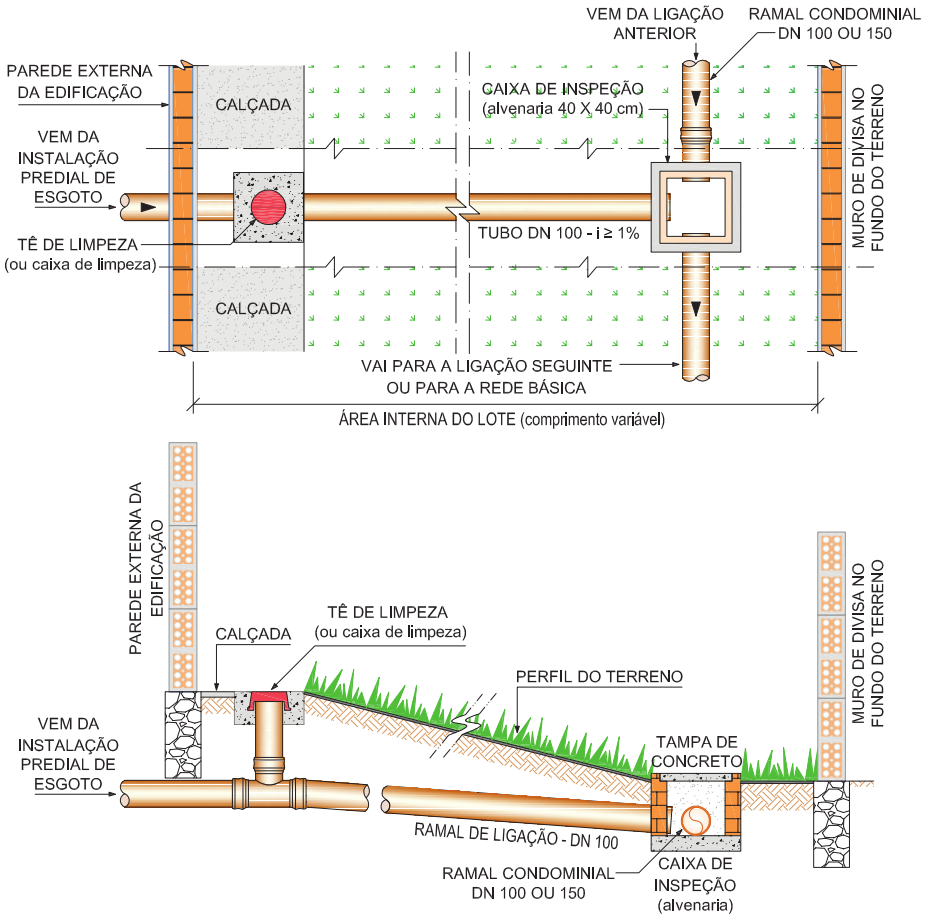


Figura 41 – Ligação predial.

- **Ramal condominial:** rede coletora que passa por dentro do lote e reúne as ligações dos usuários que compõem um condomínio (quarteirão), podendo ser de jardim ou de fundo, quando instalada na frente ou no fundo do lote. No fundo tem o menor custo, pois esgota todos os lotes de um conjunto por um só ramal (Figura 42).

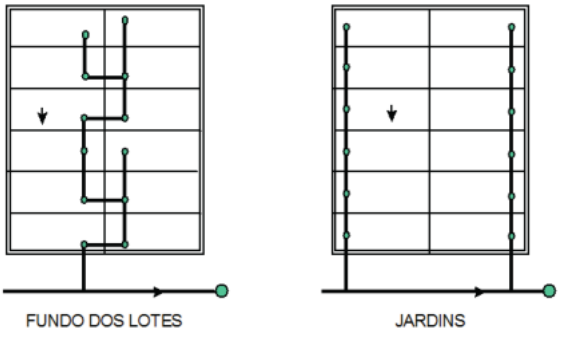


Figura 42 – Ramal condominial.

- **Caixa de inspeção (CI):** acessório instalado em cada lote para receber a ligação de uma edificação no ramal condominial e também construída nas mudanças de direção do ramal. Podendo ser executadas em alvenaria de tijolos e/ou em anéis de concreto, com diâmetro, ou largura, de 0,40 m para profundidade do coletor até 0,90 m, e com diâmetro, ou largura, de 0,60 m para profundidade do coletor entre 0,90 m e 1,20 m (Figura 43).

- **Caixa de inspeção externa (CIex):** acessório instalado no final de cada conjunto residencial, antes de ligar o ramal condominial interno à rede básica (rede pública no passeio ou na rua) e sempre que houver interligação de ramais condominiais, ou, ainda, construído na rede básica ou pública em substituição aos PVs sempre que estiver no passeio e a profundidade do coletor for até 1,20 m. Executado em alvenaria de tijolos ou anéis de concreto, com diâmetro ou largura de 0,60 m. O ramal condominial poderá também ser ligado diretamente no PV da rede coletora (Figura 44).

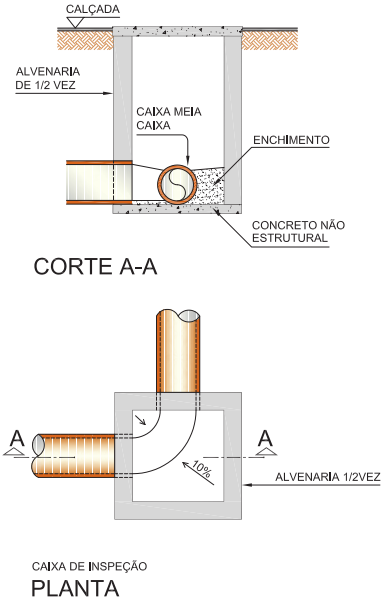


Figura 43 – Caixa de inspeção.

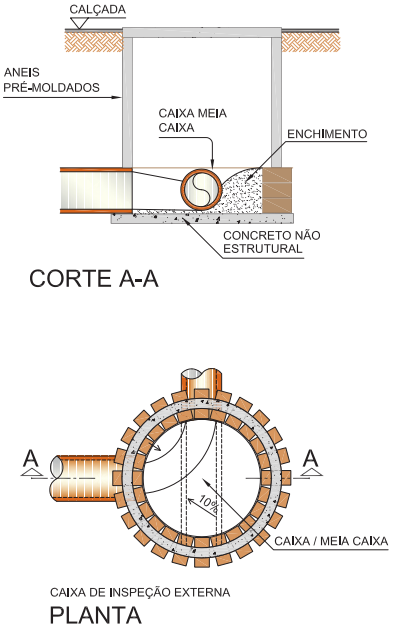


Figura 44 – Caixa de inspeção externa.

- **Rede básica:** rede coletora pública situada no passeio (rede dupla) ou na rua (rede simples), que reúne os efluentes da última caixa de inspeção de cada condomínio. As redes, inclusive a ligação à rede pública, serão de PVC (Figura 45).

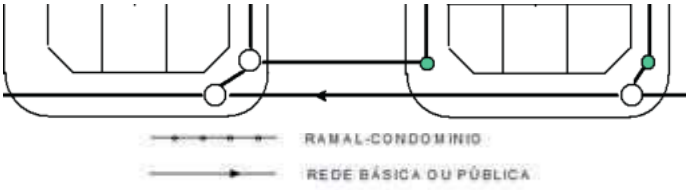


Figura 45 – Rede básica.

- **Unidade de tratamento:** em cada microssistema, poderá haver uma estação para tratamento dos esgotos descentralizada, geralmente constituída de um tanque séptico com filtro anaeróbio, ou, se existir uma rede coletora convencional próxima, a rede condominial deverá ser a ela ligada para o tratamento centralizado de esgotos (Figura 46).

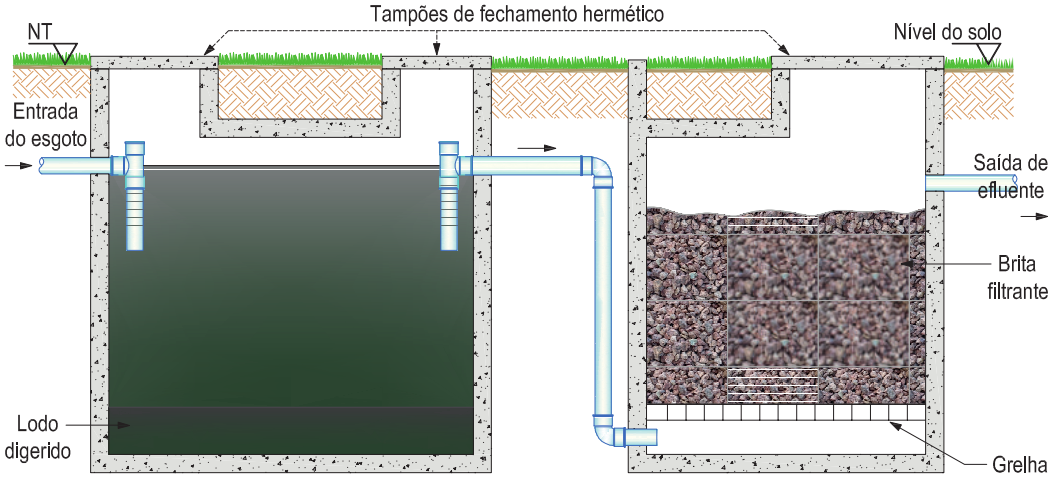


Figura 46 – Unidade de tratamento descentralizado (tanque séptico + filtro anaeróbio).

Fonte: Adaptado de ABNT, 1997.

4.5.3.2.1 Fases de elaboração do projeto do ramal condominial

A primeira fase do processo de execução de um sistema condominial de esgoto é a seleção da área para a implantação do sistema, recomendando-se iniciar com áreas não superiores a 300 ou 400 lotes para comprovar a aceitação da tecnologia e desenvolver os procedimentos específicos locais. É importante a realização de reuniões com os moradores de cada conjunto, para informações e esclarecimentos sobre os aspectos técnicos da construção, da operação e da manutenção do ramal condominial, assim como destacada a imprescindível concordância e participação da comunidade atendida para o êxito da solução proposta. O insatisfatório envolvimento e compreensão do modelo pela população beneficiada, desde as primeiras decisões, tem resultado em alguns relatos de insucessos.

Na sequência são realizados os levantamentos de campo, em croqui topográfico, para definir o traçado e permitir a elaboração do projeto executivo de cada ramal condominial.

a) **Croqui topográfico**.

Elaboração do croqui de cada conjunto, assinalando a posição das casas e fossas de cada lote e definindo as opções de passagem do ramal condominial pelos lotes. De posse do pré-lançamento dos ramais nos croquis, nova reunião com os moradores para a decisão final sobre o tipo de ramal a ser implantado.

O levantamento poderá ser feito com equipamento topográfico ou com mangueira de nível, definindo: uma referência de nível (RN) para cada inspeção (geralmente marcada num poste); profundidade da ligação predial de cada lote; uma caixa de inspeção (CI) para cada lote; cota do terreno em todas as CIs e Tês; CI externa na saída do ramal condominial para ligação com rede pública ou poço de visita (PV); demarcação dos ramais a aproximadamente 0,70 m do muro dos lotes; localização de CI na direção da ligação predial do morador.

b) **Projeto do ramal condominial**.

Na elaboração do projeto executivo, deve-se garantir que o morador seja atendido pelo ramal e que este tenha lançamento favorável em um ponto da rede pública, ou possa ser encaminhado para um tratamento descentralizado. Para tanto, devem ser previstos: profundidade mínima da CI abaixo da cota da ligação predial do morador; profundidade e declividade mínima do ramal em função do item anterior e nunca menor que 0,5%; evitar desvios do ramal; lançamento das CIs externas o mais próximo possível dos muros, garantindo que fiquem protegidas de tráfego de veículos; CIs intermediárias

para ramais longos a cada 50 m; lançamento do ramal condominial na almofada do PV na rede básica ou pública, formando uma canaleta de seção mínima de 50% da tubulação; um ramal condominial poderá ser interligado à CI externa de outro ramal, evitando uma entrada a mais na rede pública.

4.5.3.2.2 Critérios de dimensionamento e considerações para o projeto do ramal condominial

Do ponto de vista hidráulico, o ramal condominial deve ser dimensionado em conformidade com as recomendações técnicas de regime hidráulico, tensão trativa, declividade, velocidade e lâmina de água, usuais para rede convencional, aceitando-se, nos trechos iniciais, a tensão trativa com valor até 0,6 Pa. As demais considerações para a elaboração do projeto são:

a) **Diâmetro mínimo**.

O diâmetro mínimo admissível, tanto na rede convencional quanto na condominial, é 100 mm; todavia, deve ser ponderado que experiências relatam a frequência muito maior de entupimentos neste diâmetro em relação a redes construídas com DN150 mm.

b) **Recobrimento mínimo**.

No sistema convencional, o recobrimento das tubulações é 0,90 m para rede na via de tráfego e 0,65 m para rede no passeio. Assim, o ramal condominial deverá ter o recobrimento de 0,65 m no passeio e poderá chegar até 0,30 m no interior dos lotes.

c) **Profundidade mínima**.

Deve ser tal que permita receber os efluentes por gravidade, estando abaixo da cota de ligação predial do morador, garantindo que este seja atendido e também que proteja a tubulação contra impactos. Sempre que a declividade do terreno for superior à mínima, a tubulação terá declividade igual à do terreno, para que a profundidade da rede seja mantida igual à mínima e obtido o menor volume de escavação.

d) **Elementos de inspeção**.

Permitem o acesso de equipamentos de limpeza e de desobstrução de redes, constituídos de caixas de inspeção com diâmetros de 0,40 m ou de 0,60 m.

4.5.4 Tratamento dos esgotos em sistemas coletivos – ETE para pequenas localidades

Diversas formas ambientalmente sustentáveis para o tratamento e a disposição final dos esgotos devem ser estudadas e empregadas em pequenas localidades. As alternativas individuais, ou de pequeno agrupamento de residências, para o tratamento e a disposição final dos esgotos sanitários, deixam de ser indicadas a partir de uma determinada densidade demográfica, tornando viável e econômica a implantação de rede coletora de esgotos sanitários. Com a construção de rede coletora, o tratamento será coletivo, preferencialmente descentralizado por bacias ou sub-bacias de esgotamento, ou então centralizado em um só local para toda a coletividade, dependendo das situações encontradas e das condições de gestão e operação dos sistemas.

Especialmente em comunidades rurais e áreas periféricas, os sistemas descentralizados de coleta e tratamento de esgotos aparecem como alternativa importante para atender à demanda, porém devendo ser assegurados níveis de qualidade para o efluente final, em relação à proteção da saúde pública e ao meio ambiente, ajustados à legislação para o licenciamento ambiental.

São muitos os processos conhecidos e com domínio pleno na tecnologia do tratamento de esgoto. A seleção do melhor tratamento em cada situação deve considerar as condições locais, os objetivos, a eficiência desejada e a relação custo/benefício, incluindo-se as despesas operacionais.

Para as pequenas localidades são desejáveis as opções tecnológicas mais simples e preferencialmente naturais para o tratamento de esgotos predominantemente domésticos, que atendam aos principais requisitos:

- Baixo custo de implantação e de operação, com nenhuma ou mínima dependência de fornecimento de energia, equipamentos e peças.
- Adequada eficiência na remoção de poluentes com simplicidade operacional e de controle.
- Tecnologia aplicável em pequena escala (sistemas descentralizados), mas com flexibilidade para expansões futuras e aumento de eficiência no processo.
- Reduzido problema com o manejo e a disposição do lodo produzido e possibilidade de recuperação de subprodutos utilizáveis.
- Elevada vida útil e experiência prática na utilização da tecnologia.

4.5.4.1 Operações unitárias, processos e sistemas de tratamento

As instalações de tratamento são compostas por unidades de tratamento, nas quais se processam as operações unitárias, ou processos unitários, que são os responsáveis pela remoção de substâncias indesejáveis, ou a transformação destas em outras mais simples.

As operações unitárias costumam ser divididas em função dos fenômenos atuantes, predominantes, em:

- Operações físicas unitárias: gradeamento, homogeneização e mistura, sedimentação, flotação, filtração.
- Processos químicos unitários: coagulação química e floculação, precipitação química, adsorção, desinfecção.
- Processos biológicas unitários: oxidação ou estabilização biológica da matéria orgânica, remoção biológica de nutrientes, digestão de lodo.

Os sistemas de tratamento de esgotos são, então, formados por uma ou mais combinações de unidades de tratamento selecionadas em função do poluente a ser removido e do grau de eficiência desejado.

4.5.4.2 Nível ou grau de tratamento e eficiência

O nível ou grau de tratamento está condicionado à remoção dos poluentes necessários para adequar o efluente ao padrão de lançamento exigido pelo órgão ambiental em função das características do corpo receptor, tais como a capacidade de diluição e de autodepuração e o uso da água a jusante do ponto de lançamento. A eficiência de remoção de determinado poluente é a relação percentual entre o valor da concentração retirada dele e a sua concentração na entrada desta etapa.

Os níveis de tratamento da fase líquida do esgoto são usualmente classificados como: preliminar, primário, secundário e terciário**.**

Os quatro níveis de tratamento descritos poderão ser obtidos mediante o emprego de grande número de processos que utilizam unidade de tratamento isolada, ou em arranjos de unidades estudados conforme as condições locais e a eficiência desejada, sempre visando à simplicidade e ao menor custo de implantação e operação. As unidades de tratamento apresentam faixas percentuais de eficiência diferenciadas para cada poluente, em função do mecanismo de remoção predominante em cada unidade. Assim, os processos de tratamento têm eficiências variáveis, podendo ser ótima para determinado poluente e ruim para outro.

Para os esgotos predominantemente domésticos, os parâmetros principais para aferir a eficiência de um processo de tratamento são: sólidos suspensos totais, DBO total, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes.

A Tabela 12 mostra o nível de tratamento, a descrição sucinta do processo, ou conjunto de processos, e as respectivas eficiências máximas (em condições otimizadas de operação) e as mínimas (em condições precárias de operação) para cada um dos parâmetros importantes de controle. Ressalta-se que a tabela é apenas uma referência, para efeito de comparação preliminar, podendo existir ETEs com valores fora das faixas apresentadas.

Tabela 12 – Tabela de eficiências máximas e mínimas em processos usuais de tratamento de esgotos.

Nível	Descrição da alternativa de processo	SS total (%)		DBO total (%)		NTK (%)		Fósforo total (%)		Coliformes termotole-rantes (%)	
		Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.
Primário	Tratamento primário convencional	50	65	25	35	10	25	10	25	30	40
Primário	Tratamento primário avançado	60	90	50	70	25	35	70	90	90	99
Primário	Tanque séptico	50	70	30	40	10	20	10	20	80	90
Secundário	Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (reator UASB)	65	80	50	80	10	25	10	25	90	99
Secundário	Lagoa facultativa	70	80	70	85	20	30	20	30	95	99,99
Secundário	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	70	80	70	85	20	30	20	30	95	99,99
Secundário	Lagoa anaer. + lagoa facul. + remoção algas	90	95	85	95	30	40	60	75	99,9	99,99
Secundário	Lagoa aerada facultativa	70	80	75	85	20	30	20	30	95	99
Secundário	Lagoa aerada mist. completa + lagoa sedimentação	80	87	75	85	25	35	25	35	95	99
Secundário	Tanque séptico + filtro anaeróbio	70	85	70	85	15	30	15	30	90	99
Secundário	Tanque séptico + biodisco	85	95	85	95	25	35	25	35	90	99
Secundário	Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nitrogênio	85	93	85	95	80	95	40	50	90	99
Secundário	Biofiltro aerado submerso com nitrificação	85	95	85	95	80	95	35	45	90	99
Secundário	Filtro biológico percolador de alta carga	85	93	80	90	30	40	30	40	90	99
Secundário	Filtro biológico percolador de baixa carga	87	93	85	93	60	95	35	45	90	99
Secundário	UASB + filtro anaeróbio	75	85	75	85	15	30	15	30	90	99
Secundário	UASB + filtro aerado submerso ou biodisco	85	95	85	95	20	30	20	30	90	99
Secundário	UASB + biofiltro aerado submerso	85	95	85	95	20	30	20	30	90	99
Secundário	UASB + filtro biológico de alta carga	85	95	80	92	20	30	20	30	90	99
Secundário	UASB + flotação por ar dissolvido	85	97	75	92	15	25	70	85	90	99
Secundário	UASB + lagoa aerada aeróbia (mist. completa)	80	87	75	85	20	30	20	30	95	99

Nível	Descrição da alternativa de processo	SS total (%)		DBO total (%)		NTK (%)		Fósforo total (%)		Coliformes termotole-rantes (%)	
		Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.	Ef. mín.	Ef. máx.
Secundário	UASB + "*wetlands*"	87	93	85	95	30	60	25	35	99,9	99,9
Secundário	UASB + escoamento subsuperficial	85	97	85	97	40	75	25	50	99	99,9
Secundário	UASB + escoamento superficial	80	93	75	90	50	70	35	35	99	99,9
Secundário	UASB + lodos ativados convencionais	85	95	85	95	20/80	30/95	20	30	90	99
Secundário	Escoamento superficial	75	93	70	90	40	70	25	40	90	99
Secundário	Terras úmidas construídas ou tratamento por zona de raízes ("*wetlands*")	87	93	80	90	30	60	25	35	99,9	99,99
Secundário	Lodos ativados convencional (com/sem nitrific.)	87	95	85	95	30	40/95	35	45	90	99
Secundário	Lodos ativados convencional + remoção biológica de nitrogênio	85	95	85	95	80	95	40	50	90	99
Secundário	Lodos ativados convencional + remoção biológica de nitrogênio e fósforo	85	95	85	95	80	95	70	85	90	99
Secundário	Lodos ativados por batelada (aeração prol.)	85	95	85	97	85	95	35	45	90	99
Secundário	Lodos ativados com aeração prolongada	85	95	85	97	85	95	35	45	90	99
Terciário*	Infiltração lenta	90	98	90	99	75	90	30	45	99,99	99,99
Terciário*	Infiltração rápida	80	95	85	95	60	75	30	40	99,99	99,99
Terciário*	Tanque séptico + infiltração	93	95	90	98	60	90	30	40	99,99	99,99
Terciário	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	70	85	75	85	25	65	25	50	99,99	99,99
Terciário	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa alta taxa	70	80	75	85	25	65	50	60	99,9	99,99
Terciário	UASB seguido de lagoa de polimento	70	83	75	85	25	65	25	50	99,99	99,99
Terciário*	UASB seguido de vala de filtração	93	97	90	98	60	90	25	40	99,99	99,99
Terciário	Lodo ativado convencional + filtração terciária	93	97	90	98	35/80	45/95	40	50	99,99	99,99

Fonte: Moraes Júnior e Bon Júnior, 2004.

Nota: * Existe discussão sobre o enquadramento em nível terciário de alguns destes processos de disposição do esgoto no solo.

4.5.4.3 Unidades de tratamento

Considerando o objetivo desta publicação como apresentação de soluções de saneamento direcionadas principalmente para o saneamento rural e localidades pequenas, serão apresentadas as unidades de tratamento, ordenadas das mais simples para as mais complexas e de maior uso em municípios menores.

4.5.4.3.1 Tratamento preliminar

Consiste na passagem do esgoto que chega à ETE por grades de ferro ou aço e pelo desarenador, sendo um processo exclusivamente físico para a remoção de sólidos grosseiros em suspensão e de materiais inertes e pesados, detritos, especialmente areia, que provêm de lavagem, enxurradas, infiltrações, águas residuárias das indústrias e outros.

A composição dos resíduos retidos nas grades do tratamento preliminar depende fundamentalmente dos hábitos e da educação ambiental da população atendida, constituídos, em sua maior quantidade, de materiais estranhos, que são jogados indevidamente nos vasos sanitários ou lançados na rede de esgotos. As grades grossas e médias normalmente retêm percentuais elevados de plásticos, moldados e em filme; pequenos objetos, principalmente relacionados a crianças; estopas, fibras/fiapos e tecidos; cabelos; objetos de higiene; absorventes; preservativos; embalagens diversas, ou ainda produtos tóxicos de origem industrial, e muitos outros.

O tratamento preliminar é inevitável em qualquer um dos processos de tratamento em sistemas de esgotos, e também é usualmente empregado nas chegadas das estações elevatórias de esgotos para a proteção dos equipamentos de bombeamento, evitando abrasões, sedimentos incrustáveis nas canalizações e em partes componentes das ETEs, como decantadores, digestores, filtros, tanques de aeração e outras unidades. Objetiva, portanto, encaminhar para o tratamento apenas as substâncias constituintes naturais dos esgotos.

As unidades de tratamento usadas nesta etapa são: gradeamento e desarenador (Figuras 47 a 49).

Gradeamento

Nas pequenas estações de tratamento de esgotos, o gradeamento é normalmente realizado por meio de grades de barras de ferro paralelas, fazendo-se manualmente a remoção do material retido. O espaçamento entre barras classifica as grades em: grossas, com abertura de 4,0 a 10,0 cm; médias, com abertura de 2,0 a 4,0 cm; e finas, com abertura de 1,0 a 2,0 cm. A inclinação de 45º é a mais comumente usada, com os espaçamentos de 4,0 cm e 2,0 cm; portanto, nos limites entre média/grosseira e fina/média.

Nas instalações maiores, são usadas grades mecanizadas, peneiras rotativas e/ou trituradores. A velocidade de passagem e a perda de carga condicionam o dimensionamento das grades, pois uma velocidade elevada poderá arrastar o material retido e a baixa velocidade provoca deposição indesejada de sólidos. A faixa recomendada é de 0,6 m/s a 1,0 m/s para a vazão máxima de projeto, admitindo-se a perda de carga ocasionada pela obstrução de até 50% na área útil entre as barras.

Desarenador

Os desarenadores podem ser manuais ou mecanizados, sendo os manuais, tipo canal, os mais empregados nas pequenas estações de tratamento de esgotos. A velocidade do fluxo do esgoto na passagem pelo desarenador condiciona a decantação do material inerte (areia e outros minerais pesados), mas deve evitar a deposição da matéria orgânica. Assim, busca-se a remoção de partículas com diâmetros mínimos de 0,2 mm, o que implica a velocidade do fluxo ideal em torno de 0,3 m/s, com a mínima de 0,15 m/s e a máxima de 0,40 m/s.

A manutenção da velocidade próxima a este valor pode ser conseguida por meio de dispositivos hidráulicos, tais como vertedores proporcionais e outros, ou mais usualmente em calhas tipo Parshall, que também possibilitam a medição da vazão afluente de esgoto.



Figura 47 – Gradeamento e desarenador.

Fonte: Seixas, 2015.

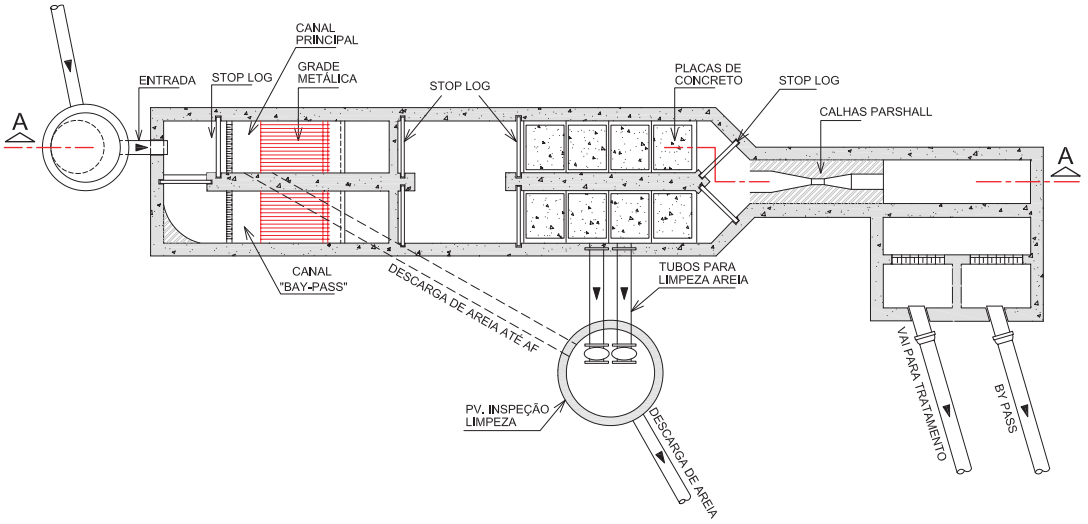


Figura 48 – Planta do tratamento preliminar – gradeamento e desarenador planta.

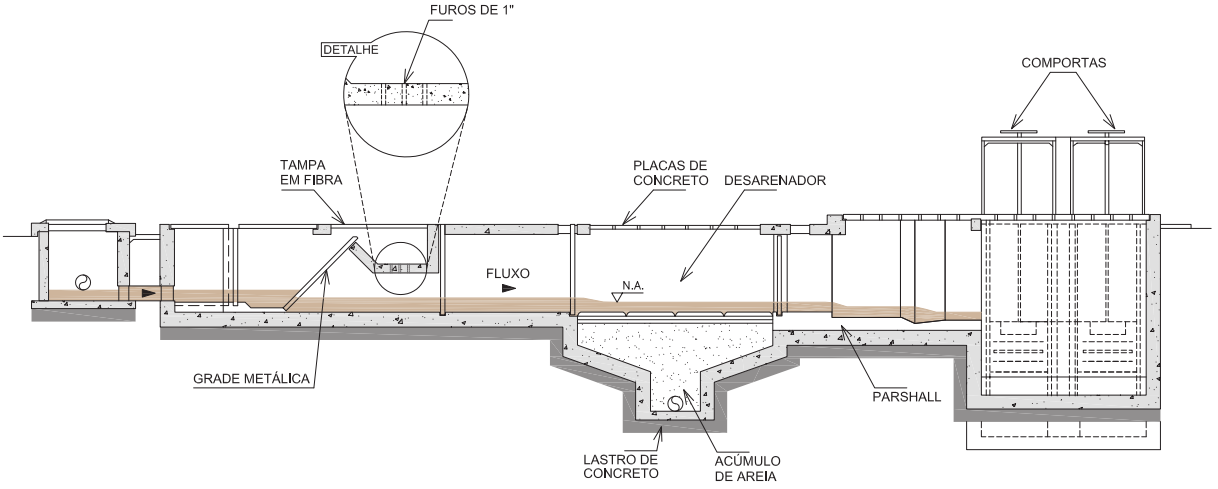


Figura 49 – Corte do tratamento preliminar – gradeamento e desarenador planta.

4.5.4.3.2 Tratamento primário

Visa remover os sólidos em suspensão sedimentáveis, incluindo a parte da matéria orgânica em suspensão grossa, sendo predominante o mecanismo físico de sedimentação e a fase de digestão e estabilização da matéria orgânica sedimentada pela via anaeróbia. Tem a finalidade de permitir que os esgotos sigam para as unidades de tratamento secundário, ou que eventualmente sejam lançados nos corpos receptores, embora esta seja uma condição muito especial, atualmente de difícil concessão em licenciamentos ambientais, por não cumprir o padrão mínimo de lançamento estabelecido na legislação.

Normalmente são obtidos, nesta etapa, os percentuais de remoção de 40% a 70% nos sólidos em suspensão, de 25% a 40% na DBO e nos coliformes.

As unidades de tratamento usuais nesta etapa são: decantador simples (primário); flotador simples; precipitador químico; decanto/digestor conjugado (tanque séptico, tanque Imhoff).

As lagoas anaeróbias e os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors* (UASB) – envolvem mecanismos biológicos em maior grau do que os decanto/digestores conjugados, sendo, por isso, classificados como tratamentos secundários, embora, isolados, não consigam atingir a qualidade em seus efluentes necessária para atender à legislação ambiental.

a) **Decantador simples (primário)**.

Os decantadores primários simples podem ser tanques retangulares ou circulares, nos quais o esgoto passa com baixa velocidade, de modo que os sólidos em suspensão sedimentem no fundo da unidade. Portanto, o parâmetro mais importante para o seu dimensionamento deve ser a taxa de aplicação ou de escoamento superficial, recomendada de 30 a 60 m^3/m^2.dia, e o tempo de detenção entre 1 a 2 horas para a vazão média. Nas unidades retangulares, a relação comprimento/largura não deve ser menor que 2:1.

A massa de sólidos depositados constitui o lodo primário de esgoto que, nas pequenas instalações, geralmente é retirado por meio de tubulação, usando-se uma carga hidráulica disponível mínima de 1,5 m para fazer a descarga próxima, ou por bombeamento, ou ainda por sucção a vácuo. Este lodo, não digerido, deverá ser conduzido para o digestor de lodo.

Respondem pela fase inicial do tratamento em processos nos quais são seguidos por unidades de tratamento secundário (Figura 50).

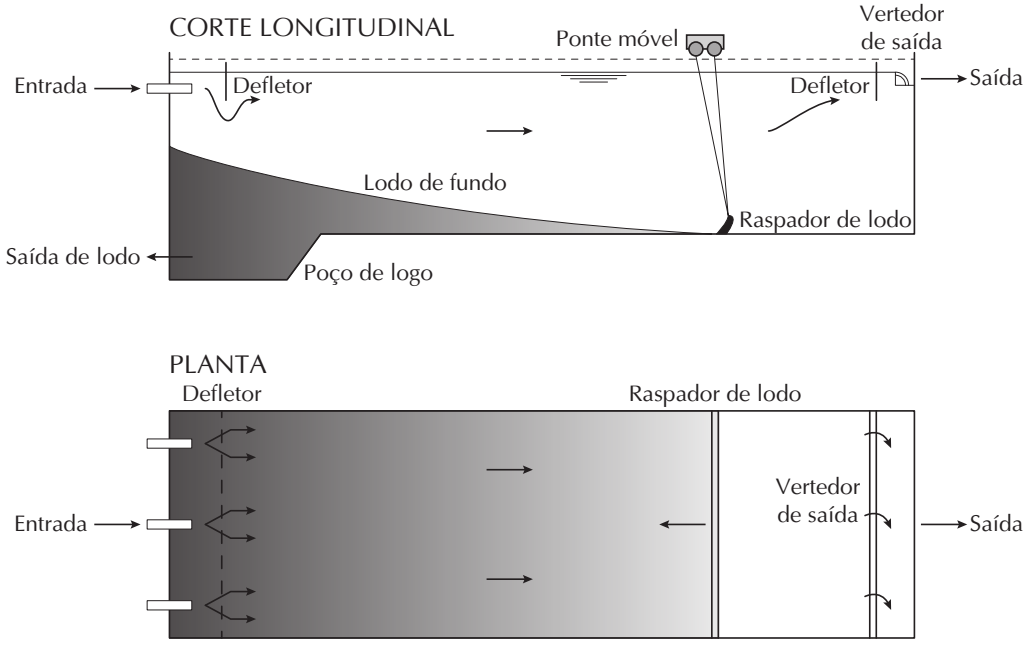


Figura 50 – Decantador primário planta.

b) **Decantadores/digestores conjugados**.

b.1) **Tanques sépticos**.

O tanque séptico (fossas sépticas) já foi apresentado no item 4.4.2.3, que abordou as soluções individuais de tratamento para habitação unifamiliar e edificações maiores isoladas, que sejam providas com instalações de abastecimento de água. Cabe aqui apenas uma descrição complementar do processo, visto que podem também ser utilizados em soluções coletivas, especificamente as de pequenas vazões em agrupamento de residências, para um máximo de 300/500 habitantes; todavia, recomendado economicamente para até 100 habitantes.

O efluente sólido acumulado (lodo) deverá ser removido periodicamente, conforme o período estabelecido no dimensionamento de cada unidade. A falta desta limpeza reduz acentuadamente sua eficiência. Geralmente, recomendam-se intervalos de limpeza de um a três anos, ou quando nível atingir 1/3 da profundidade do líquido nas unidades maiores. Os efluentes sólidos são retirados por caminhões limpa-fossa e devem ser lançados em estações de tratamento de esgotos com autorizações preestabelecidas.

b.2) **Tanques Imhoff/fossa OMS**.

São unidades de tratamento primário, similares aos tanques sépticos e destes diferenciados por terem câmaras sobrepostas, uma superior, de sedimentação, com paredes e fundo inclinados, e a outra inferior, de digestão. A única diferença entre a fossa OMS e o tanque Imhoff está no detalhe da construção da câmara de decantação. Na OMS, esta câmara é vedada por cima, impedindo qualquer comunicação de gases entre os dois compartimentos.

Os sólidos suspensos sedimentáveis precipitam-se da zona de decantação para a zona de digestão por meio de uma fenda (abertura) de 15 cm de largura entre as paredes de fundo e com o comprimento igual ao do tanque. A separação destas zonas permite reduzir o tempo de retenção e melhorar a qualidade do efluente líquido na operação unitária de sedimentação, bem como melhorar a digestão do lodo, devido à ausência de correntes ascendentes e descendentes, se comparados aos tanques sépticos comuns (Figura 51).

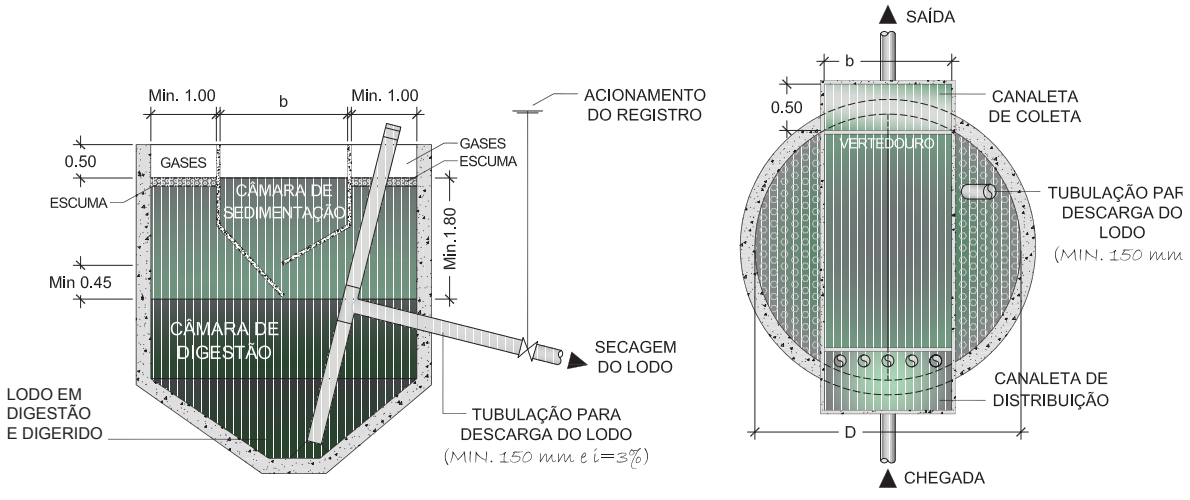


Figura 51 – Tanque Imhoff circular planta.

O tanque Imhoff não vem sendo um processo de tratamento ultimamente utilizado em nosso meio, sendo substituído, com vantagens, por reatores UASB.

4.5.4.3.3 Tratamento secundário

O tratamento secundário objetiva principalmente a remoção da matéria orgânica, eventualmente de micro-organismos e nutrientes como nitrogênio e fósforo, com predominância dos mecanismos biológicos (reações bioquímicas) nestes processos. Consegue-se substancial redução na matéria orgânica em suspensão fina, que não foi removida no tratamento primário, e na matéria orgânica na forma de sólidos não sedimentáveis, dissolvidos (DBO solúvel).

Dependendo da tecnologia empregada no tratamento secundário poderá, ou não, existir a etapa de tratamento primário, podendo-se conseguir, neste nível de tratamento, os percentuais de remoção de 60% a 99% na DBO e nos coliformes, e de 10% a 50% nos nutrientes.

Os processos de tratamento biológicos naturais aplicados nesta etapa, constituídos por uma só unidade de tratamento que produz efluente de qualidade satisfatória para o lançamento final, são as lagoas facultativas e as lagoas aeradas facultativas.

São inúmeros os sistemas de tratamento biológicos, nesta etapa, formados pelo arranjo de unidades de tratamento, sendo que as maiores eficiências na remoção dos poluentes são obtidas colocando-se uma unidade de tratamento aeróbio como pós-tratamento de uma unidade anaeróbia.

a) **Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo**.

A partir da década de 1980 a tecnologia do tratamento anaeróbio de esgotos domésticos passou a ter destaque crescente devido à ampliação do conhecimento sobre projetos, construção e operação dos reatores de manta de lodo, com denominação original de *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors* e conhecido mundialmente pela sigla UASB, embora sejam também usadas diversas denominações (RALF, RAFA, DAFA, RAFAL, RAMAL e outras).

Considerando os mecanismos desenvolvidos em seu interior, estas unidades de tratamento são enquadradas como nível secundário. Todavia, o seu efluente, embora normalmente apresente melhor qualidade do que os de outras unidades anaeróbias, também precisará de alguma forma de pós-tratamento para a sua disposição final adequada, devido à limitada redução de matéria orgânica, ao baixo decréscimo de patógenos e de nutrientes, e ocasionalmente apresentar aspecto e cheiro desagradáveis, inerentes a todos os efluentes anaeróbios. Normalmente são unidades iniciais de sistemas de tratamento biológico de esgotos, os quais podem ser seguidos por inúmeras opções de unidades secundárias.

O desenvolvimento de pesquisas na área do tratamento anaeróbio levou aos "sistemas de alta taxa", nos quais o aspecto da mistura hidráulica é otimizado de maneira que as unidades podem ser projetadas com baixo tempo de detenção hidráulica e elevado tempo de retenção de sólido, produzindo pouco descarte de lodo. Superam em vantagens as unidades de tratamento anaeróbio convencionais, principalmente no que diz respeito a requisitos de área, à simplicidade de projeto, à operação e à manutenção e à boa redução na matéria orgânica, tendo igualmente aplicabilidade em pequenas e grandes instalações. Também são de baixo custo de implantação e de operação, por consumir pouca ou nenhuma energia, e ainda produzir o biogás que poderá ser aproveitado.

Para intensificar a mistura do esgoto bruto que chega à unidade, com os micro-organismos presentes (biomassa), é importante a distribuição uniforme do afluente no fundo, provocando um fluxo hidráulico ascendente, que, na subida, passa pelo leito de lodo biológico em camadas de grânulos densos ou em flocos que se formam pela autoadesão dos próprios micro-organismos, com elevada atividade metabólica anaeróbia. Assim, neste contato os sólidos suspensos ficam retidos e ocorrem também as reações bioquímicas nos sólidos solúveis, enquanto o líquido continua a subir até a calha de coleta superior do efluente do reator. Esta configuração é a principal característica e vantagem desta unidade de tratamento, que permite o desenvolvimento de uma grande quantidade de flocos e grânulos de alta densidade e resistência mecânica, bem como a sua permanência durante muitos dias no reator, até ser necessário o descarte parcial para reduzir o volume desta camada de lodo. Apesar de o princípio fundamental do processo ser a manutenção de todo o lodo em suspensão, formam-se camadas de espessura e densidade distintas em seu interior (entre 1 e 5 mm de tamanho), sendo que as mais densas, com alta concentração de sólidos (grânulos e materiais inertes), ficam no fundo (leito de lodo), e as mais leves e menos concentradas (flocos) na região expandida superior (manta de lodo) (Figura 52).

O cultivo de um lodo anaeróbio de boa qualidade é conseguido por meio de um processo cuidadoso de partida, durante o qual a seleção da biomassa é imposta, permitindo que o lodo mais leve, de má qualidade, seja arrastado para fora do sistema, no mesmo tempo em que o lodo de boa qualidade é retido. O lodo mais denso apresenta uma concentração de sólidos totais da ordem de 20 a 50 g SST/l.

Na parte superior do reator é necessária a instalação de um separador trifásico (gases, sólidos e líquidos) bem projetado, que garanta a retenção e o retorno do lodo para formar a biomassa responsável pela grande atividade metabólica anaeróbia, no mesmo tempo em que libera eficientemente o biogás e que deixa sair o líquido, sem levar partículas em suspensão.

Podem ocasionalmente apresentar problemas de maus odores, geralmente provenientes da formação de gás sulfídrico e seu escape do coletor de gases, ou dissolvido no efluente líquido e depois liberado para a atmosfera. No entanto, é possível adotar medidas para o perfeito controle deste problema.

Os reatores UASB exigem a implantação de programa de monitoramento com a frequência de amostragens e análises diária de alguns parâmetros, e semanais, quinzenais e mensais de outros. Também deve ser observado e desobstruído diariamente, se necessário, o dispositivo de alimentação, para a correta distribuição do esgoto no fundo do reator.

O lodo retirado dos reatores UASB não requer tratamento adicional para sua estabilização, saindo digerido e necessitando apenas de processamento para desaguamento e sua disposição final, ou então higienização para aproveitamento agrícola.

No dimensionamento de reatores UASB os critérios normalmente usados são a carga hidráulica volumétrica (e/ou tempo de detenção hidráulica), a velocidade superficial do fluxo (ou velocidade ascensional), a carga orgânica volumétrica e a carga biológica (de lodo). Existe estreita relação entre a velocidade ascensional, a altura do reator e o tempo de detenção hidráulica. As equações que mostram estas relações são:

$$TDH = \frac{V}{Q} \qquad (12)$$

e

$$CHV = \frac{Q}{V} \quad ou \quad CHV = \frac{1}{TDH} \qquad (13)$$

Onde:

TDH **=** tempo de detenção hidráulica (dia).

V **=** volume total do reator (m^3).

Q **=** vazão (m^3/dia).

CHV **=** carga hidráulica volumétrica (m^3/m^2.dia).

E também:

$$\nu = \frac{q}{A} = q \cdot \frac{H}{v} = \frac{H}{TDH} \qquad (14)$$

Onde:

ν = velocidade superficial do fluxo, ou velocidade ascensional (m/h).

q = vazão (m^3 /h).

A = área da seção transversal do reator (m^2).

H = altura do reator (m).

Os valores recomendados para projeto são mostrados nas Tabelas 13 e 14:

Tabela 13 – Tempo de detenção hidráulica em reatores UASB tratando esgotos domésticos.

Temperatura do esgoto (ºC)	Tempo de detenção hidráulica (h)	
	Para vazão média diária	Para vazões máximas (períodos de picos até 4 horas)
16 - 19	>10 - 14	>7 - 9
20 - 26	>6 - 9	>4 - 6
>26	>6	>4

Fonte: Campos, 1999.

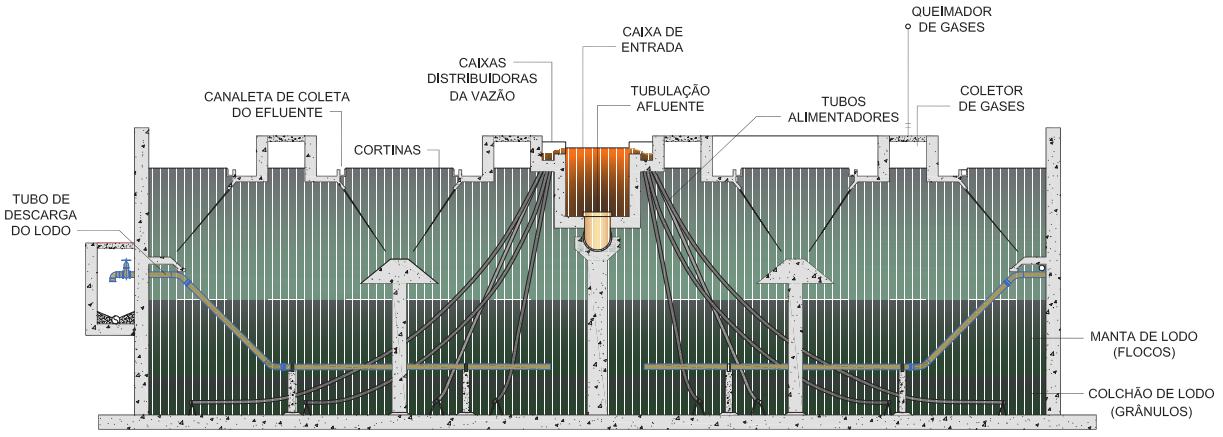
Tabela 14 – Velocidades superficiais em reatores UASB tratando esgotos domésticos.

Vazão afluente	Velocidade superficial ou ascensional (m/h)
Vazão média	0,5 - 0,7
Vazão máxima	0,9 - 1,1
Vazão picos temporários*	< 1,5

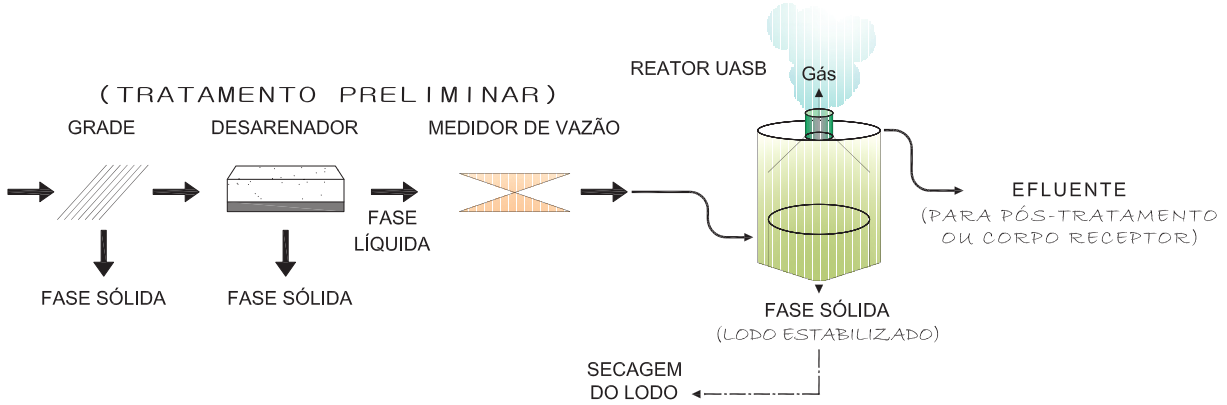
Fonte: Campos, 1999.
Nota: * Picos de vazão com duração máxima até 4 horas.

A vazão afluente deverá ser equitativamente dividida em compartimento projetado com esta finalidade na parte superior, visível, de fácil inspeção, seguindo depois para distribuição do esgoto no fundo do reator, individualizada por tubos com diâmetros de 75 ou 100 mm, com área de influência limitada entre 2,0 a 3,0 m² para cada um.

As eficiências dos reatores UASB na remoção de DBO e DQO são afetadas de forma significativa pelo tempo de detenção hidráulica, cuja relação foi definida por meio de resultados experimentais. Entretanto, na prática é usual adotar-se um valor entre 60% e 70% para a remoção de DBO nos reatores UASB. A Figura 52 ilustra um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo UASB.



(A) Funcionamento do reator UASB



(B) Instalação do reator UASB

Figura 52 – Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo – UASB.

Fonte: Chernicharo, 1997.

b) **Filtro anaeróbio**.

Na década de 1960 foram publicadas pesquisas realizadas nos Estados Unidos permitindo a maior divulgação e a aplicação racional desta unidade de tratamento de esgoto, com fluxo ascendente em leito fixo submerso e que promove a decomposição da matéria orgânica por bactérias anaeróbias, cuja eficiência foi confirmada por experiências realizadas em universidades brasileiras na década de 1970. Alguns experimentos mostraram que poderia ter como afluente o esgoto bruto após tratamento preliminar; entretanto, a facilidade da obstrução dos vazios pelos materiais grosseiros contraindicaram seu emprego no tratamento primário. Assim, passou a ser amplamente utilizada como segunda unidade, pós-tanque (fossa séptica), na composição mais simples, efetiva e comum para o tratamento de esgotos de unidades isoladas e pequenas aglomerações de moradias.

A implantação dos reatores UASB, em escala real, para o tratamento de esgotos domésticos, constatou que seu efluente exigia redução adicional de DBO para o lançamento em corpos receptores. Assim, os filtros anaeróbios passaram a ser pesquisados como uma opção viável e econômica para o pós-tratamento de reatores UASB, permitindo atingir o nível secundário de tratamento, mesmo em sistemas de médio porte. Entretanto, para estas unidades de maior porte, os critérios estabelecidos na legislação brasileira precisaram ser alterados por meio de estudos que permitiram evolução tecnológica, especialmente em relação às alturas do fundo falso e da camada suporte, no sistema de distribuição do afluente e nos dispositivos para a amostragem e o descarte de lodo.

O filtro anaeróbio tem como princípio fundamental promover o contato dos compostos orgânicos solúveis contidos no esgoto a ser tratado com uma massa de sólidos biológicos (biomassa) mantida no reator para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica, assim como nos reatores UASB. Todavia, diferentemente destes, no filtro anaeróbio existe um meio suporte, contido em um tanque de forma cilíndrica ou retangular, no qual os micro-organismos crescem aderidos (Figura 53). Além de formarem o biofilme na superfície, os micro-organismos estabelecem uma biomassa dispersa nos espaços vazios do material suporte. Também criam flocos e grânulos no espaço entre a laje de fundo e a laje do fundo falso, em que chega o esgoto e processa-se a distribuição da vazão na unidade.

O meio suporte tradicional é a pedra brita nº 4 ou nº 5, porém geralmente utilizada em pequenas unidades, tendo sido substituída principalmente por diferentes tipos de plásticos e diversos outros materiais. A área superficial específica do meio suporte tem interesse, porém não é fator decisivo para a sua escolha, visto que o formato geométrico não achatado e uma granulometria uniforme, que proporcionam maior percentual de vazios para a manutenção da biomassa suspensa e reduzem a possibilidade de colmatação, são mais importantes. A sua escolha dependerá da disponibilidade local de materiais, condições específicas e considerações econômicas e operacionais.

A altura do meio suporte deve ser suficiente para promover a máxima remoção da matéria orgânica e dificultar o arraste dos sólidos biológicos com o efluente da unidade. Inicialmente alguns autores indicavam 2,00 m como altura mínima; no entanto, pesquisas mais recentes mostraram que a remoção ocorre principalmente na parte inferior, abaixo do fundo falso, bem como no início da camada suporte (até 0,60 m). A norma brasileira preconiza a altura de 1,20 m no leito filtrante, inclusa a altura do fundo falso, e profundidade útil total de 1,80 m, para filtros anaeróbios após tanques sépticos (Figura 55).

Para o dimensionamento das unidades usadas como tratamento complementar de tanques sépticos, a norma brasileira estabelece o uso das fórmulas:

$$V = 1{,}60 \cdot N \cdot C \cdot T \qquad (15)$$

e

$$S = \frac{V}{1{,}80} \qquad (16)$$

Onde:

V = volume útil do leito filtrante (litros).

N = número de contribuintes (habitantes).

C = contribuição de despejos (litros/pessoa.dia) (Tabela 4).

T = tempo de detenção hidráulica (dias) (Tabela 5).

S = área da seção horizontal (m^2).

Alguns aspectos a serem observados na construção dos filtros anaeróbios são também recomendados na mesma norma e destacados abaixo:

- O tanque deverá ter forma cilíndrica ou prismática retangular.
- A altura do fundo falso deve ser limitada a 0,60 m, já incluindo a espessura da laje.
- O volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1.000 litros.
- A carga hidrostática mínima no filtro é de 1 kPa (0,10 m); portanto, o nível da saída do efluente do filtro deve estar 0,10 m abaixo do nível de saída do tanque séptico.
- O fundo falso deve ter aberturas de 2,5 cm a cada 15 cm. O somatório da área dos furos deve corresponder a 5% da área do fundo falso.
- A distribuição do afluente realizada com tubos verticais perpendiculares ao fundo e distante deste 0,30 m e com área de abrangência de cada bocal inferior a 3,0 m^2.
- O sistema de drenagem para a limpeza, com fluxo descendente, sendo um tubo diâmetro 150 mm a cada 3,0 m^2 de área de fundo.
- A cobertura do filtro anaeróbio com laje de concreto e abertura para inspeção. Podem ser descobertos os filtros cuja coleta de efluente é feita com tubos perfurados no meio da camada de brita, ou que mantenham lâmina líquida clarificada na superfície.
- A altura total do filtro anaeróbio, em metros, é obtida pela equação $H=h+h_1+h_2$, onde: H é a altura total interna do filtro anaeróbio, h é a altura total do leito, h_1 é a altura da calha coletora ou lâmina livre e h_2 é a altura sobressalente ou do vão livre (variável).
- Os materiais de construção poderão ser concreto, fibra de vidro, plásticos de alta resistência.

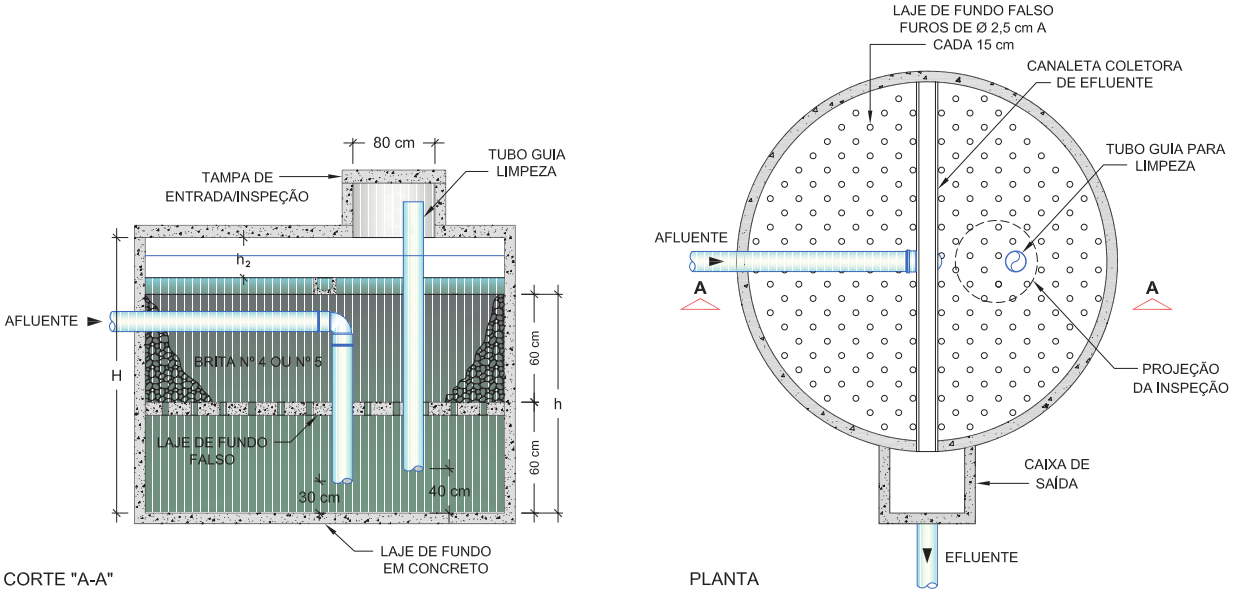


Figura 53 – Filtro anaeróbio cilíndrico e detalhe do fundo falso.

Fonte: ABNT, 1997.

A limpeza do filtro anaeróbio deverá ser feita de três a seis meses, ou quando se observar a obstrução do leito filtrante, para a remoção do excesso de lodo. Para esta operação, efetuar descarga de fundo ou utilizar um caminhão limpa-fossa, ou uma bomba de recalque, introduzindo-se o mangote de sucção pelo tubo guia. Caso isto seja insuficiente para a retirada do lodo, lançar água sobre a superfície do leito filtrante por meio de lavagem por contrafluxo, drenando-o novamente. A lavagem completa do filtro, ou seja, a retirada de toda a biomassa, não é recomendada, pois retarda o reinício da operação do filtro, devendo-se deixar uma pequena parcela do lodo diluído. O material retirado na limpeza do filtro anaeróbio não poderá ser despejado no meio ambiente, devendo ser levado para uma estação de tratamento de esgoto ou para um leito de secagem.

Em instalações de porte mediano, vem sendo aplicada uma unidade de tratamento que acopla um tanque séptico com duas câmaras em série, separadas por uma parede provida de abertura para a passagem do esgoto no terço superior, seguido por um filtro anaeróbio de fluxo ascendente. A primeira câmara é o principal reator biológico e seu volume deve corresponder a 2/3 do volume total do tanque séptico, calculado com a vazão média e tempo de detenção usual de 8 horas.

O filtro anaeróbio acoplado, com altura de 0,60 m, tem o fundo inclinado, e a abertura de comunicação permite a fácil limpeza do leito filtrante, com a remoção do lodo em excesso para a segunda câmara do tanque séptico. Objetivando maior redução na matéria orgânica do efluente final, o esgoto deste conjunto poderá então ser dividido e conduzido para os filtros anaeróbios descendentes que ladeiam a unidade, sendo distribuído por meio de tubos perfurados sobre o leito filtrante e coletado no fundo também por tubos perfurados. A eficiência média conseguida é na ordem de 60% a 85% na remoção de DBO, dependendo da carga afluente, do tempo de detenção hidráulica e das condições de operação (Figuras 54, 55 e 56).

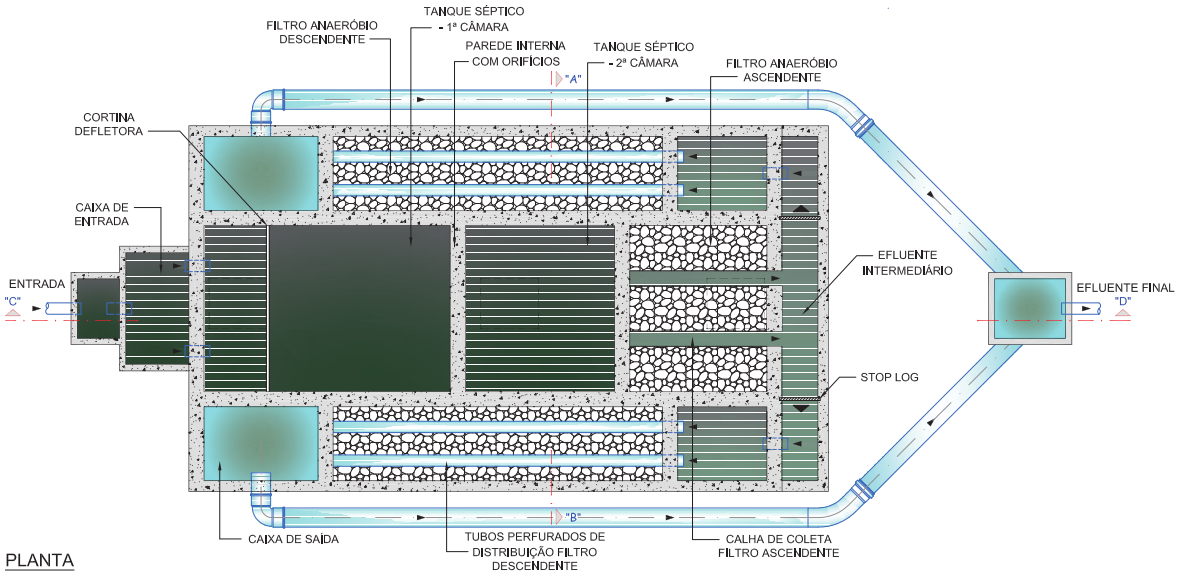


Figura 54 – Tanque séptico e filtro anaeróbio conjugados – planta baixa.

Fonte: Andrade Neto, 1999.

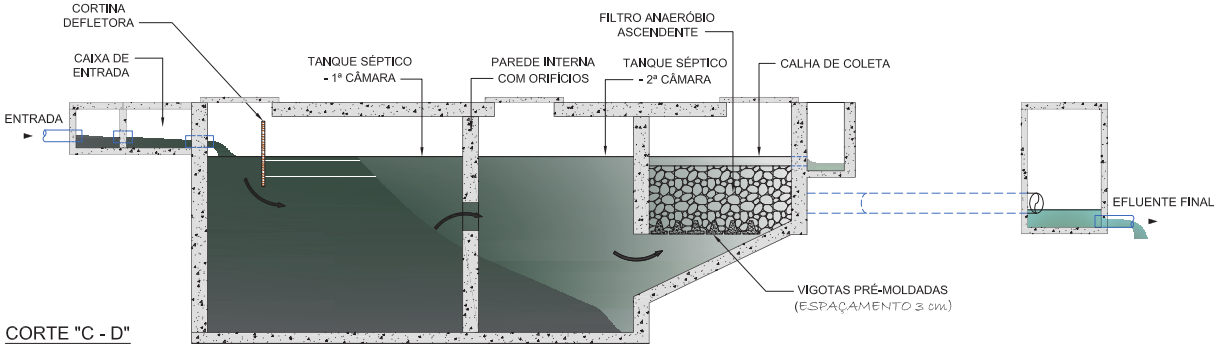


Figura 55 – Tanque séptico e filtro anaeróbio conjugados – corte longitudinal (CD).

Fonte: Andrade Neto, 1997.

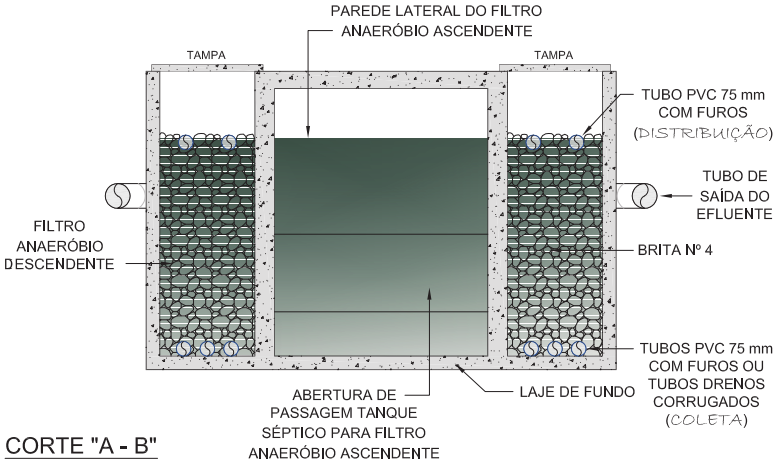


Figura 56 – Tanque séptico e filtro anaeróbio conjugados – corte transversal (AB).

Fonte: Andrade Neto, 1997.

Para as estações de tratamento maiores, com filtros anaeróbios de portes médio e grande, as experiências realizadas em escala real definiram critérios e parâmetros para os projetos que consideram a vazão afluente: o tempo de detenção hidráulica, a taxa de aplicação superficial e a carga orgânica volumétrica em relação ao volume total do filtro anaeróbio e em relação ao volume da camada de meio suporte, conforme Tabela 15.

Tabela 15 – Parâmetros recomendados para projeto de filtros anaeróbios aplicados como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.

Critérios/parâmetros de projeto	Faixa de valores (em função da vazão)		
	Para $Q_{média}$	Para $Q_{máxima\ diária}$	Para $Q_{máxima\ horária}$
Material do meio suporte	Pedra	Pedra	Pedra
Altura do meio suporte (m)	0,8 a 3,0	0,8 a 3,0	0,8 a 3,0
Tempo de detenção hidráulica (h)	5,0 a 10,0	4,0 a 8,0	3,0 a 6,0
Taxa de aplicação superficial (m^3/m^2.dia)	6,0 a 10,0	8,0 a 12,0	10,0 a 15,0
Carga orgânica (kgDBO/m^3.dia)	0,15 a 0,50	0,15 a 0,50	0,15 a 0,50
Carga orgânica no meio suporte (kgDBO/m^3.dia)	0,25 a 0,75	0,25 a 0,75	0,25 a 0,75

Fonte: Chernicharo, 2001.

Dos parâmetros intervenientes estudados, o tempo de detenção hidráulica demonstrou ser aquele que mais afeta o desempenho dos filtros anaeróbios, tratando esgotos domésticos; assim, os valores de limites inferiores devem ser evitados.

A velocidade superficial (ou taxa de aplicação) influi decisivamente para evitar a perda de sólidos no efluente; por isso, no dimensionamento, deve ser fixada abaixo de 1,0 m/h, verificada para as variações de vazões máximas do projeto.

Estes filtros, de maior escala, têm a configuração chamada híbrida, na qual a altura do compartimento inferior, de entrada, deverá estar entre 0,50 m e 0,80 m, e a altura do meio suporte entre 0,80 m e 3,00 m, sendo de 1,50 m o valor mais usual. Para a distribuição equitativa da vazão junto ao fundo, poderão ser usadas as mesmas considerações relativas aos reatores UASB, assim como os sistemas de amostragem e de descarte de lodo.

A degradação de esgotos mais complexos tem uma fase inicial de hidrólise que necessita de temperaturas acima de 25º C; assim, a temperatura desempenha papel fundamental. Ademais, mudanças constantes de temperatura afetam mais a eficiência do que se eles operarem com temperaturas que, embora diferentes, permaneçam estáveis por períodos mais longos.

A faixa mais provável para a remoção de DBO, no conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio de fluxo ascendente, situa-se no intervalo entre 50% e 75%. Esta eficiência é influenciada pelas condições operacionais e grau de manutenção e diretamente pela temperatura, sendo os limites inferiores referentes a temperaturas abaixo de 15º e os superiores em temperaturas acima de 25º. A eficiência dos filtros só poderá ser constatada três meses após o início da operação, que é o tempo necessário para a entrada em seu regime.

A eficiência na remoção de DBO esperada para os filtros anaeróbios como unidade secundária, após tratamento prévio em reatores UASB, em estações de tratamento de esgotos bem projetadas e operadas, varia entre 75% e 85%.

c) **Lagoa anaeróbia**.

As condições climáticas, especialmente temperaturas médias elevadas, fazem das lagoas de estabilização uma alternativa muito apropriada para o tratamento de esgotos domésticos. São o mais simples método de tratamento de esgotos existente. Construídas por meio de escavação no terreno natural, cercado de taludes de terra ou revestido com placas de concreto. Geralmente têm a forma retangular (Figura 57).

A lagoa anaeróbia não é usada isoladamente devido ao seu efluente apresentar boa redução na matéria orgânica, porém insatisfatório para o lançamento final, pois, como qualquer outro reator anaeróbio, tem concentração indesejável de amônia e sulfetos, ausência de oxigênio dissolvido, elevada carga de micro-organismos patogênicos e nutrientes não removidos. Será apresentada neste manual, juntamente às unidades primárias, visto que responde pela fase inicial do sistema de tratamento de esgotos com lagoas de estabilização, oxidando compostos orgânicos complexos, antes do tratamento com lagoas facultativas fotossintéticas em nível secundário.

Os mecanismos predominantes nas lagoas anaeróbias são similares aos dos tanques sépticos e Imhoff, mas com maior tempo de detenção hidráulica, e resultam em dimensões elevadas em relação àqueles, tornando as lagoas reatores de baixa carga orgânica volumétrica. Nas lagoas anaeróbias a carga orgânica superficial deve ser suficientemente elevada (acima de 1.000 kg DBO_5/ha.dia), de modo a provocar ausência de oxigênio dissolvido na massa líquida, evitando-se a ação fotossintética das algas. Podem ser construídas com profundidades maiores, de 3,0 a 5,0 metros, e, assim, condicionar a ação exclusiva dos micro-organismos anaeróbios, que convertem a matéria carbonácea em biogás. Nos sólidos sedimentados no fundo da lagoa é onde fica a maior quantidade da biomassa ativa e consequentemente ocorre maior produção de biogás, que, liberado em bolhas, ajuda na mistura do líquido e melhora a *performance* da lagoa anaeróbia em relação aos decantadores primários, tanques sépticos e Imhoff. A ação equilibrada entre os micro-organismos responsáveis pelas fases de hidrólise e fermentação e os estritamente anaeróbios, que promovem a conversão dos ácidos em gás metano e gás carbônico, é fundamental para a efetiva remoção da matéria orgânica (Figura 57).

O grande volume e a profundidade adequada permitem que a remoção do lodo depositado no fundo, já digerido, ocorra geralmente acima de dois anos (até cinco anos), recomendando-se que a camada de lodo estabilizado e em digestão atinja no máximo a metade da altura útil.

O lodo retirado das lagoas, apesar de já estabilizado, com grau de umidade inferior a qualquer outra unidade primária de tratamento anaeróbio, necessita também de processamento (desaguamento e secagem) para a sua destinação final. Por ser esta uma operação onerosa, que costuma ser relegada nas instalações existentes, deve ser estudada e indicada na fase de projeto do sistema.

Por serem descobertas, podem eventualmente apresentar problemas como emanação de maus odores e proliferação de insetos, mas minimizados com bons cuidados operacionais, especialmente mantendo-se o pH numa faixa adequada para a digestão ácida e fermentação metânica.

No dimensionamento das lagoas anaeróbias são usados os critérios de tempo de detenção hidráulica, com faixa de valores recomendados tradicionalmente de dois a cinco dias; carga orgânica volumétrica de 0,1 a 0,3 kg DBO_5/m^3.dia; profundidade de 3,0 a 5,0 m; e taxa de acumulação de lodo de 0,3 a 0,4 m^3/hab.ano.

A eficiência esperada na remoção de DBO_5 é de até 50% para a temperatura média da lagoa menor do que 20º no mês mais frio do ano, e de até 70% para temperaturas maiores do que 25º.

As Tabelas 16 e 17 apresentam a taxa de aplicação volumétrica, em função da temperatura média do ar no mês mais frio do ano com a eficiência na remoção da DBO_5, assim como também o tempo de detenção hidráulica, em função da temperatura do líquido na lagoa com a eficiência na remoção da DBO_5.

Tabela 16 – Eficiência de remoção de DBO_5 em função da taxa de aplicação volumétrica e da temperatura média mensal.

Temperatura média do ar no mês mais frio do ano (ºC)	Taxa de aplicação volumétrica (g DBO_5/m³.dia)	Remoção de DBO_5 (%)
< 10	100	40
10 a 20	20 . T - 100	2 . T + 20
20 a 25	10 . T + 100	2 . T + 20
> 25	350	70

Fonte: Mara, 2004.

Entretanto, recomenda-se considerar o mínimo de dois dias de tempo de detenção hidráulica, devido ao acúmulo de lodo que ocorre entre os intervalos de limpeza.

Tabela 17 – Eficiência de remoção de DBO_5 em função do tempo de detenção hidráulica e da temperatura média mensal.

Temperatura da lagoa (ºC)	Tempo de detenção hidráulica (dia)	Remoção provável de DBO_5 (%)
10 a 15	4 - 5	30 - 40
15 a 20	3 - 4	40 - 50
20 a 25	2,5 - 3	50 - 60
25 a 30	2,5	60 - 70

Fonte: Campos, 1999.

Para flexibilidade operacional, recomenda-se que sejam construídas duas unidades em paralelo, com a relação comprimento:largura de 2:1 a 3:1.

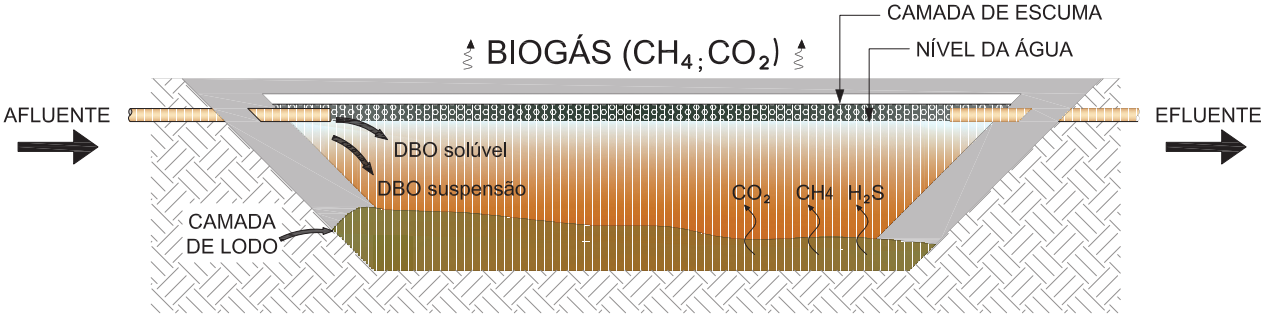


Figura 57 – Lagoa anaeróbia.

d) **Lagoa facultativa**.

Esta unidade de tratamento poderá constituir-se, por si só, num sistema de tratamento em nível secundário (Figura 59), como também poderá ser implantada como pós-tratamento de qualquer unidade prévia, especialmente lagoa anaeróbia (Figura 60) e reator anaeróbio UASB.

É o processo de tratamento mais simples, dependendo unicamente de fenômenos naturais, no qual o esgoto demora vários dias para fazer o percurso entre a entrada e a saída num compartimento construído por meio de escavação e aterro no solo, projetado para propiciar maior eficiência e economia. Os sólidos inorgânicos (material inerte), que passaram pelo tratamento preliminar e pela matéria orgânica em suspensão, sedimentam-se, constituindo o lodo de fundo, que sofre decomposição anaeróbia na sua fração orgânica, sendo convertido em gás carbônico, água, metano, minerais sólidos e solúveis, além de outros subprodutos da digestão anaeróbia, permanecendo apenas a fração inerte

na camada de fundo. A matéria orgânica dissolvida e aquela finamente particulada, que não sedimentam, permanecem dispersas na massa líquida, e sua decomposição ocorre por ação de bactérias facultativas, as quais sobrevivem tanto na presença quanto na ausência de oxigênio, daí a origem do nome da lagoa. Os minerais solúveis são sintetizados, transformando-se em algas (Figura 58).

A incidência e a penetração da luz solar na fase líquida da lagoa possibilitam o desenvolvimento de um processo de mutualismo entre algas e bactérias, no qual as bactérias consomem oxigênio e produzem gás carbônico, enquanto as algas, devido à ação fotossintética, consomem gás carbônico e produzem oxigênio. A fotossíntese é mais elevada na superfície, diminuindo à medida que se aprofunda, pela menor penetração da luz solar. Com isto, próximo à superfície a concentração de oxigênio é máxima, decaindo para zero em zona profunda da massa líquida, junto da camada de lodo. Sendo este fenômeno dependente da insolação, acontece também uma variação na produção de oxigênio durante as horas do dia, podendo chegar na ausência total no período noturno, bem como varia ao longo do ano, entre a máxima radiação solar no verão e a mínima no inverno. Assim, é de fundamental importância manter as condições propícias para o desenvolvimento, a sobrevivência, a prevalência e a proliferação das bactérias facultativas no processo.

A estabilização da matéria orgânica ocorre em taxas lentas, exigindo um tempo de detenção longo, dependendo da temperatura que afeta a atividade biológica tanto de algas quanto de bactérias. Por funcionarem com baixas taxas de aplicação, não causam maus odores. Simultaneamente, a fotossíntese deve ser intensificada com maior área de exposição superficial para o aproveitamento da energia solar. Atendendo a estas condições, a área total das lagoas facultativas é a maior dentre os processos de tratamento de esgotos. Porém, a sua simplicidade construtiva e operacional faz com que seja a solução mais conveniente para o tratamento de esgotos nas pequenas comunidades. Buscando reduzir a área total requerida, tornou-se prática comum a implantação combinada de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Além de ocupar menor área, o sistema combinado tem eficiência pouco superior à de uma lagoa facultativa única. A Figura 61 mostra o *layout* de uma estação de tratamento de esgotos sanitários no sistema de lagoas de estabilização anaeróbias e facultativas em série.

O volume de lodo produzido e acumulado nas lagoas facultativas primárias, sua remoção e seu manejo são próximos e similares das recomendações para a lagoa anaeróbia. Nas lagoas facultativas secundárias a produção de lodo é bastante reduzida, possibilitando limpezas em intervalos maiores, que costumam atingir mais de 20 anos.

O efluente líquido de lagoa facultativa projetada e construída com boa técnica apresenta baixa concentração de DBO total; ademais, parcela significativa desta é proveniente de algas vivas, que, lançadas com controle, são benéficas ao ambiente, pois passam a fazer parte de cadeia alimentar no corpo receptor. Mas a sua principal característica diz respeito à saúde pública, visto que, no efluente destas lagoas, consegue-se elevada redução de vírus e bactérias patogênicas, e é isento de ovos de vermes.

Os principais critérios para o seu dimensionamento são a taxa de aplicação superficial e o tempo de detenção hidráulica, que devem ser variáveis de acordo com a temperatura e a latitude do local. Existem diversas fórmulas empíricas propostas por pesquisadores, que relacionam a taxa de aplicação superficial máxima com a temperatura média do ar no mês mais frio do ano, sendo bastante usada a fórmula proposta por Mara (1987).

$$\lambda_s = 350 \,.\, (1{,}107 - 0{,}002\,Tar)^{(Tar\,-\,25)} \qquad (17)$$

Onde:

λ_s taxa de aplicação superficial (kg DBO_5/ha.dia).

T_{ar} = temperatura média do ar no mês mais frio do ano (°C).

Sendo recomendado o valor máximo de 350 kg DBO_5/ha.dia para as condições de países de clima tropical.

Nas lagoas facultativas secundárias adota-se taxa de aplicação superficial até 20% inferior àquela calculada pela equação (19).

O tempo de detenção hidráulica mínimo para lagoas facultativas primárias, varia de 15 dias nas temperaturas próximas a 20ºC, chegando a até 45 dias nas regiões frias. Nas lagoas facultativas secundárias seguidas de lagoas de maturação, o tempo de detenção hidráulica poderá ficar entre sete e 20 dias nas facultativas e de cinco a dez dias nas de maturação, perfazendo, assim, num sistema composto por lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação, o tempo de detenção hidráulica total, de 20 dias a 35 dias, aproximadamente. Salienta-se que máximo decaimento bacteriano ocorre em torno do 20º dia de detenção. Alguns autores indicam que o tempo de detenção hidráulica mínimo em lagoas facultativas secundárias poderá ser de cinco dias, se forem seguidas por lagoa de maturação, em regiões tropicais.

A profundidade recomendada fica entre 1,0 m e 2,0 m, sendo que a geometria da lagoa interfere significativamente no seu fluxo hidráulico, recomendando-se o formato retangular com uma relação largura:comprimento mínima de 1:3, preferencialmente 1:4 nas lagoas facultativas primárias e acima de 1:5 nas lagoas facultativas secundárias.

A eficiência esperada na lagoa facultativa situa-se entre 70% e 85%.

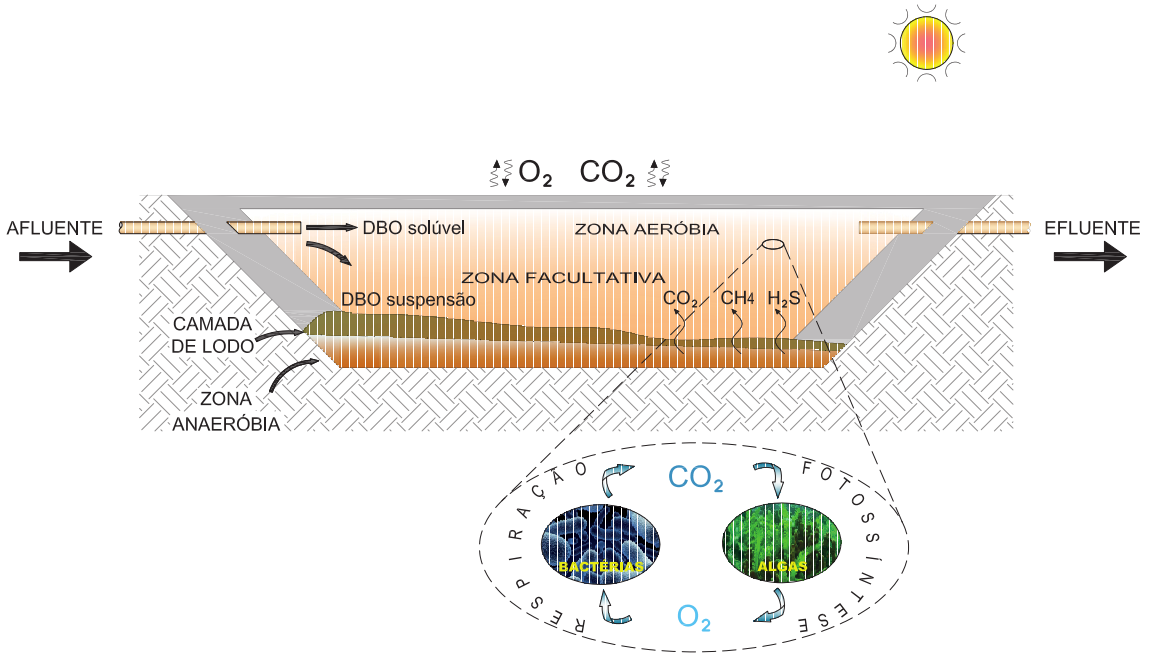


Figura 58 – Funcionamento da lagoa facultativa.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

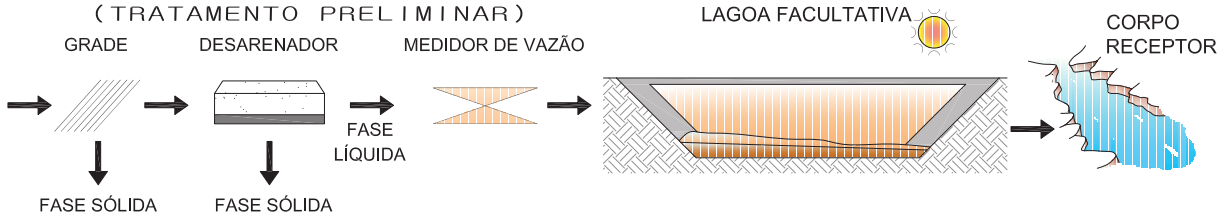


Figura 59 – Tratamento de esgoto com lagoa facultativa primária.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

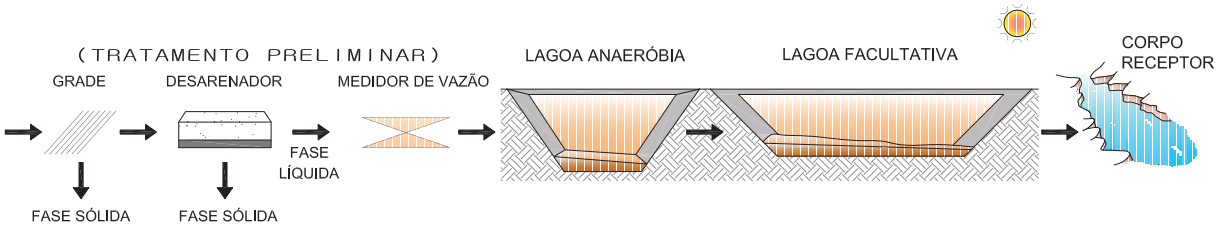


Figura 60 – Tratamento de esgoto com lagoa anaeróbia e lagoa facultativa secundária em série (sistema australiano).

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

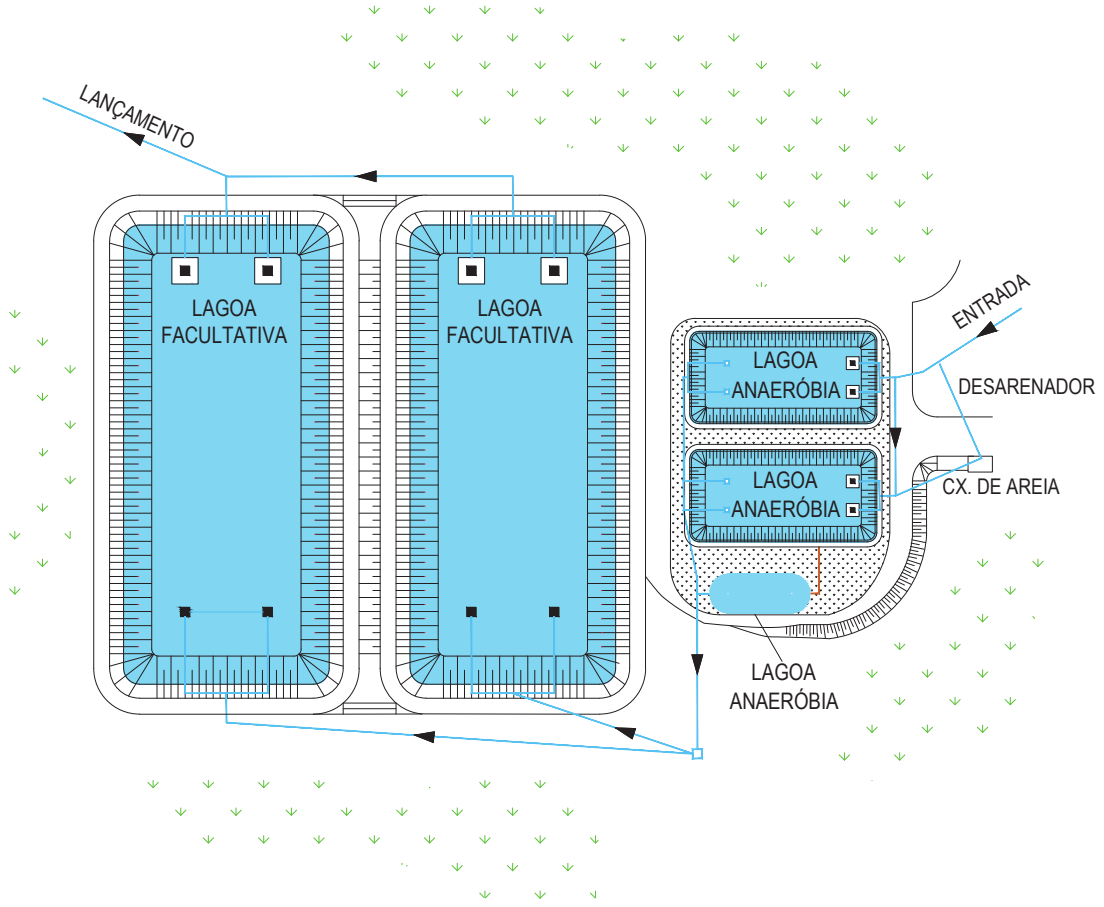


Figura 61 – *Layout* de estação de tratamento de esgotos com lagoas de estabilização em série (sistema australiano) planta.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

e) **Lagoa aerada mecanicamente**.

Podem receber diretamente o esgoto bruto, após passar pelo tratamento preliminar, sendo classificadas em dois diferentes tipos: lagoa aerada facultativa (Figura 62) e lagoa aeróbia com mistura completa (Figura 63).

A fonte principal de suprimento de oxigênio deixa de ser a fotossíntese e passa a ser proveniente de aeradores mecânicos de superfície instalados em colunas de concreto, ou do tipo flutuantes, e também de difusores. Os equipamentos causam um turbilhonamento na superfície líquida, que introduz oxigênio da atmosfera na água, funcionando como um tanque de aeração, acelerando a decomposição

da matéria orgânica e reduzindo o tempo de detenção para valor de cinco até dez dias. A lagoa aerada facultativa continua sendo facultativa porque a agitação e a oxigenação não impedem a sedimentação dos sólidos suspensos no esgoto, que irão se decompor anaerobiamente na camada de fundo.

A área para construção é inferior às das lagoas de estabilização fotossintéticas devido à profundidade entre 3,0 e 5,0 metros e ao menor tempo de detenção para a estabilização da matéria orgânica. Todavia, há necessidade de energia elétrica para o funcionamento dos aeradores.

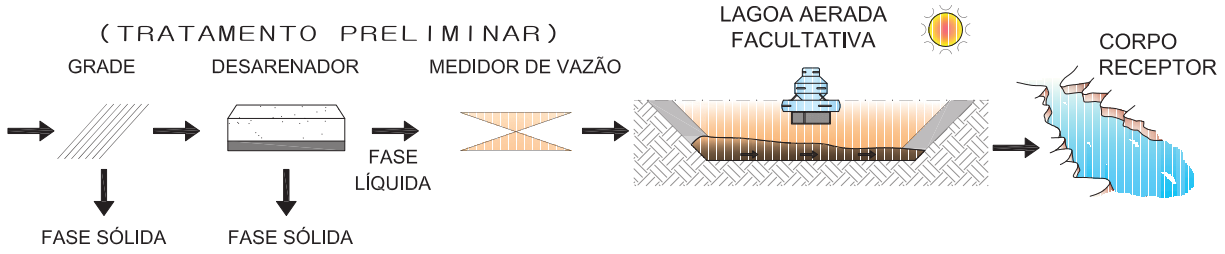


Figura 62 – Tratamento de esgoto com lagoa aerada facultativa planta.

Fonte: Von Sperling, 2005.

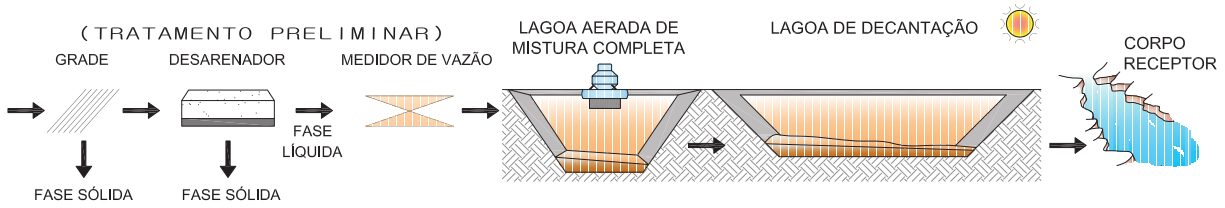


Figura 63 – Tratamento de esgoto com lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação.

Fonte: Von Sperling, 2005.

f) ***Wetlands* construídos ou sistemas alagados construídos**.

Também conhecido como filtros plantados com macrófitas/terras úmidas construídas/tratamento por zona de raízes, é um processo classificado como de disposição controlada do esgoto no solo, que nos últimos anos tem sido objeto de muitas pesquisas e aplicações práticas em todo o mundo.

Nesta unidade de tratamento o afluente aplicado deverá, no mínimo, ser o efluente de tratamento primário. Relatos de aplicação de esgoto bruto, pós-tratamento preliminar, informam sobre o entupimento dos vazios e empoçamentos, que provocam maus odores e criação de vetores e insetos.

São canais ou compartimentos rasos escavados no solo, impermeabilizados, preenchidos com substrato de cascalho e areia, no qual são plantadas as macrófitas aquáticas. Entre as plantas mais utilizadas no Brasil estão *Typha* e *Juncos*. Todavia, tanto a espécie vegetal quanto o substrato devem ser escolhidos conforme a disponibilidade no local da implantação.

O fluxo do esgoto poderá ser superficial ou subsuperficial, tendo este último vantagem pelo menor potencial para a geração de odores e para evitar o surgimento de mosquitos e ratos. Os *wetlands* construídos de escoamento subsuperficial são subdivididos quanto ao sentido do escoamento hidráulico em horizontais e verticais.

No de escoamento horizontal constrói-se uma tubulação e trincheira de distribuição contínua do afluente, e outra trincheira, dreno e tubo de saída, com dispositivo para o controle de nível de água na unidade. O tratamento ocorre no contato do esgoto, durante o percurso da entrada até a saída, com o biofilme de micro-organismos que se forma na superfície do substrato, nos vazios, nas raízes e nos rizomas. No processo atuam mecanismos biológicos, químicos e físicos no sistema solo-planta-água, responsáveis por uma eficiência de 80% a 95% na remoção de DBO, além de reduzir satisfatoria-

mente nutrientes e patógenos. A maior parte da zona subsuperficial é anaeróbia, com áreas aeróbias adjacentes aos rizomas e às raízes (Figuras 64 a 66).

No de escoamento vertical o efluente é disposto, intermitentemente, sobre a superfície do módulo, inundando-o e percolando verticalmente ao longo de todo o perfil vertical do módulo de tratamento, sendo coletado no fundo por meio de um sistema de drenagem e coleta. Os mecanismos envolvidos nos processos são similares.

O processo está em crescimento no Brasil, que vem desenvolvendo seus próprios parâmetros de projeto. Em princípio, o dimensionamento dá-se pela velocidade do fluxo por meio do substrato. Os principais parâmetros atuais são: tempo de detenção hidráulica de um a dois dias; taxa de aplicação hidráulica de 0,10 m^3/m^2.dia; taxa de carregamento de sólidos suspensos em relação à seção transversal ao fluxo hidráulico, nos *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial horizontal, de 16 gSS/m^2.dia; carga orgânica afluente aplicada aos *wetlands* de fluxo subsuperficial vertical de 41 $gDQO/m^2$.dia; área requerida de 1,5 m^2/habitante; profundidade entre 0,30 cm e 1,00 m, de acordo com a macrófita aquática escolhida.

Para sua implantação, devem ser observados: existência de solo impermeável (ou aplicação de geomembrana impermeabilizante) e declividade do terreno entre 0% e 3%.

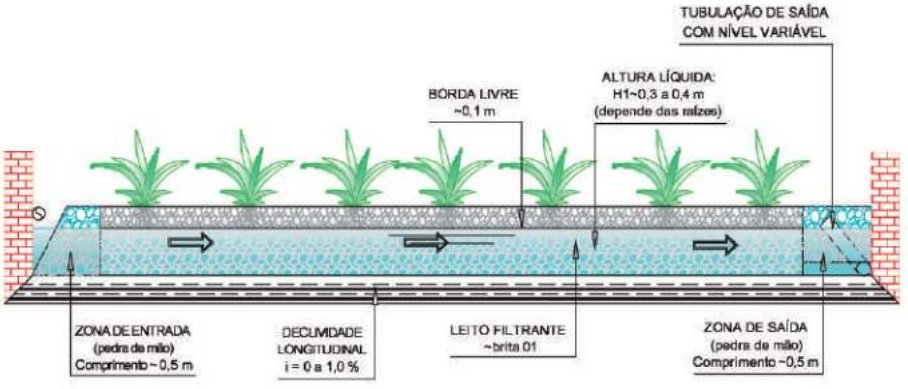


Figura 64 – *Wetland* construído de fluxo subsuperficial horizontal.

Fonte: Von Sperling, 2012.

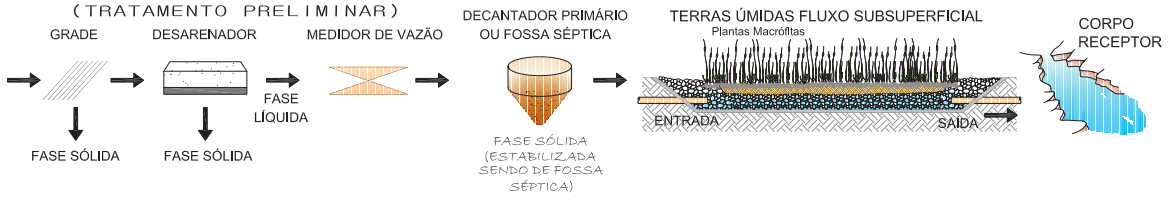


Figura 65 – Sistema de tratamento com tanque séptico e *wetland* fluxo subsuperficial.

Fonte: Von Sperling, 2005.

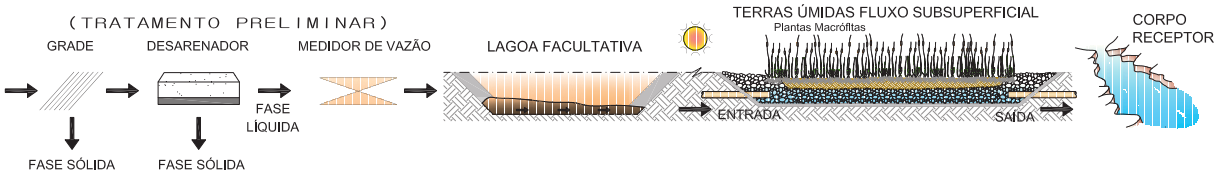


Figura 66 – Sistema de tratamento com lagoa facultativa e *wetland* fluxo superficial.

Fonte: Von Sperling, 2005.

g) **Escoamento superficial**.

É um dos processos de disposição controlada do esgoto no solo, existindo alguns relatos de uso deste processo com aplicação de esgoto bruto, após simples tratamento preliminar, porém inúmeros são os exemplos no mundo com a utilização de efluente de tratamento primário.

Os esgotos são distribuídos ao longo da faixa superior de tabuleiros, preparados no terreno natural, ou substituídos por solo de melhor característica, com declividade ótima entre 2% e 8%, para evitar empoçamento ou altas velocidades. O solo deve ser pouco permeável, sendo ideal 15 mm/h, ou mesmo com permeabilidade moderada (menor que 50 mm/h), mas bem compactado. O terreno assim preparado deve ser coberto com vegetação da espécie gramínea, sem arbustos e árvores. O tratamento ocorre durante o escoamento pelo meio da grama, na camada superior do solo e na superfície, sendo o efluente coletado em vala ou canal na parte inferior do tabuleiro. A extensão longitudinal, sentido de escoamento do efluente, é indicada entre 30 e 60 m, sendo que boa parte do líquido perde-se por evapotranspiração neste percurso, por isso deve ser instalado em local aberto, com boa ventilação e insolação. A aplicação deve ser intermitente para permitir a secagem e a aeração do solo, por isso são necessários vários tabuleiros para possibilitar o rodízio entre eles (Figuras 67 a 68).

A operação tem indicado períodos de carregamento entre 8 e 12 horas, seguidos de períodos de descanso de 16 a 24 horas, de forma que cada tabuleiro tenha a frequência máxima de operação de cinco dias na semana.

O dimensionamento é feito com base na taxa de aplicação, típica entre 0,2 e 0,5 m^3/h por metro de largura do módulo.

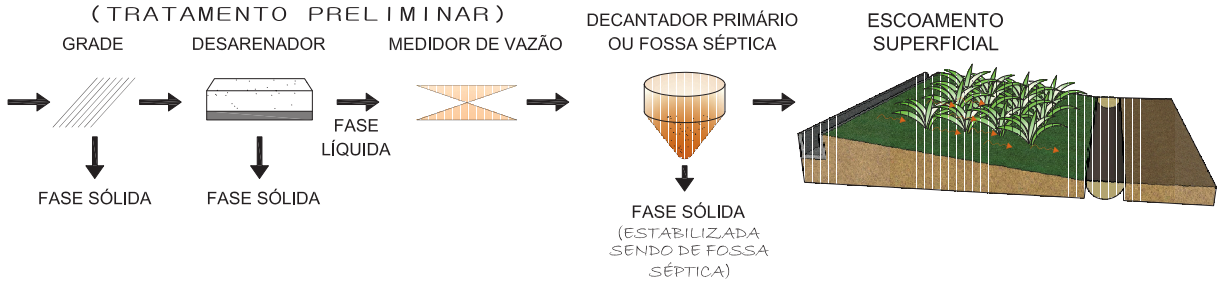


Figura 67 – Sistema de tratamento com tanque séptico e escoamento superficial.

Fonte: Von Sperling, 2005.



Figura 68 – Canteiro escoamento superficial.

Fonte: Coraucci Filho, 2001.

A irrigação e a infiltração rápida no solo são também outros mecanismos de aplicação de esgoto no solo; todavia, por estarem vinculados a processos de reúso da água, sendo o primeiro agrícola e o segundo para a recarga de aquíferos, cujos riscos sanitários e ambientais devem ser considerados, estudados e avaliados em cada situação, não serão apresentados neste manual.

h) **Filtro biológico percolador**.

Consiste de um tanque preenchido com material de alta porosidade, como pedra ou peças plásticas, no qual a alimentação do esgoto é feita na parte superior, sob a forma de jatos ou gotas que percolam pelo meio suporte até os drenos de fundo. Esta passagem permite inicialmente o crescimento da biomassa na superfície do material de recheio e posteriormente o contato da matéria orgânica do esgoto com o biofilme aderido. Tradicionalmente chamado de filtro, ainda que não utilize o mecanismo da filtração, pois o grande diâmetro do material suporte forma espaços vazios ineficazes para retenção de sólidos suspensos pelo mecanismo de peneiramento. É um reator aeróbio, visto que o ar, circulando nos espaços vazios entre o material suporte, fornece o oxigênio para os micro-organismos. A ventilação é comumente natural e a distribuição do esgoto na superfície é normalmente feita em sistema rotativo movido pela carga hidráulica em unidades circulares (Figura 69).

O crescimento da biomassa vai gradativamente diminuindo os espaços vazios, e, com isto, aumentando a velocidade de escoamento do esgoto, até provocar o arraste de parte do material aderido. O lodo desalojado sairá junto com o efluente, necessitando, então, ser removido num decantador secundário construído após o filtro biológico percolador (Figura 70).

O sistema de filtro biológico percolador tem eficiência apenas um pouco inferior ao de lodos ativados convencional, com operação mais simples e menor consumo de energia, porém, em contrapartida, tem menor capacidade de se ajustar a variações do afluente, que deverá ter DBO máxima em torno de 100 mg/l. Este valor de DBO ajusta-se perfeitamente ao efluente de reator UASB, dispensando, nesta configuração, a recirculação e um controle permanente na DBO de entrada.

A ventilação é fundamental para serem mantidas as condições aeróbias no processo. É recomendada a altura de 2,0 m a 3,0 m para o meio suporte de pedra.

A eficiência na remoção de DBO e SS do conjunto, reator anaeróbio de fluxo ascendente UASB e filtro biológico percolador, situa-se entre 80% e 92%, ficando mais próxima de 85%.



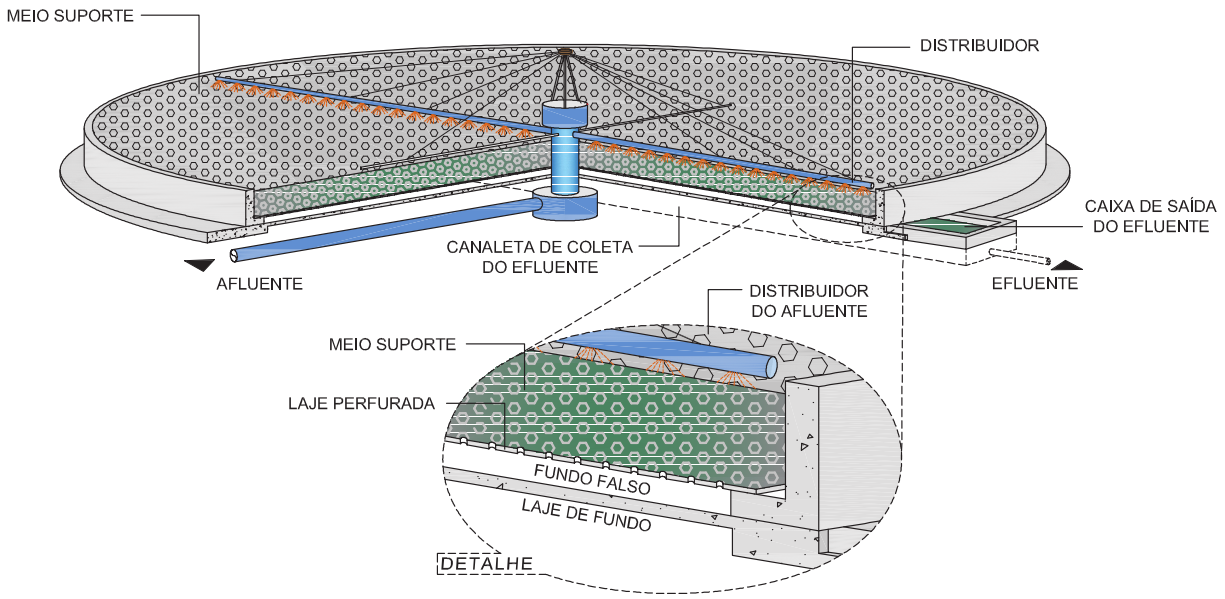


Figura 69 – Filtro biológico percolador.

Fonte: Von Sperling, 2012.

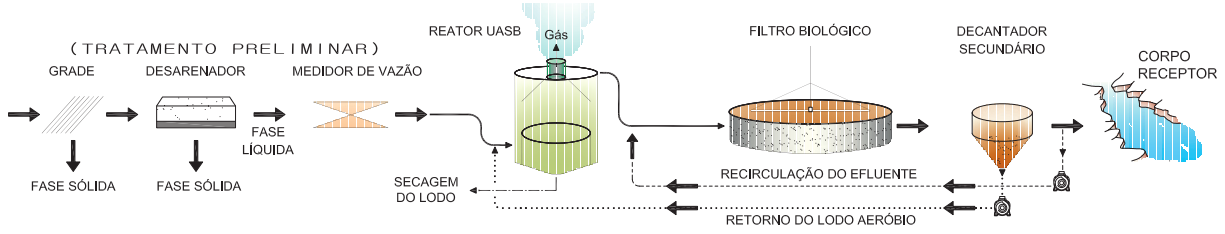


Figura 70 – Sistema de tratamento com reator UASB e filtro biológico percolador.

Fonte: Von Sperling, 2005.

i) **Biofiltro aerado submerso e filtro biológico aerado submerso**.

Tecnologia recente, porém experimentada, de reatores aeróbios com biofilme, existindo estações de tratamento de capacidade entre 10.000 e 1.000.000 habitantes funcionando na Europa desde a década de 1980 e que já vem sendo utilizada como solução em pequenos e médios municípios brasileiros, em associação com reatores anaeróbios UASB em ETEs compactas, desde o final dos anos 1990.

São os mais compactos processos de tratamento aeróbio existentes. Constituído por um tanque preenchido com material suporte poroso, por meio do qual o esgoto escoa. No filtro aerado submerso o ar é fornecido por intermédio de difusores alimentados por sopradores e sempre injetado no fundo, fazendo o percurso de baixo para cima no meio suporte, que permanece imerso no esgoto a ser tratado, sendo que o afluente poderá ter o fluxo ascendente ou descendente.

Os filtros aerados submersos são caracterizados como reatores compostos por:

- Fase sólida: constituída pelo meio suporte e pelas colônias de micro-organismos que nele se desenvolvem sob a forma de um filme biológico (biofilme).
- Fase líquida: composta pelo líquido em permanente escoamento por intermédio do meio poroso.

- Fase gasosa: formada pela aeração artificial e, em reduzida escala, pelos gases subprodutos da atividade biológica no reator.

Numa das configurações de projeto, o meio suporte tem a granulometria mais fina, geralmente em camadas de brita nº 4/nº 2/nº 1 e nº 0, visando eliminar as partículas em suspensão pelo mecanismo de filtração, além de promover a redução dos compostos orgânicos solúveis pela ação dos micro-organismos aeróbios aderidos no biofilme. Estes costumam ser chamados de biofiltros aerados submersos (BFs), e necessitam de lavagens frequentes para retirar o excesso de biomassa e sólidos suspensos (lodo), que gradativamente aumenta a perda de carga hidráulica no leito, e, por consequência, precisam também de um tanque de lodo de lavagem que o faz retornar, com bombeamento, à unidade de tratamento primário. A colocação de uma camada de areia no material filtrante produz efluente altamente clarificado; no entanto, aumenta bastante a frequência de lavagem para eliminar o excesso de biomassa acumulada, mantendo as perdas de carga hidráulica por intermédio do meio poroso em níveis aceitáveis.

O consumo de energia para as bombas e o ar são fatores a serem considerados tanto na operação normal quanto na lavagem das unidades.

A viabilidade no processo tem sido obtida como pós-tratamento de reatores UASB, que substituem os decantadores ou decanto – digestores no tratamento primário da configuração tecnológica original. Ademais, neste arranjo, o excesso de lodo do BF retorna para o reator UASB, onde sofre digestão juntamente ao lodo primário, sendo depois descarregado em leitos de secagem. Este processo de tratamento é capaz de produzir um efluente de excelente qualidade, sem a necessidade de uma etapa complementar de clarificação.

Em outro modelo de projeto, o meio suporte tem a granulometria mais grossa, semelhante ao filtro anaeróbio ou ao filtro biológico percolador, seja de origem mineral (brita nº 4), seja de plástico estruturado ou flutuante, sendo costumeiramente denominados de filtros biológicos aerados submersos (FBAS), nos quais a ação de filtração deixa de ocorrer, e por isso necessitam de uma decantação secundária para a retenção da biomassa em suspensão que sai junto com o efluente. Nestes, o mecanismo de remoção da matéria orgânica é apenas microbiológica pela ação dos organismos aeróbios aderidos no biofilme, ou suspensos nos vazios do meio suporte. Podem operar com o fluxo de esgoto ascendente ou descendente, sendo sua alimentação semelhante aos filtros anaeróbios nos primeiros e aos filtros convencionais nos descendentes, mas com a injeção de ar no fundo, em ambos. Na operação de retrolavagem poderá usar o próprio efluente tratado em outra unidade (autolimpante), por meio de vasos comunicantes entre as lâminas de água acima do leito filtrante de cada FBAS, especialmente quando se emprega material sintético no leito (Figura 71).

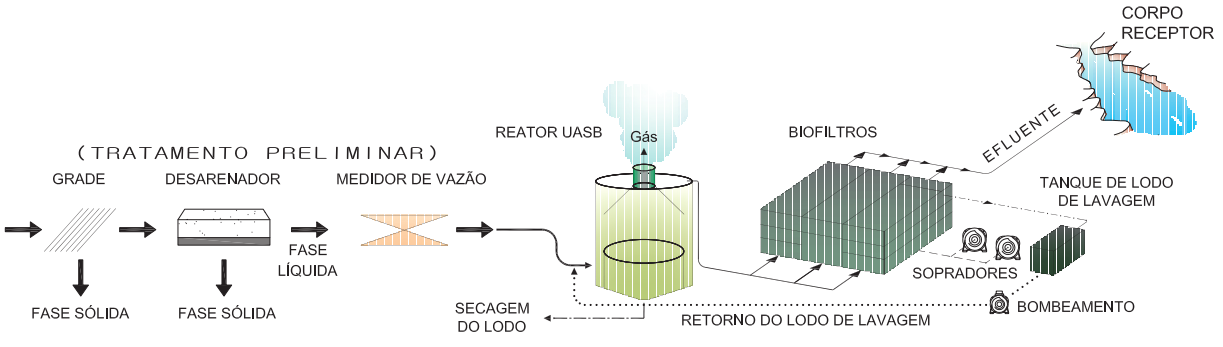


Figura 71 – Sistema de tratamento com reator UASB e biofiltros aerado submerso.

Fonte: Von Sperling, 2005.

j) **Lodos ativados**.

O processo de lodos ativados começou a ser aplicado por volta de 1914 na Inglaterra, sendo uma tecnologia extremamente consolidada e versátil de tratamento biológico de esgotos, na qual foram introduzidas diversas variações em relação ao modelo inicial, que se denomina sistema convencional ou clássico. Geralmente usado nas situações em que a disponibilidade de área é reduzida e as condições de lançamento no corpo receptor, impostas pelo órgão ambiental, exigirem elevada qualidade no efluente tratado. Tecnologia de aplicação incomum em pequenas cidades e descrita apenas como informação neste manual, foi pesquisada como opção de pós-tratamento de reatores UASB, tendo apresentado significativa redução no consumo de energia elétrica e na produção de lodo, mostrando ser alternativa viável quando se deseja obter alta eficiência no tratamento.

O sistema clássico de lodos ativados consiste na intensa mistura, por meio de agitação ou aeração, do esgoto afluente com a biomassa (volume de lodo biologicamente ativo) presente em um compartimento chamado de tanque de aeração, durante um tempo necessário para converter uma porção biodegradável daqueles resíduos ao estado inorgânico, enquanto o remanescente é convertido em lodo adicional. Em seguida, passa para o tanque de decantação, que faz a separação entre o lodo e o líquido, conduzindo este, clarificado, para o efluente final, enquanto o lodo sedimentado é retornado por bombeamento ao processo (tanque de aeração), sendo que a quantidade em excesso é tratada pelos meios usuais (digestão e desaguamento).

Os lodos ativados consistem de agregados floculentos de micro-organismos, materiais orgânicos e inorgânicos. Os micro-organismos incluem bactérias, fungos, protozoários e metazoários, como rotíferos, larvas de insetos e certos vermes. Todos eles relacionam-se por meio de uma cadeia de alimentação: bactérias e fungos decompõem o material orgânico complexo e, por intermédio dessa atividade, multiplicam-se, servindo de alimento aos protozoários, os quais, por sua vez, são consumidos pelos metazoários, que também podem se alimentar diretamente de bactérias, fungos e mesmo de fragmentos maiores dos flocos de lodos ativados.

Na etapa de aeração ocorre uma rápida adsorção e floculação dos materiais orgânicos dissolvidos e em suspensão coloidal. Ocorre ainda uma oxidação progressiva e uma síntese dos compostos orgânicos adsorvidos e daqueles que são continuamente removidos da solução. Finalmente, oxidação e dispersão das partículas de lodo com o prosseguimento da aeração.

A concentração da biomassa no reator aeróbio é mantida sempre alta, de modo a consumir rapidamente a matéria orgânica que chega com o esgoto bruto, possibilitando que o tempo de detenção hidráulica seja de poucas horas; consequentemente, o volume do tanque poderá ser pequeno. Todavia, a permanência do lodo é longa devido à sua recirculação, sendo este período chamado de tempo de retenção celular ou idade do lodo, que irá garantir o grau de eficiência do processo.

O lodo excedente, extraído da linha de recirculação ou do reator aeróbio, é tratado em digestor anaeróbio ou aeróbio, seguindo para secagem e disposição final. No pós-tratamento de reatores UASB o digestor de lodo é eliminado, sendo o lodo aeróbio secundário digerido juntamente ao anaeróbio.

A eficiência na remoção de coliformes e organismos patogênicos é baixa, como em todo processo rápido de tratamento, mas a desinfecção será facilitada pela clarificação do efluente.

O ar para o sistema normalmente é o atmosférico, introduzido com agitadores, ou, mais comumente, por meio de difusores e sopradores.

O sistema de lodos ativados poderá ser aplicado para tratar diretamente o esgoto bruto, ou o efluente de decantador primário, ou o efluente de reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), ou o efluente de qualquer outro tratamento de esgoto.

As principais e mais utilizadas variantes do processo de lodos ativados são divididas:

- Em relação à idade do lodo:
  - Lodos ativados convencionais.
  - Lodos ativados com aeração prolongada.

- Com relação ao fluxo:
  - Lodos ativados de fluxo contínuo.
  - Lodos ativados de fluxo intermitente (batelada).

No sistema convencional, a idade do lodo é estabelecida entre quatro e dez dias, e o tempo de detenção hidráulica de 6 a 8 horas, enquanto no de aeração prolongada o tempo de retenção celular é de 18 a 30 dias, e o tempo de detenção hidráulica de 16 a 24 horas. Portanto, no segundo processo o volume do tanque de aeração será maior e também mais biomassa estará presente para consumir a DBO afluente, fazendo com que as bactérias consumam sua própria matéria orgânica para sobreviver. Assim, ocorre a estabilização de parcela da biomassa, transformada aerobiamente em gás carbônico e água, no próprio reator, exigindo, para isto, consumo adicional de oxigênio. Entretanto, não há necessidade de decantador primário e de digestor de lodo nos sistemas de aeração prolongada, por isso este processo é bastante utilizado nas estações compactas. Apesar do acréscimo no gasto com energia, a variante de lodos ativado com aeração prolongada apresenta, além da simplificação nas instalações e na operação, maior eficiência na remoção da DBO. No sistema clássico, a redução na DBO situa-se entre 85% e 95%, e no de aeração prolongada fica entre 93% e 98%.

Como pós-tratamento de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (reatores UASB), o processo de lodos ativados tem sido dimensionado com parâmetros próximos ao modelo convencional, com a idade do lodo definida entre seis e dez dias, e tempo de detenção hidráulica de 3 a 5 horas. Nesta configuração, dispensa o adensador e digestor de lodo, que é todo tratado no reator UASB. O lodo tem seu volume reduzido em torno de 50%, além de ser mais concentrado e de mais fácil desidratação. Removendo cerca de 70% da DBO do esgoto bruto no reator UASB, o consumo de energia para aeração da DBO remanescente é significativamente reduzido em relação à forma clássica de lodos ativados e ainda muito mais se comparado à aeração prolongada. A eficiência, entre 85% e 95% na remoção da DBO, é similar ao sistema de lodos ativados convencional (Figura 72).

O sistema de lodos ativados com fluxo intermitente (batelada) utiliza um só tanque, em que ocorrem todas as etapas do tratamento (oxidação biológica, decantação secundária e digestão aeróbia do lodo), passando a ser operações sequenciais no tempo, com ciclo de duração definido para cada uma das etapas. Os ciclos normais são: enchimento, reação, sedimentação do efluente tratado, repouso e remoção do lodo excedente.

O dimensionamento de um sistema de lodos ativados pode assumir modelos matemáticos avançados e complexos; mesmo numa abordagem mais simplificada fugiria do escopo desta publicação, citando-se, apenas para referência, que, se aplicados como pós-tratamento de reatores UASB, os parâmetros definidores de áreas e volumes seriam: a idade do lodo, a concentração de sólidos em suspensão no tanque de aeração, a taxa de aplicação hidráulica superficial e a taxa de aplicação de sólidos no decantador secundário. Além destes, seria preciso também calcular o sistema de aeração, a razão de recirculação, a produção e o tratamento do lodo.

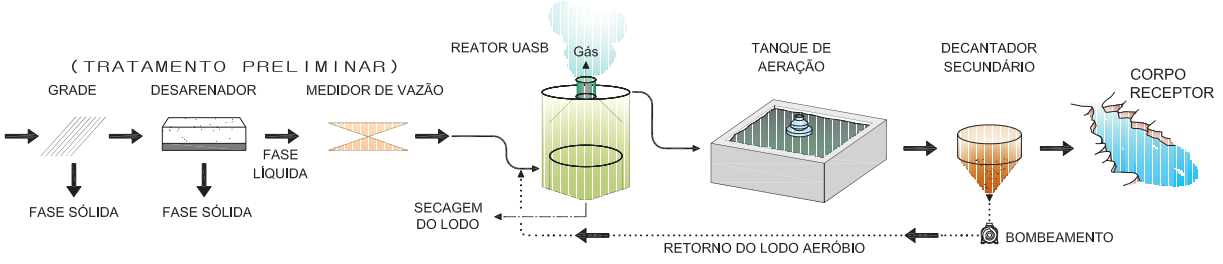


Figura 72 – Sistema de tratamento reator UASB e lodos ativados.

Fonte: Von Sperling, 2005.

k) **Outros processos de tratamento em nível secundário**.

Além das unidades acima descritas e apresentadas na ordem das mais simples e naturais para as mais complexas e equipadas, que são as mais encontradas no Brasil, também existem outras tecnologias e variações de tratamento de esgotos para alcançar o grau secundário de eficiência na remoção da matéria orgânica, que serão apenas elencadas, tais como: valos de oxidação, biodiscos, reatores de leito fluidizado ou expandido, flotação, membranas e outros.

Devem ser citadas também as diversas estações compactas pré-fabricadas para o tratamento de esgoto, a maioria com patentes industriais, que utilizam algumas das tecnologias aqui descritas, ou processo físico-químico, ou ainda outros sistemas de tratamento. A utilização destas estações pré-fabricadas deverá ser precedida de ampla pesquisa no mercado para certificar a qualidade e a eficiência reais em instalações operando em regime pleno de serviço.

4.5.4.3.4 Tratamento terciário

O tratamento terciário é utilizado para completar a remoção de poluentes não suficientemente reduzidos no nível secundário de tratamento e/ou a remoção de compostos não biodegradáveis, de nutrientes, de poluentes tóxicos e/ou específicos, de metais pesados, de sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes, e de micro-organismos patogênicos. Apenas em condições muito específicas no tratamento de esgotos domésticos, ou quando se pretende utilizar o efluente do tratamento em algumas das formas de reúso de água, o grau de eficiência terciário é exigido.

O nível terciário poderá ser obtido por meio da combinação entre alguns dos processos descritos no nível secundário, quando se deseja a redução complementar de matéria orgânica, de nutrientes e de micro-organismos. Porém, o mais comum é que as unidades descritas no grau secundário de tratamento biológico sejam complementadas com outras tecnologias de tratamento para alcançar o nível terciário.

Alguns dos principais processos usados são:

- Para a remoção de sólidos dissolvidos: osmose reversa; troca iônica; eletrodiálise; evaporação.
- Para a remoção de sólidos suspensos: filtração terciária em meio poroso; clarificação; filtração adsorsiva; filtração com membranas: macrofiltração, microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração.
- Para a remoção de compostos orgânicos: ozonização; processos oxidativos avançados (POAs); adsorção em carvão ativado; volatilização; arraste com gás.
- Para a remoção de patogênicos: lagoas de maturação; desinfecção por cloração; dióxido de cloro; cloraminas; permanganato de potássio; ozonização; radiação UV.
- Para remoção de nutrientes: processos específicos de remoção de nutriente: biológicos (nitrificação/desnitrificação/desfosfatação), químicos (precipitação química do fósforo).

Recentemente a tecnologia de membranas filtrantes, produzidas a partir de materiais poliméricos com poros de dimensões variadas, teve grande evolução e redução de custos, contribuindo para a sua maior disseminação e aplicações em escala real, especialmente em estações compactas, com excepcionais resultados na qualidade do efluente.

Lagoa de maturação

A sua principal finalidade é a redução dos organismos patogênicos dos esgotos. São construídas sempre depois do tratamento completo de uma lagoa facultativa, ou outro tipo de tratamento convencional de nível secundário. Com adequado dimensionamento, pode conseguir índices elevados de remoção de coliformes, garantindo, assim, uma eficiência muito boa.

A taxa de aplicação superficial deve ser igual ou menor do que a da lagoa facultativa precedente, em torno de 75% desta. Embora a taxa de aplicação superficial não seja o fator mais importante no dimensionamento das lagoas de maturação, recomenda-se que seja inferior a 150 kg DBO/ha.dia. Os outros parâmetros a serem considerados são: percentual de decaimento bacteriano desejado; número de lagoas em série; tempo de detenção hidráulica; profundidade da lâmina líquida; geometria da lagoa.

O tempo de retenção em regiões de clima tropical e temperado normalmente varia de três a dez dias, para duas ou mais lagoas em série, e fica acima de cinco dias existindo uma só lagoa. Frequentemente são adotadas as lagoas de maturação em série, ou lagoas com chicanas, por terem melhor eficiência e necessitarem de menores áreas totais. As profundidades adotadas são menores do que as das lagoas facultativas, próximo de um metro, e a relação comprimento:largura indicada de 3:1.

4.5.4.4 Tratamento do lodo

Em seu estado natural (bruto), o lodo de esgoto é rico em organismos patogênicos e necessita sofrer estabilização em sua fração orgânica biodegradável para ser conduzido à disposição final. A estabilização do lodo poderá ser obtida por meio de digestão anaeróbia ou aeróbia, ou pela adição de produto químico, ou com a adição de calor.

O grau de estabilização do lodo produzido varia conforme o processo de tratamento de esgoto adotado. Naqueles em que ocorre a estabilização do lodo durante o próprio processo de tratamento, não há uma unidade específica para a digestão do lodo. Caso contrário, precisa passar por um digestor de lodo antes de seguir para as demais fases.

Após digerido, o lodo deverá passar por um processo de desaguamento para facilitar o manuseio e o transporte ao destino final.

Os meios utilizados para o desaguamento do lodo podem ser naturais, que usam os mecanismos de evaporação e percolação, ou podem ser mecanizados, que empregam mecanismos de filtração, compactação ou centrifugação. Os principais processos são:

- Naturais: leitos de secagem e lagoas de lodo.
- Mecanizados: centrífugas, filtro prensa, prensa desaguadora, filtro a vácuo.

O uso de materiais geossintéticos para o desaguamento de lodo, como geoformas ou *geocontainers*, passou também a ser empregado, recentemente com maior intensidade, devido à facilidade e à efetividade desta solução.

Para ETEs de pequeno porte, situadas em regiões em que é menor a dificuldade de obtenção de área para o tratamento, os processos naturais para o desaguamento do lodo, especialmente os leitos de secagem, são considerados a melhor alternativa.

4.5.4.4.1 Leito de secagem

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetados e construídos de modo a receber o lodo dos digestores, reatores UASB, ou unidades de oxidação total, nos quais se processa a redução da umidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem. Podem ser caracterizados pelas seguintes partes: tanques de armazenamento; camada drenante e cobertura (Figuras 73 e 74).

Os leitos de secagem podem ser construídos ao ar livre ou cobertos. Na cobertura utilizam-se telhas transparentes, idênticas às utilizadas em estufas de plantas. Nos países tropicais, em regiões sem precipitações pluviométricas frequentes, não é usual a cobertura nestes. Esta solução torna o processo bastante oneroso. Nos países de clima frio e elevada frequência de chuvas, ou precipitação de neve, devem obrigatoriamente ser cobertos.

O funcionamento dos leitos de secagem é um processo natural de perda de umidade, que se desenvolve devido aos seguintes fenômenos:

- Liberação dos gases dissolvidos, ao serem transferidos do digestor (pressão elevada) e submetidos à pressão atmosférica nos leitos de secagem.
- Liquefação devido à diferença de peso específico aparente do lodo digerido e da água.

- Evaporação natural da água devido ao contato íntimo com a atmosfera.
- Evaporação devido ao poder calorífico do lodo.

O lodo, em condições normais de secagem, poderá ser removido do leito de secagem depois de um período, que varia de 20 a 40 dias, cuja umidade reduziu-se para valores de 60% a 70%. Em experiências realizadas na região Sudeste do Brasil, o lodo lançado no leito de secagem com umidade média de 95% atingiu valores de 50% depois de 20 dias em condições climáticas ótimas. Na região Nordeste, valores em torno de 15 dias foram bastante frequentes.

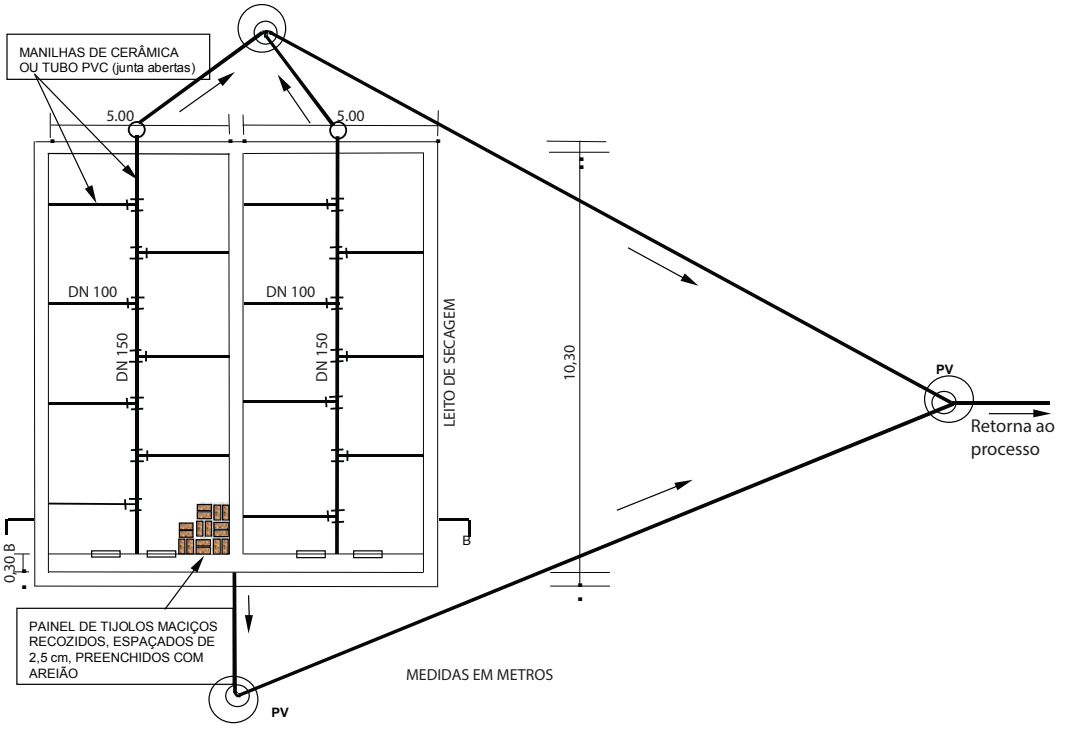


Figura 73 – Planta do leito de secagem.

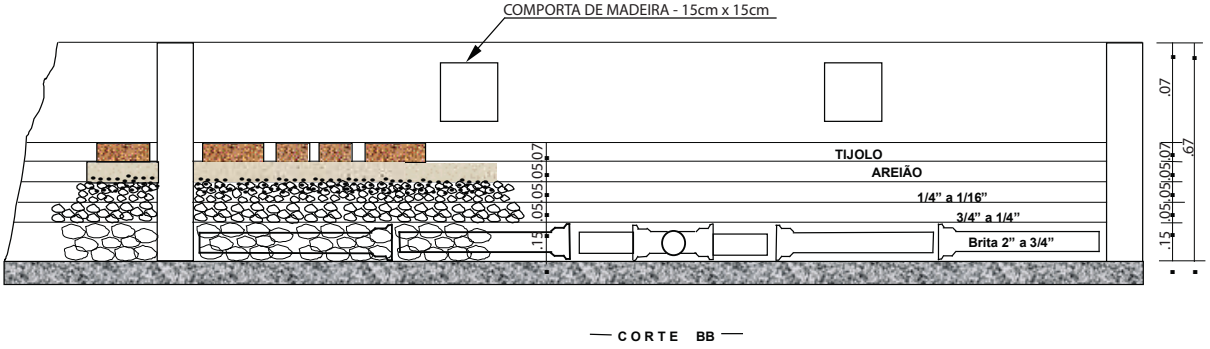


Figura 74 – Corte do leito de secagem.

Referências bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estudos de concepção de sistemas de esgotamento sanitário – NBR 9648.** Rio de Janeiro: ABNT, 1986a. 5p.

_____. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – NBR 9649**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986b. 7p.

_____. **Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário – NBR 12209**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986c. 12p.

_____. **Execução de rede coletora de esgoto de esgoto sanitário – NBR 9814**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987a. 19p.

_____. **Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário – NBR 9800**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987b. 3p.

_____. **Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário – NBR 7367**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 17p.

_____. **Projeto de interceptores de esgoto sanitário – NBR 12207**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a. 3p.

_____. **Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário – NBR 12208**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992b. 5p.

_____. **Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos – NBR 7229**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15p.

_____. **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação – NBR 13969.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60p.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para o tratamento de esgotos sanitários**: experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301p.

ARAÚJO, J. C. (Coord.). **Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido**: "água limpa, saúde e terra fértil". Fortaleza: UFC, 2012.

AZEVEDO NETO, J. M.; SILVA, C. C. A. **Sistemas de Esgotos Sanitários**. São Paulo: CETESB, 1982.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.** Belo Horizonte: UFMG, 1995. 221p.

BENETTI, A. D.; GEHLING, G. R. Sistema combinado de esgotos: possibilidades e limitações em sua utilização. In: ASSEMBLEIA ASSEMAE, 34., Caxias do Sul, 2004. **Anais...** Caxias do Sul: ASSEMAE, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providencias. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. 2ª reimpressão da 3ª edição. Brasília: Funasa, 2007.

_____. _____. _____. 4.ed. **Manual de saneamento**. Brasilia: Funasa, 2015. 642 p. il.

_____. _____. _____. **Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais**: algumas práticas e vivências. Brasília: Funasa, 2013. 80p.

_____. _____. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento de Epidemiologia em Serviços. Guia de Vigilância em Saúde: volume único. ed. Brasilia: Ministério da Saúde, 2017. 705p. il.

_____. _____. _____. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso. 8.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. 448 p. il.

CAESB – COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL. Disponível em: <http://www.caesb.df.gov.r/esgoto;conheca_as_unidades.htm>. Acesso em: 16 dez. 2014.

_____. **Relatório técnico**: padronização de projetos para sistemas condominiais de esgotamento sanitário. Brasília: CAESB, 1997.

CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: ABES-PROSAB, 1999. 464p.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade e das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2009. 43p.

CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1997. v. 5, 245p.

_____. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Rio de Janeiro: FINEP/PROSAB, 2001. 540p.

CORAUCCI FILHO, B. et al. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de aplicação no solo. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.) **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Rio de Janeiro: FINEP/PROSAB, 2001. 540p.

CRESPO, P. G. **Elevatória nos sistemas de esgoto**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. 290p.

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

FERNANDES, C. **Esgotos sanitários**. João Pessoa: Ed. Universitária UFPB, 1997. reimpressão jan./2000, 435p.

ECOCENTRO IPEC. Disponível em: <http://ecocentro.org>. Acesso em: 02 fev. 2015.

FUNDAÇÃO BRASIL CIDADÃO. **Projeto de Olho na Água – Guia de Referência**. Pirenópolis: Ed. Mais Calango, 2009.

INSTITUTO ECODESENVOLVIMENTO. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/biblioteca/guiasefolhetos/de-olho-a-agua>. Acesso em: 02 fev. 2015.

MARA, D. D. **Domestic wastewater treatment in developing countries**. London: Ed. Earthscan, 2004. 210p.

MARA, D. D.; SILVA, S. A. **Tratamento biológico de águas residuárias e lagoas de estabilização**. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

MENDONÇA, S. R. **Sistemas de lagunas de estabilización**. Bogotá: Ed. McGraw-Hill Interamericana, 2000.

METCALF, E. **Redes de alcantarillado y bombeo de águas residuales**. Barcelona: Ed. Labor, 1985.

MORAES JÚNIOR, J. M.; BON JÚNIOR, W. **Esgotamento Sanitário – URBAGUA**. Relatório. Limites técnicos e econômicos de alternativas de tratamento de esgoto. Sistema de Apoio à Decisão SAD URBAGUA. São Paulo: FAUUSP, 2004. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Mf2_extrato_aut192fauusp.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2014.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

OLIVEIRA NETTO, A. P. de *et al*. Utilização da fossa verde como biorremediação do esgoto domiciliar no estado de Alagoas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 4., 2014, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Funasa, 2014.

PESSOA, C.; JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1982.

PHILIPPI, L. S. (Coord.). Arranjos tecnológicos para tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada – ATED. In: FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **6º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública**. Brasília: Funasa, 2013. 40p.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias**: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis: Ed. do Autor, 2004. 144p.

RECESA – REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Esgoto sanitário – operação e manutenção de redes coletoras de esgotos – Guia Profissional em treinamentos**. [s.l.]: [s.d.].

SANTOS, M.L.F. dos; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES-PROSAB, 2006. 427p.

SEIXAS, G. O. O. **Tratamento de águas residuárias – apresentações/aulas**. Disponível em: <www.imf.ufes.br/ñeyval/gestao_ambiental/tecnologias_ambientais2005>. Acesso em: 16 dez. 2015.

SETELOMBAS. **Permacultura Design – Sociedade Vida Humana**. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br>. Acesso em: 16 dez. 2014.

SEZERINO, P. H. **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 171f.

TSUTIYA, M. T.; BUENO, R. C. R. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. **Revista Água Latinoamérica**, Tucson, v. 4, n. 4, p. 20-25, jul. 2004.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 1. ed. São Paulo: USP, 1999.

UFMG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia. **Trabalho integralizador multidisciplinar 1**. Palestra esgotamento sanitário 2009. Disponível em: <www.etg.ufmg.br/tim1/esgotsonit.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2015.

UFV – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais – FEAM**. Maio 2015. Disponível em: <www.ebah.com.br/content/ABAAAAYNOAL/tratamento_residuos_agroindustriais?pont=6>. Acesso em: 16 dez. 2015.

UNICAMP – UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. Faculdade de Engenharia Civil. Departamento de Saneamento e Ambiente. **Projeto**: tratamento de esgotos brutos por disposição no solo (escoamento superficial) e em filtros anaeróbios com recheios alternativos. Disponível em: <www.finep.gov.br/prosab/1_esgoto_unicamp.htm>. Acesso em: 16 dez. 2015.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos**: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: UFPB, 1994. 232p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996a. v. 2.

_____. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996b. v. 3.

_____. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. v. 1.

_____. Tecnologias de tratamento de esgoto. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 1., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: Funasa, 2012.

5 Drenagem das águas pluviais

5.1 Introdução

No processo de assentamento dos agrupamentos populacionais, o sistema de drenagem sobressai-se como um dos mais sensíveis problemas causados pela urbanização, principalmente devido à impermeabilização do solo, que dificulta a infiltração das águas pluviais e acelera o escoamento superficial do volume de água precipitado. Nessas situações, faz-se necessário o controle do escoamento das águas de chuvas, para evitar os efeitos adversos que podem representar sérios prejuízos à saúde, à segurança e ao bem-estar da sociedade.

Os efeitos negativos ocasionados pela ausência ou pela deficiência de sistema de drenagem manifestam-se nas formas de empoçamento, inundações, erosões e assoreamentos, e terão suas soluções alcançadas a partir da compreensão integrada do ambiente urbano e das relações entre os sistemas. Essas soluções dependem da atuação abrangente por parte dos responsáveis pelo setor de drenagem urbana, que, necessariamente, deverá envolver aspectos legais, institucionais, tecnológicos e sociais.

Um sistema de drenagem deve buscar consolidar as melhores práticas e medidas que visem à minimização dos riscos a que as populações ficam sujeitas ante os eventos hidrológicos extremos, promovendo: a redução dos danos causados por inundações; o desenvolvimento urbano, harmônico, articulado e sustentável, garantindo a melhoria da qualidade de vida para a sociedade.

Para o desenvolvimento de projetos na busca de soluções eficazes na drenagem urbana, os objetivos a serem considerados são os seguintes:

- Definir a política para o setor de drenagem urbana com objetivos a serem alcançados e os meios legais, institucionais, técnicos e financeiros para atingi-los, articulada com a política para o uso e a ocupação do solo urbano, principalmente no que se refere à ocupação das bacias hidrográficas, dos vales receptores, dos fundos de vale e das várzeas de inundação.
- Planejar medidas de curto, médio e longo prazos, em toda a bacia hidrográfica, que integrem as medidas de drenagem das águas pluviais do ambiente urbano.
- Instituir órgãos e/ou entidades locais ou regionais com expertise em tecnologias necessárias, implantem obras hidráulicas e medidas não estruturais, desenvolvam atividades de comunicação social, promovam a participação comunitária, estabeleçam critérios e apliquem as leis e normas.

5.2 Conceitos

Drenagem é um termo que provém do francês *drainage*, que significa a ação de drenar ou escoar. Hidraulicamente, a drenagem pode ser entendida como o processo de movimentação de massas líquidas de um local para outro por intermédio de canais naturais ou artificiais.

A drenagem, juntamente ao manejo das águas pluviais urbanas, consiste de um conjunto de serviços e/ou atividades, infraestruturas e instalações operacionais de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

O conceito clássico e tradicional de drenagem urbana que prevaleceu, e ainda perdura, era de executar obras destinadas a retirar rapidamente as águas acumuladas em áreas importantes da cidade, transferindo o problema para outras áreas ou para o futuro.

Na conceituação atual de manejo de águas pluviais urbanas, o controle e a minimização dos efeitos adversos das enchentes urbanas não se limitam ao princípio dominante no meio técnico tradicional, como o de propiciar o afastamento e o escoamento das águas pluviais dos pontos críticos. Agregam um conjunto de ações e soluções de caráter estrutural e estruturante, envolvendo execução de grandes e pequenas obras e de planejamento e gestão de ocupação do espaço urbano, com legislação e fiscalização eficientes quanto à geração dos escoamentos superficiais.

Os sistemas de drenagem devem ser parte integrante da organização e do uso do solo urbano, valorizando os cursos d'água, preservando-os e recuperando-os, tanto na área interna da cidade quanto na área externa a jusante.

Os mais importantes princípios da drenagem urbana são:

- Não transferir impactos para jusante.
- Não ampliar cheias naturais.
- Propor medidas de controle para o conjunto da bacia.
- Legislação e planos de drenagem.
- Constante atualização do planejamento por estudo de horizontes de expansão.
- Controle permanente do uso do solo e áreas de risco.
- Competência técnico-administrativa dos órgãos públicos gestores.
- Educação ambiental qualificada para o poder público, a população e o meio técnico.

5.3 Importância dos sistemas de drenagem urbana

Em termos gerais, um adequado sistema de drenagem urbana é importante por propiciar:

- Escoamento criterioso das águas superficiais.
- Redução do risco de perdas humanas, da exposição da população e de danos às propriedades decorrentes de inundações.
- Eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais, focos de doenças, muitas vezes transmissíveis.
- Redução de impactos da chuva no meio ambiente, como erosão, sedimentação e poluição.
- Proteção da qualidade ambiental e do bem-estar social das comunidades.

O sistema de drenagem urbana faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma cidade, tais como: redes de abastecimento de água, de coleta de esgotos sanitários, de cabos de transmissão de energia, de serviços de comunicações, além da iluminação pública, da pavimentação de ruas, de guias e passeios, de parques, áreas de recreação e lazer. Assim, é conveniente para a comunidade que a área urbana seja planejada de forma integrada, isto é, que todos os melhoramentos públicos sejam planejados coerentemente.

Sempre é possível, por meio de estudos mais amplos, planejar o sistema de drenagem de forma a diminuir os custos e aumentar os benefícios resultantes.

Considerando os aspectos da saúde pública, estudos apontam a importância das obras de drenagem no controle de vetores relacionados à transmissão da filariose e da malária; no controle da leptospirose, principalmente durante a ocorrência de inundações; e no controle de doenças de veiculação hídrica, em áreas com deficiência e/ou ausência de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

5.4 Planejamento do sistema de drenagem urbana

A principal vantagem do planejamento aplicado ao sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais refere-se à obtenção simultânea de menores custos e melhores resultados. A elaboração de um bom plano de drenagem e manejo de águas pluviais é um assunto complexo, pois logo de início devem ser adotados critérios básicos de planejamento para o sistema de microdrenagem, para o sistema de macrodrenagem e para o programa de desenvolvimento de medidas estruturais e não estruturais (estruturantes).

5.5 Plano diretor de drenagem urbana

É a referência técnica para a execução da gestão da drenagem. Deve ser considerado estratégico, uma vez que consta de um conjunto de documentos que apresentam os programas de ações, envolvendo medidas estruturais e estruturantes, visando ao controle do escoamento superficial, além do cronograma de implantação e do monitoramento do plano.

Constituem base para a elaboração de um plano diretor de drenagem urbana os seguintes princípios:

- O sistema de drenagem urbana é parte de um ambiente urbano muito mais complexo e deve ser articulado com os outros sistemas urbanos. O sistema de drenagem não deve ser um fim único, mas um meio que possibilite a melhoria do ambiente urbano de forma mais ampla.
- Vales receptores, fundos de vale e várzeas de inundação são áreas de escoamento e armazenamento naturais, cuja conformação foi delineada pelo escoamento superficial. A preservação dessas áreas sem ocupação urbana é a solução mais barata para os problemas de inundações urbanas.
- Águas pluviais requerem espaço, uma vez precipitadas sobre a bacia hidrográfica, a água escoará existindo ou não um sistema de drenagem. Canais, galerias, desvios, retificações e reversões necessitam de espaço e devem ser projetados tendo em vista esse fato.
- Quantidade e qualidade das águas pluviais são variáveis do mesmo problema e devem ser consideradas, e não dissociadas. Águas de drenagem urbana de boa qualidade constituem-se recursos hídricos potencialmente utilizáveis para irrigação, abastecimento industrial, recarga de aquíferos, entre outros.

O plano diretor de drenagem urbana é uma peça técnica, voltada para o futuro, que tem como objetivo orientar as ações e o processo decisório a respeito dos problemas de inundações de uma bacia. Deve basear-se em informações suficientes e confiáveis e nas melhores tecnologias disponíveis, para enfrentar os problemas que se apresentam. Um bom plano depende da consideração de muitos fatores, como os que se referem a aspectos institucionais, legais, culturais, gerenciais, econômicos, políticos, fiscais, entre outros. Portanto, o plano deve contemplar:

- O estudo da bacia hidrográfica urbana como um todo, chegando a soluções de grande alcance no espaço e no tempo, evitando medidas de caráter restrito que apenas deslocam e/ou agravam as inundações urbanas em outros locais. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos. Caso isso ocorra, deve-se prever medida mitigadora.
- Estabelecimento de normas e critérios de projeto uniformes para toda a bacia hidrográfica, tais como tempo de recorrência, gabaritos de pontes e travessias.
- Identificação de áreas que possam ser preservadas ou adquiridas pelo poder público antes que sejam ocupadas e/ou invadidas, ou seus preços de desapropriação tornem-se proibitivos.
- Zoneamento dos fundos de vale e das várzeas de inundação.
- O escalonamento da implantação das medidas necessárias de forma tecnicamente correta e de acordo com os recursos disponíveis.

- Possibilitar o desenvolvimento urbano pela articulação do plano de drenagem com os planos do sistema viário, do transporte público, do sistema de abastecimento de água, do sistema de esgotos sanitários, entre outros.
- Esclarecimento da comunidade a respeito da natureza e da magnitude dos problemas e das formas de solução propostas.
- Privilegiar a adoção de medidas preventivas em vez de corretivas, as quais são de menor custo e maior alcance.

5.6 Medidas de controle

As principais medidas de controle usadas nos sistemas de drenagem urbana e no manejo das águas pluviais são de caráter estrutural e estruturante (não estrutural).

5.6.1 Medidas estruturais e estruturantes (não estruturais)

As medidas estruturais representam interferências nas características do escoamento. São responsáveis pelo direcionamento e controle do fluxo das águas pluviais, por meio de novas estruturas. Consistem na implantação de obras que modificam o sistema natural para a retenção ou a detenção do escoamento, como, por exemplo, a construção de reservatórios, diques e canalizações abertas e fechadas.

As medidas estruturantes (não estruturais) são de caráter legal e institucional e procuram disciplinar a urbanização de forma a minimizar os seus efeitos no regime hídrico das bacias. Têm por objetivo, sem alterar a morfologia, reduzir os impactos, com a aplicação de medidas e princípios que visam diminuir o risco hidrológico e as interferências causadas por ações antrópicas. São medidas que exigem esforços de conscientização popular, legislação apropriada, fiscalização do uso e ocupação dos espaços urbanos, manutenção regular dos elementos estruturais, dos pátios, jardins, pavimentos. Alcançam resultados excelentes quanto à redução dos problemas de drenagem urbana. Em suma, são ações que integram a gestão das águas pluviais nas sub-bacias hidrográficas que compõem o território urbano de uma cidade, enfocando não somente os problemas específicos das enchentes, mas, sobretudo, o uso racional do espaço urbano, de forma a otimizar-se o bem-estar, a qualidade de vida, a estética e as múltiplas atividades de utilização do meio ambiente urbano.

5.6.2 Controle na fonte

Tem a finalidade de reduzir os efeitos da urbanização na quantidade e na qualidade da água escoada, com o objetivo de aumentar o armazenamento temporário, reduzindo o lançamento de deflúvios e da carga de poluição difusa. As medidas de controle para o problema dos deflúvios urbanos envolvem a implantação de sistemas de controle próximos do local de geração, e ainda medidas estruturais, que englobam obras de engenharia destinadas à retenção temporária do escoamento, e medidas estruturantes, que utilizam meios para reduzir a geração do escoamento e a carga poluidora. Não contemplam obras civis, mas envolvem ações de cunho social para modificar padrões de comportamento da população.

São exemplos de controle na fonte:

- **Redução do efeito das áreas impermeáveis**: o impacto gerado pelo escoamento superficial na drenagem aumenta com a área impermeabilizada. Em razão disso, o uso de dispositivos de detenção no lote incrementa o armazenamento na bacia, amortece o pico de vazão e reduz o volume escoado para a rede de drenagem. Em áreas comuns, podem ser adotadas soluções como pavimentos permeáveis (estacionamentos) ou valas de infiltração nas áreas adjacentes às vias.

- **Telhado verde**: conhecido como jardim em edifícios, é um dispositivo de controle do escoamento na fonte que ajuda a mitigar o impacto da urbanização, especialmente em áreas com nível de adensamento elevado. Esse dispositivo é muito eficiente na redução do escoamento, pelo aumento de área verde e pela evapotranspiração. Além disso, aporta valor comercial ao empreendimento e cria condições de vida natural, sendo considerado uma opção economicamente excelente, quando comparado aos sistemas estruturais de grande porte.

5.7 Sistema de drenagem

Tradicionalmente, o sistema de drenagem é entendido como sendo composto por dois sistemas distintos denominados de microdrenagem e macrodrenagem.

5.7.1 Sistema de microdrenagem

Microdrenagem ou sistema de drenagem inicial, ou ainda sistema coletor de águas pluviais, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais, e também canais de pequenas dimensões. Esse sistema é dimensionado para o escoamento de águas pluviais cuja ocorrência tem um período de retorno entre dois e cinco anos. Quando bem projetado, minimiza consideravelmente os alagamentos na área urbana, evitando as interferências no tráfego de pedestres e de veículos, e danos às propriedades públicas e privadas.

5.7.2 Sistema de macrodrenagem

A rede física da macrodrenagem é aquela constituída pelos principais talvegues (fundo de vale) existentes, independentemente da execução de obras específicas e da localização das áreas urbanizadas, por ser o caminho natural das águas pluviais. Portanto, a macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação. É responsável pelo escoamento final das águas, podendo ser formada por canais naturais ou artificiais (galerias e canais de grandes dimensões) e estruturas auxiliares.

O sistema de macrodrenagem é um conjunto de obras que visa melhorar as condições de escoamento, de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talvegues. É constituído, em geral, por estruturas de maiores dimensões projetadas para cheias, cujo período de retorno está compreendido entre dez e cem anos. Quando bem projetado, pode-se obter diminuição considerável do custo da microdrenagem, reduzindo-se, por exemplo, a extensão das tubulações enterradas. Do seu bom funcionamento dependem, essencialmente, a segurança urbana contra as enchentes mais frequentes.

A utilização de canais em sistemas de macrodrenagem apresenta vantagens com relação ao custo, à capacidade de vazão, às possibilidades recreativas, às condições estéticas e à capacidade de armazenamento no próprio canal. Como desvantagens citam-se a necessidade de extensas áreas de implantação e os custos de operação e manutenção. Portanto, fazem-se necessários um planejamento cuidadoso e um projeto adequado, tendo em vista minimizar essas desvantagens e obter maiores benefícios.

Apesar de independentes, as obras de macrodrenagem mantêm um estreito relacionamento com o sistema de drenagem urbana, devendo, portanto, ser projetadas conjuntamente.

5.7.3 Canais

Canais são condutos abertos ou fechados que transportam a água com superfície livre. Quando fechado, deve ter pelo menos um ponto da sua seção de escoamento sujeita à pressão atmosférica; caso contrário, será considerado conduto forçado.

Quanto à sua conformação, os canais podem ser naturais, como os rios, ou artificiais, quando apresentam forma geométrica conhecida, podendo ser revestidos ou não. Como exemplo de canais artificiais, citam-se os coletores de esgotos sanitários, as galerias de águas pluviais, os túneis-canais, as calhas, as canaletas, entre outros.

As alternativas de intervenção em um determinado tipo de canal dependem principalmente dos seguintes fatores:

- **Hidráulicos** – declividade longitudinal, faixa disponível para implantação, vazão de projeto, transporte de sedimentos, topografia e capacidade de drenar terrenos adjacentes.
- **Construtivos** – disponibilidade de materiais, áreas de bota-fora e custos.
- **Ambientais** – características da vizinhança, necessidade de novas áreas verdes, forma das ruas e tráfego e planos municipais.
- **Sociais** – padrões sociais da vizinhança, população infantil da vizinhança, tráfego de pedestres e necessidades recreativas.

Quanto ao regime de escoamento em canais abertos, podem ocorrer as seguintes formas:

- **Permanente** – quando a vazão permanece constante numa seção transversal. O escoamento em canais de drenagem e rios tende a ser permanente, exceto durante as cheias.
- **Não permanente** – quando a vazão é variável em uma seção transversal. Os escoamentos intermitentes nas saídas de terraços, canais de desvios, vertedores de reservatórios etc., são escoamentos não permanentes.
- **Uniforme** – quando o escoamento é permanente e a velocidade média é a mesma nas sucessivas seções transversais.
- **Variado** – quando o escoamento é permanente e a velocidade média é variável de uma seção para outra.

5.7.3.1 Velocidade de escoamento no movimento uniforme

Existem diversas fórmulas práticas para determinação da velocidade de escoamento em canais, dentre elas, a mais conhecida e amplamente utilizada, é a fórmula de Chézy-Manning, devido à sua simplicidade e aos resultados satisfatórios em aplicações práticas.

No sistema métrico, a fórmula de Chézy-Manning para a condição de regime permanente e uniforme é dada por:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \qquad (01)$$

Onde:

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

R = raio hidráulico (m).

I = declividade do canal (m/m).

n = coeficiente de rugosidade (coeficiente “n” de Manning).

5.7.3.2 Geometria da seção transversal dos canais

As propriedades do escoamento estão relacionadas com a seção transversal do canal, cujos parâmetros geométricos ou hidrogeométricos são:

- Profundidade (y): distância vertical entre o fundo da seção e o nível da água.
- Largura superficial (B): largura da seção medida na superfície livre.
- Área molhada (A): área da seção transversal do escoamento.
- Perímetro molhado (P): comprimento linear do contorno da seção (desconsidera-se a superfície livre).
- Raio hidráulico (R): relação entre a área e o perímetro molhado (R = A / P).

Conhecida a vazão (Q) de projeto e da declividade (I) compatível com a topografia local, em que o canal será construído, o dimensionamento consiste na determinação dos elementos geométricos da seção transversal dos canais.

Pela equação da continuidade:

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

Onde:

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

A = área molhada (m^2).

Substituindo a velocidade do escoamento do movimento permanente e uniforme, equação (01), na equação (02) obtém-se a equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \qquad (03)$$

Para a determinação das dimensões geométricas do canal, separam-se as variáveis conhecidas:

$$\frac{n \cdot Q}{I^{1/2}} = A \cdot R^{2/3} \qquad (04)$$

Sendo o raio hidráulico definido por:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}} \qquad (05)$$

Obtém-se:

$$\frac{n \cdot Q}{I^{1/2}} = \frac{A^{5/3}}{p^{2/3}} \qquad (06)$$

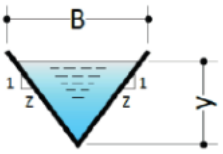
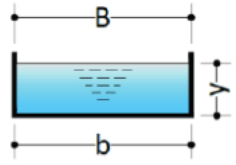
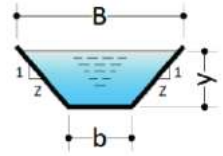
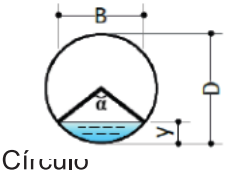
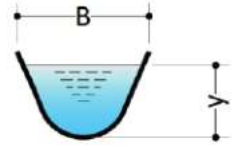
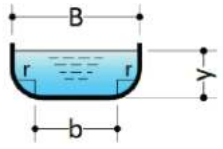
As seções transversais mais utilizadas nos canais de drenagem são: triangular, circular, trapezoidal e retangular.

A seção triangular é utilizada principalmente nos casos em que as vazões são pequenas, tais como nas sarjetas das vias públicas, na microdrenagem urbana.

A seção circular é largamente utilizada na rede de galerias de águas pluviais das cidades e nos emissários, com vazões de projeto médias, que conduzem as águas pluviais aos vales receptores. Ou ainda, em bueiros na travessia de estradas e nas vias públicas das cidades.

Os elementos geométricos das seções transversais mais usuais estão dispostos na Tabela 1, e as seções de máxima eficiência no escoamento, na Tabela 2.

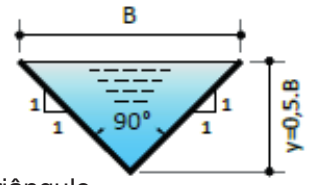
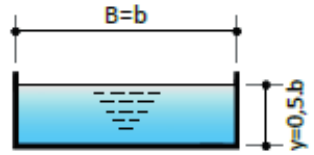
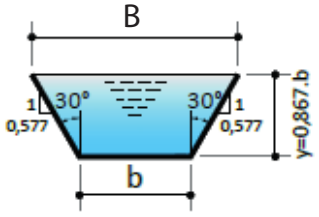
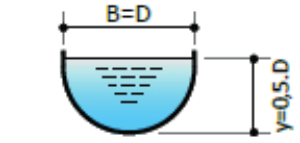
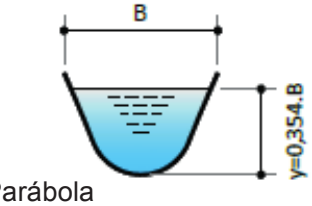
Tabela 1 – Elementos geométricos das seções dos canais de drenagem.

Seção transversal	Área molhada (A)	Perímetro molhado (P)	Largura superficial (B)	Raio hidráulico (R=A/P)
 Triângulo	$z \cdot y^2$	$2 \cdot y\sqrt{1+z^2}$	$2 \cdot z \cdot y$	$\frac{z \cdot y}{2\sqrt{1+z^2}}$
 Retângulo	$b \cdot y$	$b + 2 \cdot y$	b	$\frac{b \cdot y}{b + 2 \cdot y}$
 Trapézio	$(b + z \cdot y) \cdot y$	$b + 2 \cdot y\sqrt{1+z^2}$	$b + 2 \cdot z \cdot y$	$\frac{(b + z \cdot y) \cdot y}{b + 2 \cdot y\sqrt{1+z^2}}$
 Círculo	$\frac{D^2}{8} \cdot (\alpha - \text{sen}\alpha)$	$\frac{D}{2} \cdot \alpha$	$D \cdot \left(\text{sen}\frac{\alpha}{2}\right)$ ou $2 \cdot \sqrt{y \cdot (D - y)}$	$\frac{D}{4} \cdot \left(1 - \frac{\text{sen}\alpha}{\alpha}\right)$
 Parábola	$\frac{2}{3} \cdot B \cdot y$	$B + \frac{8 \cdot y^2}{3 \cdot B}$	$\frac{3 \cdot A}{2 \cdot y}$	$\frac{2 \cdot B^2 \cdot y}{3 \cdot B^2 + 8 \cdot y^2}$
 Retângulo com cantos arredondados	$\left(\frac{\pi}{2} - 2\right) \cdot r^2 + (b + 2 \cdot r) \cdot y$	$(\pi - 2) \cdot r + b + 2 \cdot y$	$b + 2 \cdot r$	$\frac{\left(\frac{\pi}{2} - 2\right) \cdot r^2 + (b + 2 \cdot r) \cdot y}{(\pi - 2) \cdot r + b + 2 \cdot y}$

Fonte: Adaptado de (Fendrich, 2008) apud (Santos, 1984).

As seções circulares e semicirculares são as que apresentam o menor perímetro molhado e o maior raio hidráulico por unidade de área do conduto; portanto, são consideradas como seções econômicas ideais. Nos casos em que a capacidade de escoamento no emissário circular conduza a diâmetros antieconômicos, ou a sua execução não permita a condução das águas pluviais até o ponto adequado no vale receptor, lança-se mão da utilização frequente de canais com as seções transversais trapezoidal, retangular, ou outra, de geometria mais complexa.

Tabela 2 – Elementos geométricos das seções dos canais de drenagem de máxima eficiência no escoamento.

Seção transversal	Área molhada (A)	Perímetro molhado (P)	Largura superficial (B)	Raio hidráulico (R=A/P)
 Triângulo	y^2	$2\sqrt{2}\cdot y$	$2\cdot y$	$\frac{\sqrt{2}}{4}\cdot y$
 Retângulo	$2\cdot y^2$	$4\cdot y$	$2\cdot y$	$\frac{1}{2}\cdot y$
 Trapézio	$\sqrt{3}\cdot y^2$	$2\sqrt{3}\cdot y$	$\frac{4\sqrt{3}}{3}\cdot y$	$\frac{1}{2}\cdot y$
 Semicírculo	$\frac{\pi}{2}\cdot y^2$	$\pi\cdot y$	$2\cdot y$	$\frac{1}{2}\cdot y$
 Parábola	$\frac{4\sqrt{2}}{3}\cdot y^2$	$\frac{8\sqrt{2}}{3}\cdot y$	$2\sqrt{2}\cdot y$	$\frac{1}{2}\cdot y$

Fonte: Adaptado de (Fendrich, 2008) apud (Santos, 1984)

5.8 Critérios de projeto de drenagem

Para o dimensionamento de sistemas de drenagem incluindo galerias de águas pluviais, travessias de estradas de rodagem (bueiros), canais abertos e fechados, são necessários modelos matemáticos usados em hidrologia. Na indisponibilidade de um método hidrológico específico para uma determinada cidade, usualmente se recorre à adoção de um modelo próximo. Sendo possível, faz-se o uso da equação das chuvas intensas para ser utilizada nos dimensionamentos hidrológicos.

5.8.1 Estudo hidrológico

A necessidade do estudo hidrológico pode ser originada por uma vasta gama de problemas de engenharia, relacionados ao dimensionamento de obras hidráulicas, ao planejamento de aproveitamento dos recursos hídricos e ao gerenciamento dos sistemas resultantes, quer nos aspectos quantitativos, quer nos aspectos qualitativos. A metodologia a ser utilizada em cada caso é função das condições de contorno que se apresentam e que são impostas pelo meio físico, pelos objetivos do estudo e pelos recursos de toda espécie de que se dispõe.

Os objetivos na prática da drenagem das águas pluviais, em pequenas bacias hidrográficas, têm sido considerados simples, em geral voltados apenas para o dimensionamento de galerias, bueiros e canais destinados à remoção dos volumes de água de origem pluvial que causam enormes transtornos, tais como a erosão dos solos e a sedimentação em vales receptores, ou, ainda, a ocorrência de enchentes urbanas frequentes.

A metodologia nesses casos, comumente, tem recaído na determinação de uma vazão de projeto associada a uma probabilidade de ocorrência previamente estabelecida.

Os métodos estatísticos de obtenção das vazões de enchente e que utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum em bacias naturais, dificilmente podem ser aplicados a pequenas bacias hidrográficas, não só pela escassez de dados, como também pela não homogeneidade estatística da série de vazões.

Os métodos chamados indiretos calculam as vazões de enchente a partir da chuva, e, geralmente, constituem uma alternativa viável. Atribui-se um tempo de recorrência para a determinação da chuva crítica e um método de transformação chuva-vazão é utilizado para calcular a correspondente vazão de projeto.

Os modelos hidrológicos mais simples de transformação chuva-vazão, normalmente consideram toda a bacia hidrográfica como uma única unidade homogênea, quanto às suas características físicas, e a precipitação constante e uniforme sobre toda a área de drenagem. Portanto, são recomendados apenas para bacias pequenas e onde os objetivos e/ou as limitações não justificam o emprego de técnicas mais complexas e refinadas.

5.8.2 Aspectos gerais das chuvas em projetos de drenagem

Entende-se por chuva ou precipitação pluviométrica o conjunto de águas originadas do vapor d'água atmosférico que cai em estado líquido sobre a superfície terrestre.

Os principais instrumentos utilizados para medição de chuvas são:

- **Pluviômetro**: mede a altura líquida, em milímetros, precipitada sobre uma superfície horizontal durante o período de 24 horas.
- **Pluviógrafo**: determina a variação temporal da água precipitada e a intensidade de chuva registrada ao longo do dia, semana ou mês. Os registros desse instrumento são indispensáveis para o estudo das chuvas de curta duração, utilizados em projetos de galerias pluviais.

A altura pluviométrica ou altura de precipitação medida no pluviômetro corresponde à espessura média da lâmina da água precipitada, que recobre a região atingida pela chuva, admitindo-se que essa água não se infiltre, não evapore e nem escoe para fora dos limites dessa região. Sua unidade de medida usual é o milímetro de chuva, correspondente ao volume de 1 litro/m^2 de superfície.

Em projetos de drenagem, as chuvas ou precipitações pluviais, usualmente, são caracterizadas pelos seguintes parâmetros:

- **Intensidade**: corresponde à precipitação por unidade de tempo. É obtida pela relação entre a altura pluviométrica e a duração da chuva. É normalmente expressa em mm/min ou mm/h.

- **Duração**: intervalo de tempo decorrido entre o instante em que se inicia a precipitação e o seu término, normalmente expresso em minutos ou horas.
- **Frequência**: corresponde ao número de vezes que uma determinada chuva pode ocorrer em um determinado período. Para aplicação em projetos, utiliza-se, preferencialmente, o período de retorno ou tempo de recorrência.

Os valores médios desses parâmetros podem ser obtidos ao longo do tempo, a partir de dados históricos gerados em postos pluviométricos.

5.8.2.1 Tempo de recorrência

O tempo de recorrência (T_r) ou período de retorno corresponde ao período de tempo médio em que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

a) Análise da frequência.

Considera-se a frequência como sendo o inverso do período de retorno, ou seja:

$$F = \frac{1}{Tr} \qquad (07)$$

Nas análises de frequência dos dados de chuva, comumente são estudadas as séries anuais que incluem a altura pluviométrica máxima de cada ano. Os dados observados dessas séries são classificados em ordem decrescente, e a cada um atribui-se um número de ordem. A frequência com que um evento de ordem "m" foi igualado ou superado é dada por:

$$F = \frac{m}{n} \text{ (método do Califórnia)} \qquad (08)$$

ou:

$$F = \frac{m}{n+1} \text{ (método do Kimbal)} \qquad (09)$$

Onde: n = número de anos de observação.

b) Análise do risco.

Risco (R) dá uma ideia de situação adversa de eventos não esperados, e em drenagem corresponde à probabilidade de uma determinada obra hidráulica vir a falhar, pelo menos uma vez, durante sua vida útil.

Em projetos de obras hidráulicas, ao se decidir que uma obra será dimensionada para uma vazão de projeto com tempo de recorrência T_r anos, define-se qual o grau de proteção contra enchentes conferido à população. Portanto, trata-se de escolher o "risco hidrológico" aceitável para a comunidade.

Níveis altos de segurança implicam custos elevados e grandes interferências e impactos no ambiente urbano. Minimizar custos e interferências é um objetivo importante em projetos de drenagem urbana, mas também não deverá ser alcançado pela escolha de tempos de recorrência T_r inadequadamente pequenos.

Da teoria das probabilidades, a expressão que relaciona risco R com tempo de recorrência T_r e vida útil da obra N, é dada por:

$$R = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_r} \right)^N \right] . 100 \qquad (10)$$

Onde:

R = risco de a obra hidráulica falhar (%).

T_r = tempo de recorrência (anos).

N = vida útil da obra hidráulica (anos).

A Tabela 3 mostra que, para uma vida útil N = 50 anos, normal para obras hidráulicas de drenagem, os riscos de falhas são de 100% para obras de microdrenagem, e permanecem altos para obras de macrodrenagem.

Tabela 3 – Risco R (%) em função do tempo de recorrência T_r e da vida útil da obra hidráulica N.

Tr (anos)	Vida útil da obra N (anos)					
	2	5	10	25	50	100
2	75,0	97,0	99,9	99,9	100,0	100,0
3	55,0	87,0	98,3	99,9	100,0	100,0
5	36,0	67,0	89,3	99,6	99,9	100,0
10	19,0	41,0	65,1	92,8	99,5	99,9
25	8,0	18,0	33,5	64,0	87,0	98,3
50	4,0	10,0	18,3	40,0	64,0	86,7

Fonte: Fendrich, 2008.

Como tais riscos são aceitos e, correntemente adotados em projetos de obras de drenagem, conclui-se que: em primeiro lugar, o objetivo principal das obras de microdrenagem é escoar as vazões originadas das chuvas mais frequentes e, implicitamente, admite-se a ocorrência de alagamentos frequentes; e, em segundo lugar, as obras de macrodrenagem não se constituem na solução definitiva para os problemas das enchentes, e deverão ser complementadas por outras medidas que aumentem a proteção oferecida pelas obras hidráulicas.

c) Fixação do tempo de recorrência.

A escolha do período de retorno demanda muitos estudos e discussão sobre o tema, e cada caso deve ser devidamente particularizado.

Muitos órgãos e entidades públicas fixam os tempos de recorrência para diversos tipos de obra como critério de projeto.

Na Tabela 4, apresentam-se os valores comumente empregados na microdrenagem e na macrodrenagem das águas pluviais no estado de São Paulo.

Tabela 4 – Tempos de recorrência utilizados no estado de São Paulo.

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T_r (anos)
Microdrenagem	1. Residencial 2. Áreas comerciais 3. Áreas com edifícios públicos 4. Aeroportos 5. Áreas comerciais altamente valorizadas 6. Terminais aeroportuários	2 5 5 2-5 5-10 5-10
Macrodrenagem	1. Áreas residenciais, comerciais e com edifícios públicos 2. Áreas de importância específica	25-50-100 500

Fonte: Cetesb, 1986.

Na Tabela 5, são relacionados os tempos de recorrência para os tipos das obras hidráulicas de drenagem, conforme a importância na proteção contra enchentes, para as comunidades atendidas por esse tipo de infraestrutura de saneamento no estado do Paraná.

Tabela 5 – Tempos de recorrência utilizados no estado do Paraná.

Tipo de obra	Estrutura hidráulica	T_r (anos)
Microdrenagem	1. Drenagem no perímetro urbano 2. Emissários em tubulações	2-3 3-5
Macrodrenagem	1. Obras de extremidade 2. Canais 3. Bueiros, vãos de pontes em estradas e vias públicas 4. Obras de combate a erosão: vertedores tubulares e de queda; barragens para assoreamento e estabilização de vales receptores 5. Retificação e dragagem de canais	5 10 10-25-50 10-100 10-25

Fonte: Suceam, 1990.

5.8.2.2 Intensidade da chuva de projeto

Chuvas intensas ou precipitações máximas são aquelas cujas intensidades ultrapassam um determinado valor mínimo estabelecido. A determinação dessas intensidades é de fundamental importância em drenagem urbana, pois, em muitas metodologias, as vazões de projeto são obtidas indiretamente por modelos de transformação chuva-vazão.

A principal forma de caracterização de chuvas intensas é por meio das relações de intensidade, duração e frequência da precipitação obtida de uma série de dados de chuvas intensas, suficientemente longa e representativa do local de interesse.

A intensidade da precipitação pluvial, usualmente, é determinada por equações do tipo:

$$i = \frac{K \cdot Tr^m}{(t + t_0)^n} \qquad (11)$$

Onde:

i = intensidade de precipitação máxima média (mm/h).

t = tempo de duração da chuva (min).

T_r = tempo de recorrência (anos).

K, t_0, m, n = parâmetros a determinar para a estação pluviográfica.

Alguns exemplos das relações intensidade x duração x frequência (IxDxF) estão indicadas a seguir:

a) Para a cidade de São Paulo (obtida por Paulo Sampaio Wilken, 1972, citado por Fendrich *et al.*, 1997).

$$i = \frac{3.462{,}7 \cdot Tr^{0{,}172}}{(t + 22)^{1{,}025}} \qquad (12)$$

b) Para a cidade do Rio de Janeiro (obtida por Ulysses M. A. Alcântara e Aguinaldo R. Lima, 1972, citados por Wilken, 1978; Fendrich *et al.* 1997).

$$i = \frac{1.239 \cdot Tr^{0{,}150}}{(t + 20)^{0{,}740}} \qquad (13)$$

c) Para a cidade de Curitiba (atualizada por Fendrich, 2000, citado por Fendrich, 2011).

$$i = \frac{5.726{,}64 \cdot Tr^{0{,}159}}{(t + 41)^{1{,}041}} \qquad (14)$$

5.8.3 Bacia contribuinte ou área de drenagem

Trata-se de uma área com declividade e delimitada topograficamente, de forma que toda vazão afluente pode ser medida ou descarregada num ponto do curso de água. São sinônimos: bacia hidrográfica, bacia de captação, bacia coletora, bacia imbrífica, bacia de drenagem superficial e bacia hidrológica.

O estudo da bacia contribuinte ou área de drenagem é um dos elementos essenciais ao dimensionamento do sistema, por se tratar da área receptora das chuvas e que alimenta parte ou todo o sistema de escoamento. Esse estudo é realizado com a finalidade de se conhecer as características e diversas influências relativas à:

- **Forma geométrica** – responsável pela individualização da bacia contribuinte.
- **Declividade** – do curso de água e da bacia.
- **Geomorfologia** – fornece uma visão estrutural da região e da forma do relevo existente.
- **Geologia** – conhecer a maior ou menor permeabilidade e outras características do terreno.
- **Cobertura vegetal** – quando a cobertura é densa tende a favorecer a infiltração, protegendo o solo contra as erosões. O efeito da cobertura do solo pode ser até mais importante do que o tipo de solo.
- **Uso da terra** – a urbanização acarreta a impermeabilização progressiva dos terrenos, reduzindo sensivelmente a capacidade de infiltração do solo. Deste modo, deve-se estudar o efeito produzido pela impermeabilização no aumento da parcela de escoamento superficial.

Estas características intervêm de modo fundamental nos volumes das enchentes e nas vazões de estiagem alimentadas pelos próprios lençóis subterrâneos. As características geomorfológicas e geológicas fornecem importantes elementos para o estudo da bacia, possibilitando a determinação da parcela de chuva que escoa sobre a superfície do solo, a qual deve ser captada e conduzida ao seu destino final pelas canalizações pluviais.

Existe uma inter-relação dos dados pluviométricos com a bacia hidrográfica contribuinte; essa relação deve ser estendida aos dispositivos de drenagem ou estruturas hidráulicas de esgotamento das águas pluviais. A determinação das vazões de dimensionamento dos dispositivos responsáveis pelo escoamento das águas pluviais depende de todos estes parâmetros.

5.8.4 Escoamento superficial

O escoamento superficial, também denominado deflúvio direto, é a fase do ciclo hidrológico que trata do conjunto das águas, que, por efeito da gravidade, desloca-se na superfície do solo. O estudo do escoamento superficial engloba desde a simples gota de chuva que cai sobre o solo, saturado ou impermeável, e escoa superficialmente até atingir os fundos de vales, lagos e cursos d'água.

Dentro do ciclo hidrológico e com relação à engenharia, o escoamento superficial é uma das fases mais importantes, por estar intimamente ligado às precipitações atmosféricas; assim, a análise quantitativa da correlação entre esses dois fenômenos é de fundamental importância nos projetos de drenagem.

5.8.4.1 Determinação da vazão: método racional

O método racional é um método indireto que estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial. É, certamente, o mais difundido para a determinação da vazão máxima de projeto ou vazão de pico do escoamento superficial de uma determinada bacia. A grande aceitação do método deve-se à sua simplicidade, e os resultados costumam ser satisfatórios, desde que a aplicação seja feita dentro de seus limites de validade.

A seguinte equação define o método racional:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \text{ ou } Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \qquad (15)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (m^3/s).

i = intensidade máxima da chuva sobre toda a área drenada, de duração igual ao tempo de concentração da bacia (mm/h).

C = coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* (adimensional).

A = área de drenagem (km^2).

Para pequenas bacias hidrográficas, o método racional pode ser aplicado com maior segurança em áreas de drenagem na faixa de 0,50 até 5,00 km^2. O método deve ser restrito a áreas de drenagem pequenas, baseado nas seguintes hipóteses:

- A intensidade da precipitação é constante enquanto durar a chuva.
- A impermeabilidade das superfícies permanece constante durante a chuva.
- O tempo de duração da chuva que origina a vazão máxima é igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica.

O método racional ajusta-se muito bem a projeto de sistemas de redes de galerias de águas pluviais, porque as bacias hidrográficas são divididas em microáreas de drenagem, nas quais as contribuições pluviais podem ser determinadas com menor risco de incertezas.

a) Escolha do coeficiente de escoamento superficial (C).

A escolha do coeficiente de escoamento superficial (C) depende muito da avaliação do projeto como um todo. Em geral, as superfícies são heterogêneas, não sendo conveniente adotar um único valor de C tirado de tabelas para toda a área de drenagem. O mais conveniente é adotar uma média ponderada para toda a área da bacia de drenagem, considerando-se os valores de C correspondentes às parcelas das áreas que compõem a bacia hidrográfica.

Os valores de C são baseados nas características das superfícies em que incidem as precipitações pluviométricas. A Tabela 6 descreve faixas de variação do coeficiente de escoamento superficial C para vários tipos de ocupação das áreas de drenagem.

Tabela 6 – Valores do coeficiente de escoamento superficial.

Tipo de cobertura do solo da bacia	C
Superfícies de telhados	0,70 a 0,95
Pavimentos	0,40 a 0,90
Vias macadamizadas (saibro)	0,25 a 0,60
Vias e passeios apedregulhados	0,15 a 0,30
Superfícies não pavimentadas, quintais e lotes vazios	0,10 a 0,30
Matas e jardins gramados	0,05 a 0,25

Fonte: Wilken, 1978.

Na definição do valor do coeficiente de escoamento superficial C para o projeto, deverá ser considerado o efeito da urbanização crescente, da possibilidade de implantação de planos urbanísticos municipais, e da legislação local referente ao zoneamento, ao uso e à ocupação do solo da bacia hidrográfica. Dessa forma, o valor de C escolhido deverá ser para o final do horizonte de projeto da obra hidráulica de drenagem das águas pluviais.

b) Determinação da intensidade da chuva de projeto.

A intensidade da chuva de projeto é função do tempo da sua duração, a qual, por hipótese, deve ser igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica.

O tempo de concentração é o tempo gasto pela água para escoar desde o ponto mais afastado da bacia até o ponto de projeto considerado. A intensidade da chuva de projeto pode, então, ser determinada por meio da aplicação da equação (11), conforme o tempo de recorrência T_r recomendado para o dimensionamento da obra hidráulica de drenagem.

5.8.4.2 Tempo de concentração em bacias hidrográficas

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica (t_c) é definido como o tempo gasto pela gota da chuva para deslocar-se do ponto mais afastado da bacia até o ponto mais inferior, para onde converge toda a descarga hídrica desta bacia (exutório).

Existem várias fórmulas para determinação do tempo de concentração em bacias hidrográficas, e neste Manual são descritas apenas três delas:

a) Fórmula do Departamento de Estradas da Califórnia (Estados Unidos).

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (16)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração da bacia (min).

L = extensão do talvegue principal, desde o ponto mais afastado até o exutório da bacia (km).

H = diferença de cotas topográficas entre o ponto mais afastado e o exutório da bacia (m).

b) Fórmula de Ven Te Chow.

$$t_c = 52,64 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,64} \quad (17)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração da bacia (min).

L = extensão do talvegue principal, desde o ponto mais afastado até o exutório da bacia (km).

I = declividade da bacia (m/km).

c) Fórmula do DNOS.

$$t_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{I^{0,4}} \quad (18)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração da bacia (min).

A = área da bacia (ha).

L = extensão do talvegue principal (m).

I = declividade do talvegue principal (%).

K = coeficiente adimensional (depende das características do solo e varia entre 2 e 5).

Recomenda-se avaliar o tempo de concentração por vários métodos para definição de qual melhor se ajusta ao projeto.

Exemplo 1 – Determinar a vazão de projeto, para tempo de recorrência T_r = 10 anos, na foz de um córrego na cidade de Curitiba-PR. Sabendo-se que o trecho a montante da foz desse córrego deverá ser canalizado numa extensão de 200 m, verificar as possibilidades de utilização de um canal de seção retangular, de concreto armado, com elementos geométricos de máxima eficiência no escoamento.

Dados básicos da pequena bacia hidrográfica:

Área de drenagem: A = 2,90 km^2.

Comprimento do talvegue principal: L = 2,3 km.

Cota topográfica máxima = 929,00 m.

Cota do fundo do canal na Avenida Comendador Franco = 879,56 m.

Cota topográfica mínima = 878,92 m.

Área da bacia densamente urbanizada no horizonte de projeto: C = 0,60.

Passo 1 – Determinação da vazão de projeto Q.

a) Cálculo do tempo de concentração da bacia t_c.

Aplicando a equação (16):

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Sendo: L = 2,3 km; H = 929,00 - 878,92 = 50,08 m.

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{2,3^3}{50,08} \right)^{0,385}$$

t_c = 33,06 min = t (tempo de duração da chuva)

b) Intensidade da chuva de projeto i.

A equação de chuvas intensas de Curitiba é dada por:

$$i = \frac{5.726,64 \cdot T_r^{0,159}}{(t+41)^{1,041}}$$

Sendo T_r = 10 anos e duração da chuva t = 33,06 min, obtém-se:

$$i = \frac{5.726,64 \cdot (10)^{0,159}}{(33,06+41)^{1,041}} \therefore i = 93,47 \text{ mm/h}$$

c) Vazão de projeto Q.

Aplicando a equação (15):

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Sendo: C = 0,60 ; i = 93,47 mm/h e A = 2,90 km^2, obtém-se:

$$Q = \frac{0,60 \cdot 93,47 \cdot 2,90}{3,6}$$

Q = 45,18 m^3/s

Passo 2 – Determinação da seção transversal do canal de macrodrenagem.

Dados básicos do canal retangular revestido em concreto armado:

Coeficiente de rugosidade: n = 0,015 (coeficiente de Manning).

Comprimento: L = 200,00 m.

a) Cálculo da declividade longitudinal do canal.

$$I = \frac{879,56 - 878,92}{200,00} = 0,0032 \text{ m/m}$$

b) Dimensões geométricas do canal retangular.

Considerando que a máxima eficiência no escoamento em canal retangular é dada por y = 0,5.b (Tabela 7), utiliza-se o método das tentativas para determinação das dimensões geométricas do canal retangular, conforme consta na Tabela 7.

Tabela 7 – Método das tentativas para determinação da seção transversal.

N (tentativas)	B (m)	Y (m)	A = b.y (m^2)	P = 2.y + b (m)	R = A / P (m)	$V=\frac{1}{n}.R^{2/3}.I^{1/2}$ (m/s)	Q = V.A = $Q_{proj.}$ (m^3/s)
1ª	5,00	2,50	12,50	10,00	1,25	4,37	54,68 > 45,18
2ª	3,00	1,50	4,50	6,00	0,75	3,11	14,00 < 45,18
3ª	4,50	2,25	10,12	9,00	1,12	4,07	41,15 < 45,18
4ª	4,66	2,33	10,86	9,32	1,16	4,16	45,33 □ 45,18

As dimensões geométricas do canal de seção retangular, de concreto armado (n = 0,015), a ser construído no córrego em Curitiba-PR, terá as seguintes dimensões geométricas:

Largura de fundo: b = 4,66 m.

Profundidade de escoamento: y = 2,33 m.

c) Verificação da velocidade média de escoamento V.

Aplicando a equação da continuidade: Q = VA, obtemos:

V = 45,18 / 10,86 = 4,16 m/s (Tabela 7).

Para canais revestidos em concreto armado a velocidade de escoamento máxima permissível, para que não haja erosão do fundo do canal nem nas suas paredes laterais, é 6,0 m/s. Portanto:

$V = 4,16 < V_{máx} = 6,0$ m/s (atende).

5.8.5 Dispositivos componentes do sistema de microdrenagem urbana

Os principais componentes do sistema de microdrenagem urbana são: sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais, caixas de ligação, poços de queda para diminuição das velocidades de escoamento excessivas, e poços de visita, para inspeções e verificação das condições de operação do sistema de microdrenagem.

As chuvas, ao precipitarem na área urbana, escoam inicialmente pelos telhados, pelas calçadas e pelos terrenos, até chegarem às ruas. Nestas, concentram-se nos seus bordos, nos quais fluirão pelas sarjetas até alcançarem as bocas de lobo. A partir destas estruturas de captação, as águas escoam abaixo do nível da rua, por meio das galerias circulares, sendo então encaminhadas aos poços de visita ou às caixas de passagem, e, finalmente, aos emissários, até o ponto de lançamento no vale receptor.

5.8.5.1 Vias públicas e sarjetas

As vias públicas, como ruas e avenidas, desempenham uma importante função no sistema de drenagem urbana, muito embora sua função principal seja a de permitir o tráfego de veículos e pedestres. Assim, um bom projeto de drenagem das vias públicas deve levar em conta também seu

funcionamento como elemento hidráulico, o que proporciona benefícios diretos ao tráfego e menores custos de manutenção dessas vias.

As sarjetas são canais, em geral de seção transversal triangular, situados nas laterais das ruas, entre o leito viário e os passeios para pedestres, destinados a coletar as águas de escoamento superficial e transportá-las até as bocas coletoras. Limitadas verticalmente pela guia do passeio, têm seu leito em concreto ou no mesmo material de revestimento da pista de rolamento (Figura 1).

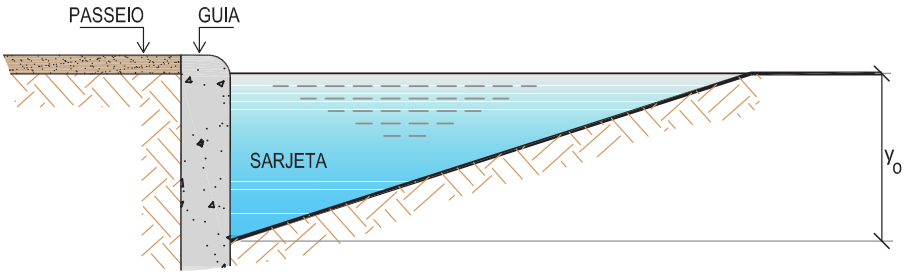


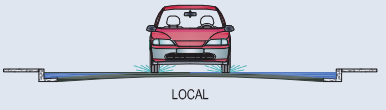
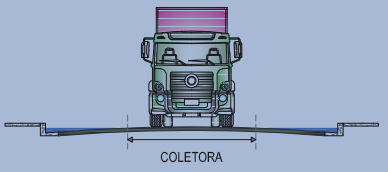
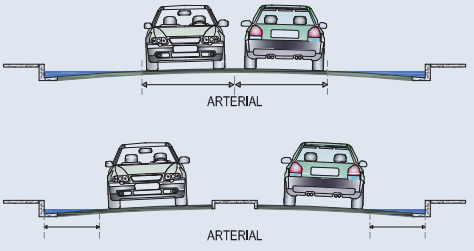
Figura 1 – Sarjeta triangular.

Por razões econômicas, não se justifica a utilização de canalizações conduzindo a totalidade das águas de chuva. Parte dessas vazões pode ser conduzida superficialmente por meio das sarjetas, as quais são calculadas em função das características locais, tais como a declividade da rua e o tipo de pavimentação.

Dessa forma, as sarjetas funcionam como um canal a céu aberto, de seção triangular, sendo sua capacidade variável, levando-se em consideração os seguintes aspectos: proteção dos pavimentos dos logradouros públicos; trânsito de veículos em áreas urbanas; trânsito de pedestres; combate a erosões e controle de enchentes urbanas.

Considerando os aspectos de segurança, dirigibilidade dos veículos (aquaplanagem) e conforto dos transeuntes (espirros d'água) comumente admitidos, as vias públicas podem ser classificadas em função da inundação máxima da sarjeta, conforme descrita na Tabela 8.

Tabela 8 – Classificação das vias públicas em função da inundação máxima.

Via pública	Inundação máxima (y_0)	Ilustração
Via local ou rua secundária	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento atinge até o eixo da rua.	
Via coletora ou rua principal	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento deverá garantir uma faixa de trânsito livre.	
Via arterial ou avenida	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento deverá garantir uma faixa de trânsito livre em cada direção.	
Via expressa	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito.	

Fonte: Chernicharo e Costa, 2001.

5.8.5.2 Bocas de lobo

As bocas de lobo são destinadas a captar as águas pluviais provenientes do escoamento superficial nas sarjetas, encaminhando-as aos poços de visita ou caixas de passagem, e, consequentemente, às galerias, por meio dos tubos de ligação (Figura 2).

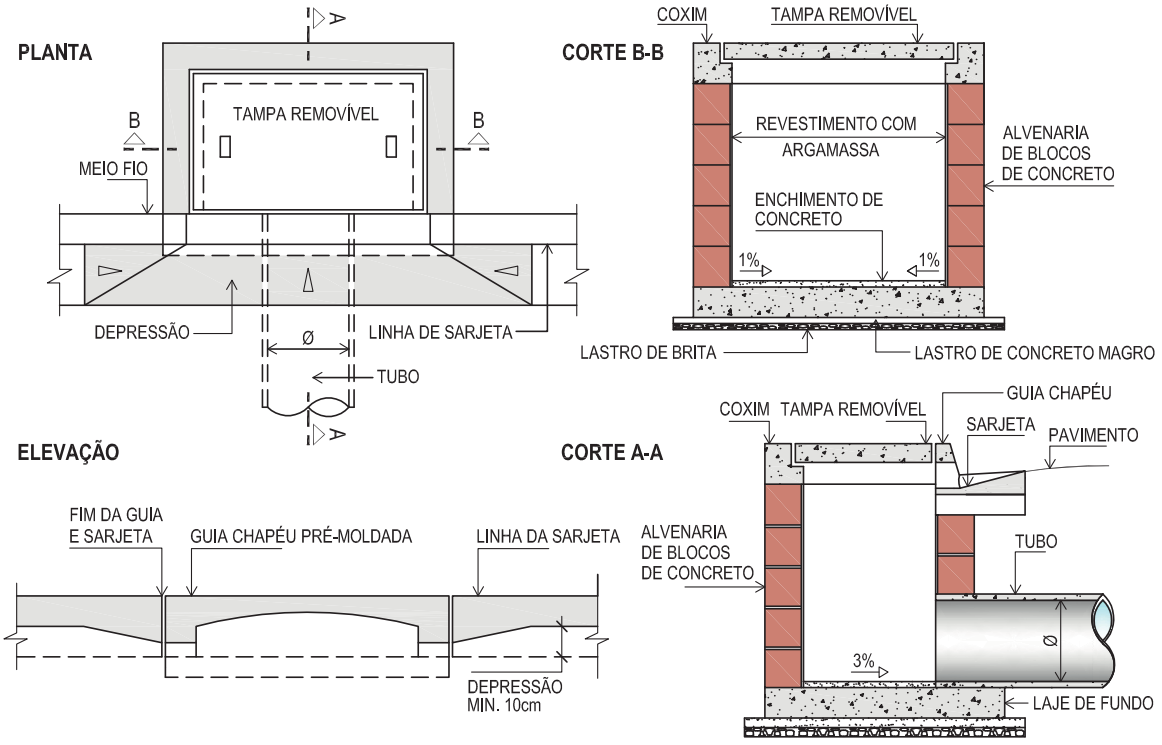
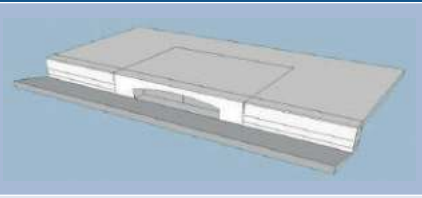
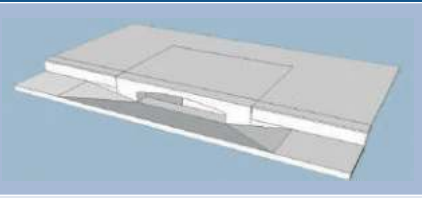


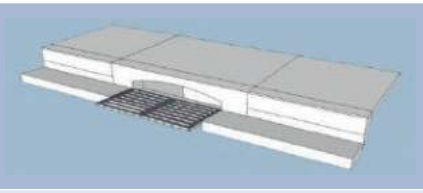
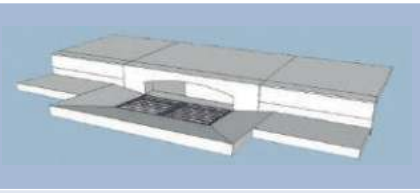
Figura 2 – Boca de lobo simples.

Fonte: Adaptado de DNIT, 2011.

As bocas de lobo podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guia, ralos de sarjeta (com grelha) e ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto à depressão ou ao rebaixamento, e quanto à quantidade, podendo ser simples ou múltiplas. A Tabela 9 mostra os principais tipos de bocas de lobo.

Tabela 9 – Tipos de bocas de lobo.

Tipos de bocas de lobo	Quanto ao assentamento	
	Sem depressão	Com depressão
Simples de guia		
Simples de grelha		

Combinada simples		
Combinada múltipla (dupla)		

Fonte: Chernicharo e Costa, 2001.

Recomenda-se a adoção de boca de lobo somente após verificação de uma ou mais das seguintes condições:

a) Existência de ponto baixo no greide da via pública.

b) Capacidade de escoamento da via inferior à vazão de contribuição à boca de lobo.

c) Velocidade do escoamento na sarjeta.

d) Vazão de contribuição maior que 600 l/s.

5.8.5.3 Tubos de ligação ou ramais

Os tubos de ligação são condutos que levam as águas captadas pelas bocas de lobo às galerias ou diretamente aos canais. Embora sejam aparentemente considerados elementos de menor importância num sistema de drenagem, estes devem ser objetos de análise detalhada pelo projetista. Mesmo que as sarjetas, bocas de lobo e galerias sejam corretamente dimensionadas, o conjunto poderá não funcionar adequadamente, por insuficiência da capacidade dos tubos de ligação. Recomenda-se para diâmetro mínimo dos tubos de ligação entre bocas de lobo 400 mm.

5.8.5.4 Poços de visita

O poço de visita é um dos elementos componentes do sistema de drenagem e tem a função de permitir o acesso às canalizações para efeitos de limpeza e inspeção, auxiliando na manutenção do sistema (Figura 3).

Sua construção é recomendada nas seguintes situações:

a) Início de uma rede.

b) Mudanças de direção de rede.

c) Junções de canalizações.

d) Modificações de seções das canalizações.

e) Modificações de declividade das canalizações.

f) Pontos que reduzam as distâncias entre dois poços de visita consecutivos (distância máxima depende do diâmetro da canalização e pode variar entre 100 e 200 m).

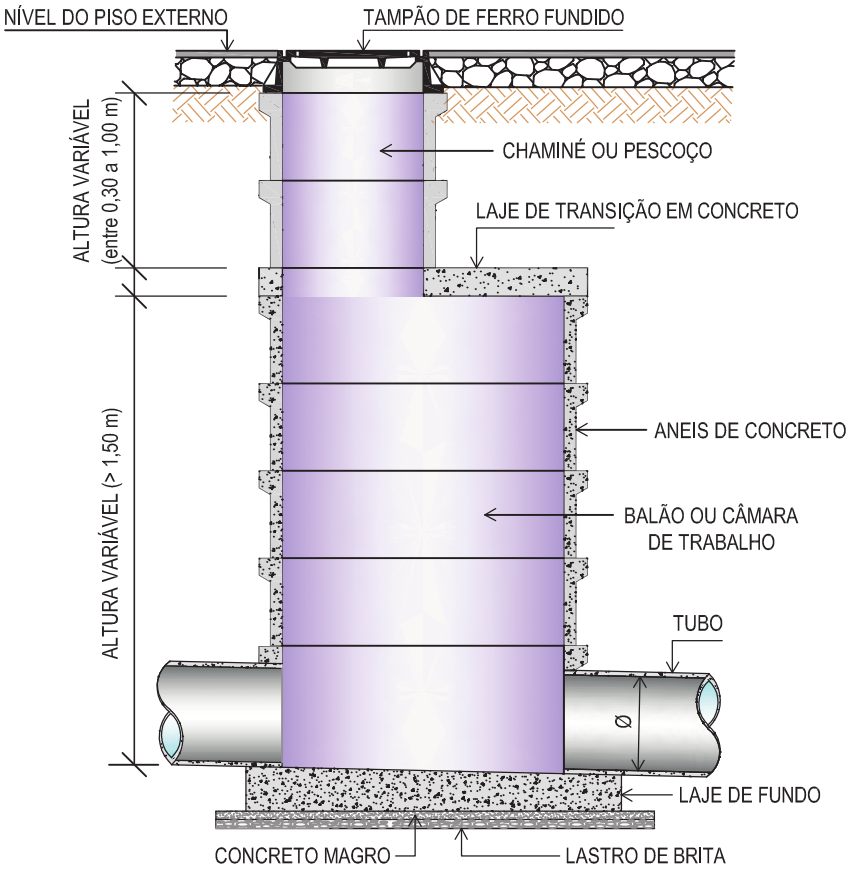


Figura 3 – Poço de visita (PV) esquemático do sistema de drenagem urbana.

5.8.5.5 Caixa de ligação

Caixas de ligação ou de passagem são acessórios não visitáveis componentes do sistema de redes de drenagem que permitem a interligação entre a boca de lobo e as canalizações, por meio dos tubos de ligação (Figura 4).

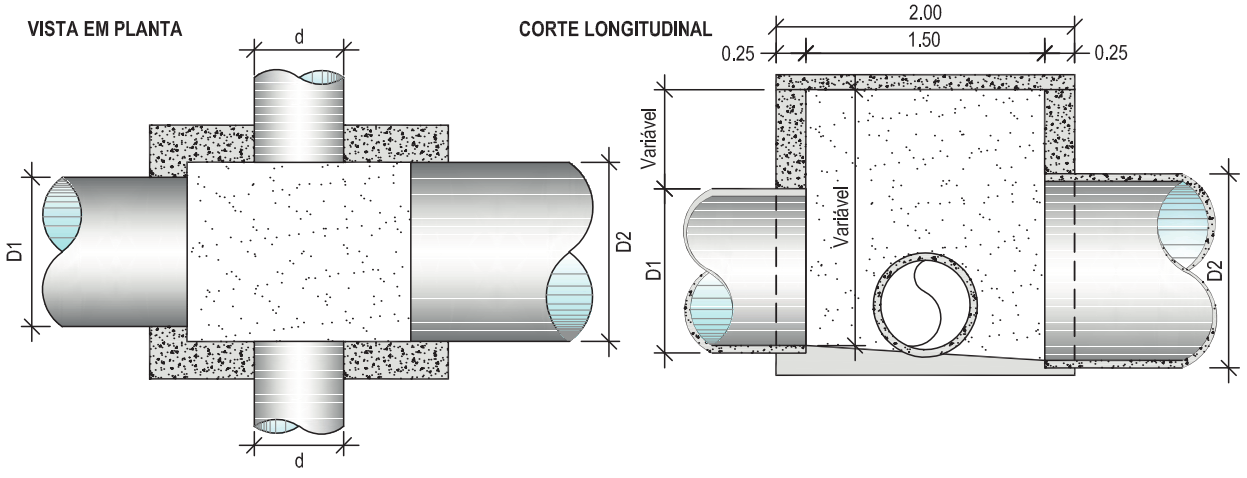


Figura 4 – Caixa de ligação.

Fonte: Adaptado de DNIT, 2011.

São utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas de lobo intermediárias ou para evitar a chegada, num mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações (Figura 5). Sua execução é mais econômica que o poço de visita; entretanto, apresenta o inconveniente da necessidade do rompimento do pavimento no caso da retirada da tampa de concreto.

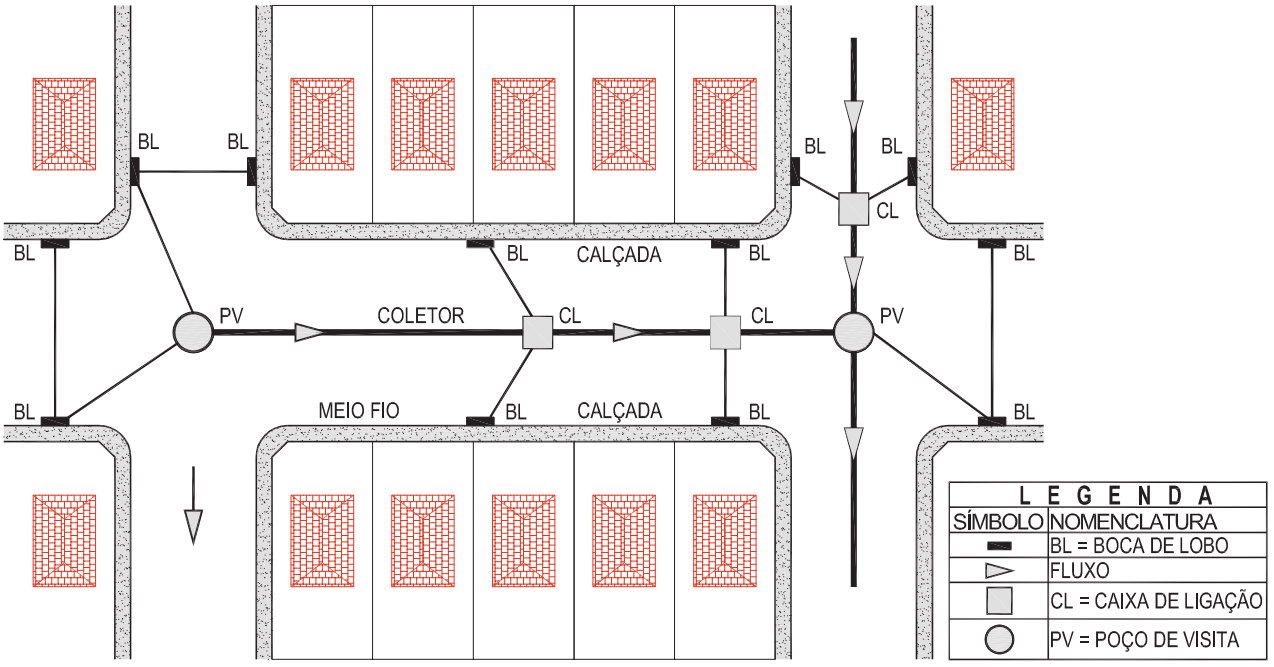


Figura 5 – Locação de caixas de ligação.

Fonte: Adaptado de Tucci, Porto e Barros, 1995.

5.8.5.6 Galerias de águas pluviais

Galerias são canalizações utilizadas para escoar as águas pluviais. O sistema de galerias integra as bocas de lobo, as tubulações, os poços de visita e as estruturas acessórias, projetado tendo em vista a condução de águas pluviais desde a sua captação, nas ruas, até a sua disposição no sistema de macrodrenagem (Figura 6). São projetadas como conduto livre admitindo-se a hipótese de lâmina d'água máxima igual ao diâmetro da tubulação.

No escoamento das águas pluviais, podem ser utilizados tubos de concreto simples e ou armado, cujos diâmetros comerciais correntes são: 0,40; 0,60; 0,80; 1,00; e 1,20 m. Entretanto, sempre que possível, o diâmetro mínimo das galerias deve ser projetado para 0,40 m.

As galerias devem ser locadas sob a guia (meio-fio), recomendando-se o recobrimento mínimo entre 0,90 e 1,10 m sobre a geratriz superior externa, e com profundidade máxima do poço de visita de 5,00 m, da cota do greide da rua.

Um bom planejamento do sistema viário pode reduzir substancialmente o custo do sistema de drenagem e até dispensar o uso de galerias de águas pluviais. Assim, o critério geral para adoção de galerias em projetos de drenagem deve ser orientado de modo a possibilitar o máximo aproveitamento da capacidade de escoamento das vias.

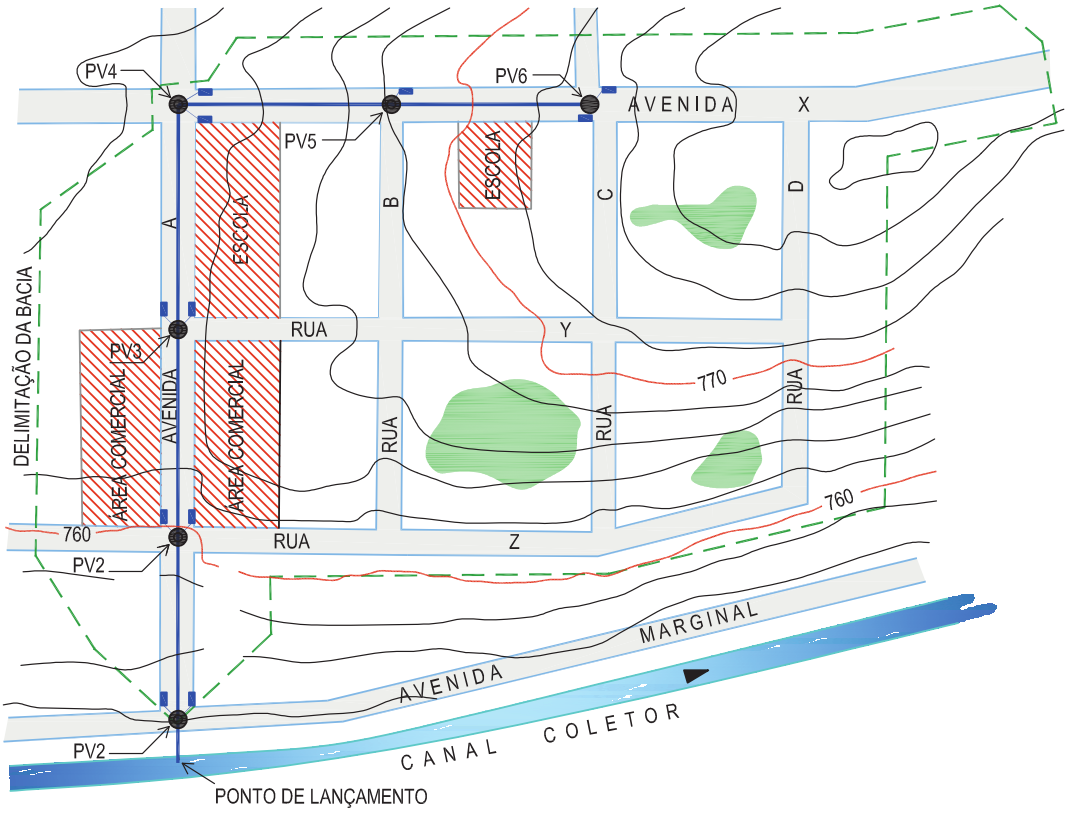


Figura 6 – Estruturas componentes de uma rede de drenagem pluvial.

Fonte: Adaptado de Cetesb, 1986.

O dimensionamento das galerias de águas pluviais é realizado com base nas equações hidráulicas do movimento uniforme, como a de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \qquad (19)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (m^3/s).

A = área da seção molhada (m^2).

R = raio hidráulico (m).

I = declividade (m/m).

n = coeficiente de rugosidade (ou coeficiente de Manning).

O coeficiente de rugosidade para tubos de concreto está na faixa compreendida entre n = 0,012 e n = 0,014. Para velocidades-limite nas galerias, no caso de tubos de concreto, utiliza-se 0,75 m/s como velocidade mínima e 5,0 m/s para a máxima.

Exemplo 2 – Determine a capacidade de vazão e verifique a velocidade que passa em uma tubulação de concreto armado de 1,2 m de diâmetro e 0,7% de declividade.

Dados:

D = 1,2 m (diâmetro da galeria).

n = 0,014 (coeficiente de rugosidade da tubulação de concreto).

I = 0,7% = 0,007 m/m (declividade).

Passo 1 – Determinação da capacidade de vazão.

Considerando a seção plena da galeria (R = D/4 = 1,20/4 = 0,30 m) e substituindo os valores na equação (19), temos:

$$Q = \frac{1}{0,014} \cdot \frac{\pi.1,2^2}{4} . 0,30^{2/3} . 0,007^{1/2}$$

$Q = 3,03\ m^3/s$

Passo 2 – Verificação da velocidade de escoamento V.

Considerando a equação da continuidade: Q = A . V e substituindo os valores:

$$V = \frac{4.3,03}{\pi.1,2^2}$$

$V = 2,68\ m/s$

5.8.5.7 Pontos de lançamento, dispositivos de descidas e de proteção

As águas pluviais, ao chegarem aos rios e córregos, não devem causar perturbações significativas ou erosões ao corpo receptor. Portanto, os pontos de lançamento das galerias deverão ser estudados cuidadosamente, devendo-se considerar, entre outros fatores: estabilidade do local de saída e existência de obstruções à passagem das águas, como residências e adutoras.

Os principais dispositivos de proteção usados em drenagem urbana são: entroncamentos, muros de alas, canaletas de proteção de cortes e aterros, bacias de amortecimento e descidas d'água (rápidos e escadas hidráulicas).

Nas descidas d'água podem ser usados dispositivos do tipo rampa (rápidos) e escada hidráulica (degraus). As rampas são utilizadas onde as condições admitam velocidades elevadas (Figura 7). As escadas hidráulicas são muito usadas em loteamentos urbanos íngremes e em taludes de estrada, existindo dois tipos básicos: com e sem colchão d'água (Figura 8). A altura do degrau deve ser a menor possível, para reduzir os problemas de erosão e turbulência.

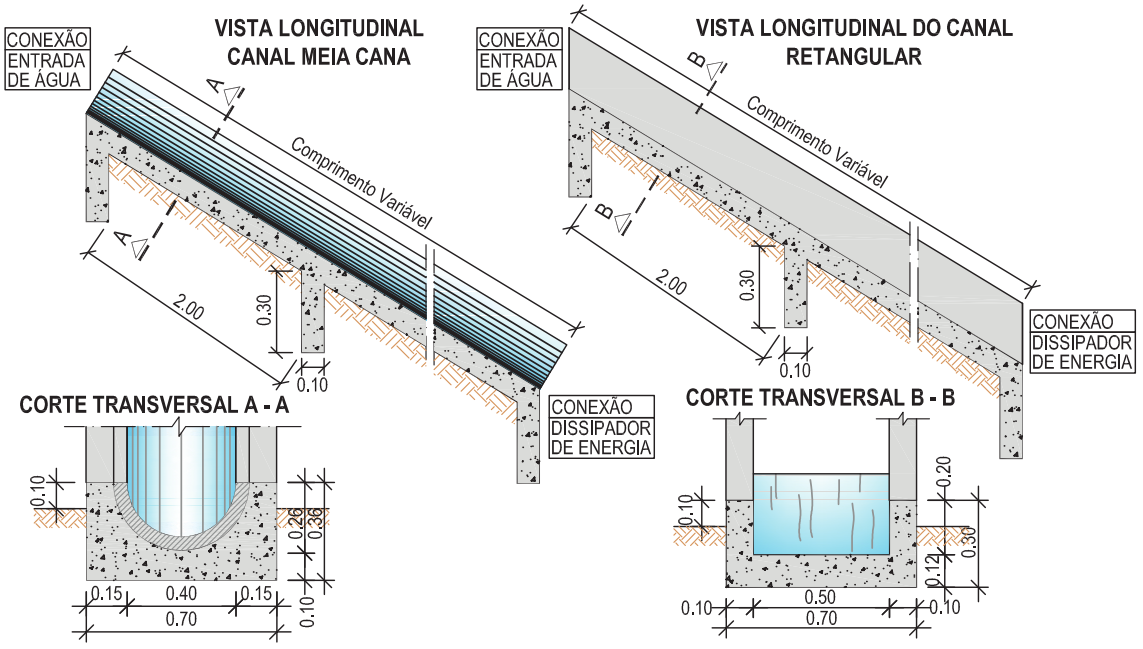


Figura 7 – Rápidos de seções meia cana e retangular em concreto.

Fonte: Adaptado de DNIT, 2011.

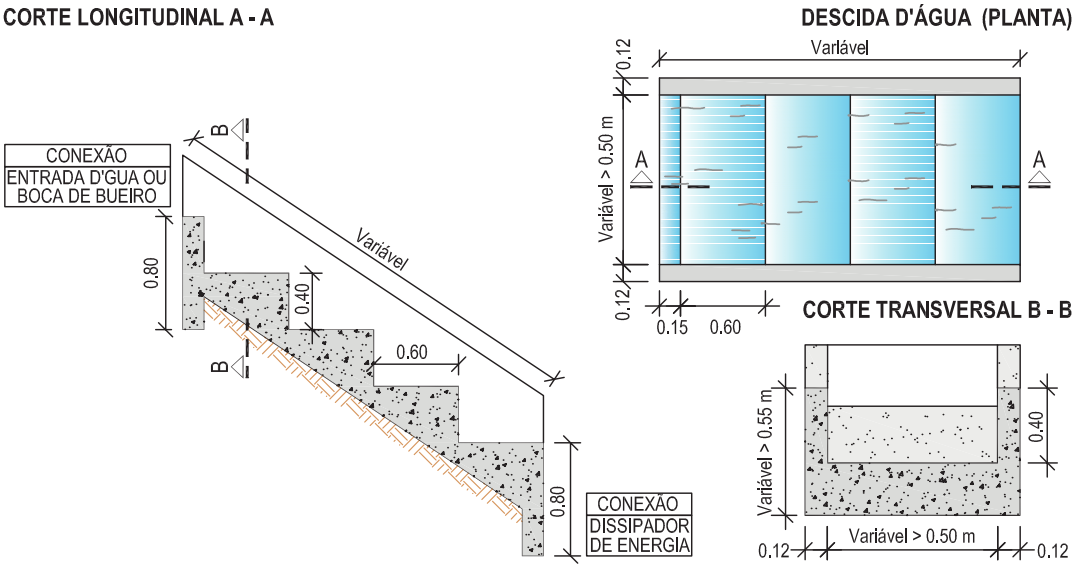


Figura 8 – Escada hidráulica sem colchão d'água.

Fonte: Adaptado de DNIT, 2011.

Dissipadores de energia, como o nome indica, são dispositivos destinados a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo consequentemente sua velocidade, quer no escoamento, por meio do dispositivo de drenagem, quer no deságue para o terreno natural (Figura 9).

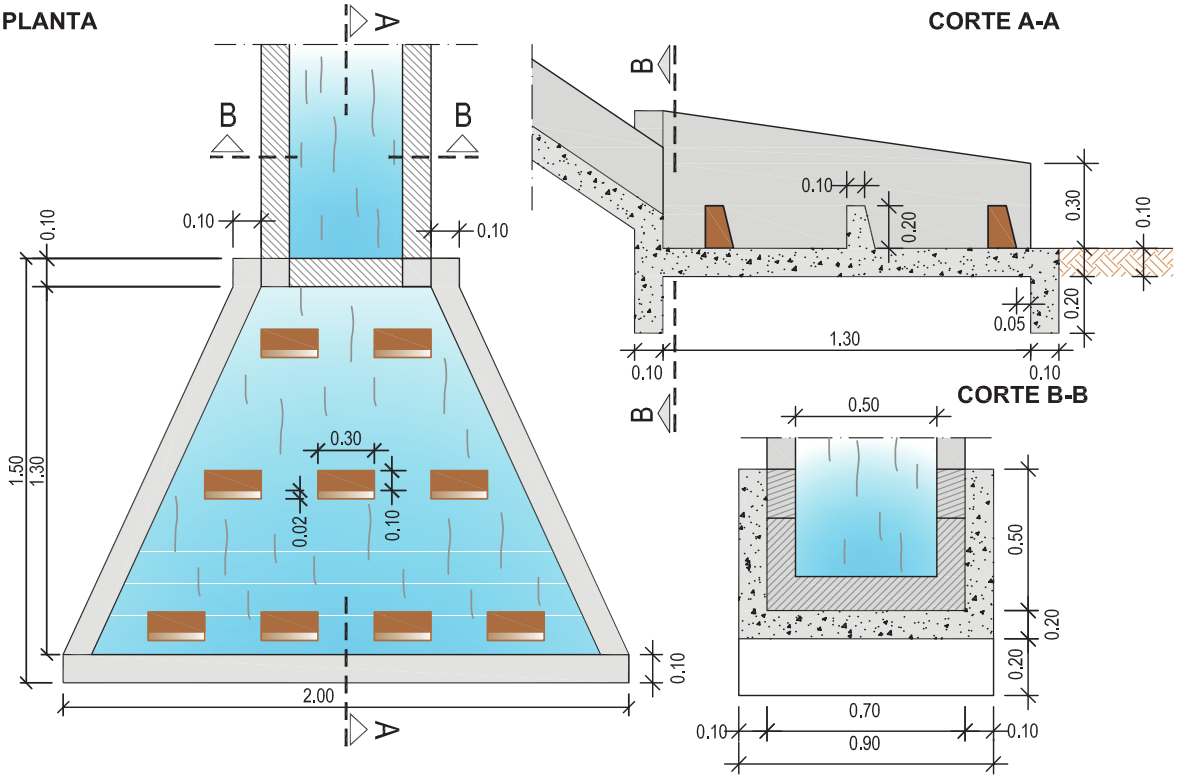


Figura 9 – Dissipador hidráulico aplicável ao dispositivo do tipo rápido.

Fonte: Adaptado de DNIT, 2011.

5.9 Ordenamento do meio ambiente para o controle de agravos

O meio ambiente possui um importante papel na determinação da distribuição das doenças transmitidas por vetores. Além da água e da temperatura, outros fatores, tais como a umidade e a densidade, o tipo do cultivo da safra, a densidade da vegetação e a habitação, podem ser críticos para a sobrevivência de espécies diferentes de vetores transmissores de doenças.

No controle de vetores, o ordenamento do meio ou manejo ambiental compreende o planejamento, a organização, a realização e a vigilância de atividades para modificação e alteração de fatores ambientais, ou respectivas interações com o homem, com o propósito de diminuir ao mínimo a propagação de vetores e reduzir o contato entre o homem, o vetor e o agente patógeno.

Neste contexto, a drenagem tem sido largamente empregada como uma das técnicas no controle de vetores transmissores de doenças, em que estão incluídos os mosquitos relacionados à transmissão de filariose e malária.

5.9.1 Ações desenvolvidas no controle da malária

A malária é uma doença infecciosa febril aguda, causada por protozoários transmitidos por vetores. Reveste-se de importância epidemiológica por sua gravidade clínica e elevado potencial de disseminação em áreas com densidade vetorial que favoreça a transmissão. Causa consideráveis perdas sociais e econômicas na população sob risco, principalmente àquela que vive em condições precárias de habitação e saneamento.

No Brasil é endêmica na Região Amazônica, onde se verifica a ocorrência de malária urbana em diversas cidades e capitais dessa região.

O controle vetorial da malária deve ser desenvolvido com o objetivo de reduzir o risco de transmissão, prevenindo a ocorrência de epidemias, com a consequente diminuição da morbimortalidade. O controle dos mosquitos transmissores da malária pode ocorrer na fase adulta (alada), e, quando viável, na fase larvária.

Para o controle larvário, o ordenamento do meio por drenagem, aterro, a modificação do fluxo da água, o controle da vegetação aquática e a limpeza das margens são medidas aplicáveis na eliminação dos criadouros do mosquito transmissor da malária.

5.9.2 Critérios e estudos para obras de drenagem para o controle da malária

Os projetos de sistemas de drenagem e manejo ambiental em áreas endêmicas de malária objetivam a melhoria das condições de saúde das populações residentes em aglomerados urbanos localizados principalmente onde existe a transmissão autóctone. Para que este objetivo seja atingido, é de fundamental importância a realização de pesquisas entomoepidemiológicas detalhadas, para identificação com precisão dos locais escolhidos pelo vetor para reprodução, de forma a orientar as ações de drenagem.

São necessários para o projeto de drenagem:

a) Levantamento topográfico que permita avaliar o volume da água empoçada (estagnada), conhecer a superfície alagada em diferentes alturas, determinar a profundidade do ponto mais baixo a drenar, encontrar a localização de uma saída apropriada e determinar o traçado dos canais ou valas.

b) Estudo da origem da água que alimenta a área alagada, análise das consequências prováveis da vazão máxima e mínima, o uso da água e a reprodução de vetores.

c) Estudo do subsolo com ênfase na sua permeabilidade.

d) Distâncias a zonas povoadas, de trabalho ou lazer.

e) Análise da possibilidade de utilizar o material ao escavar as valas.

f) Estudo das consequências ecológicas e da aceitação da drenagem pela população.

5.9.3 Tipos de intervenções

Entre as intervenções de engenharia sanitária utilizadas para o ordenamento do meio com objetivo de criar condições desfavoráveis para a reprodução de vetores, destacam-se a modificação e a manipulação ambiental.

A modificação ambiental é uma forma de ordenamento do meio que consiste em qualquer transformação física permanente da terra, água ou vegetação, dirigida a prevenir, eliminar ou reduzir habitat de vetores, sem causar efeitos adversos excessivos na qualidade do ambiente humano. Exemplos: aterros, terraplanagens, retificação de canais, entre outros.

Manipulação ambiental é outra forma de ordenamento do meio que consiste em qualquer atividade periódica planejada para criar condições temporárias desfavoráveis à proliferação de vetores. São exemplos: o aumento brusco de vazão, a variação de nível da água de reservatórios e a eliminação da vegetação para diminuir o sombreamento e aumentar a exposição solar.

A modificação da habitação ou do comportamento humano também é uma forma de manejo ambiental que visa reduzir o contato entre o homem, o vetor e o agente.

5.9.3.1 Retificação e/ou ampliação das seções de cursos naturais de água

Propicia movimentação das águas, interferindo no ciclo biológico do mosquito. A área do terreno a ser trabalhada deverá compreender o leito e as margens do canal a ser aberto e/ou retificado, as faixas marginais e os locais de despejo do material escavado (Figura 10).



(A) (B)

Figura 10 – Retificação de canal natural com escavadeira (A) e *dragline* (B).

5.9.3.2 Limpeza de canal

Compreende técnicas de eliminação de criadouros de mosquitos transmissores da malária. É executada no leito e nas margens dos cursos d'água, com desmatamento em certas áreas, destocamento e retirada de árvores de pequeno e médio portes, propiciando o escoamento da água e a incidência da luz solar. Devem ser retirados do leito os obstáculos naturais ou artificiais que impeçam o fluxo da água, propiciem a sua estagnação e, consequentemente, a formação de criadouros, podendo ser manual ou mecânica.

5.9.3.3 Aterro

É um procedimento simples para eliminar os criadouros de anofelinos. Consiste em aterrar as depressões, as escavações e os buracos, identificados como criadouros de anofelinos e relacionados com a transmissão da doença.

5.9.3.4 Construções de obras de arte

São consideradas como construções de obras de arte no interesse do controle da malária bueiros (sob os aterros), pontilhões e pontes transpondo os cursos d'água. A função primordial desses dispositivos é manter o fluxo regular da água, impedindo que esta fique estagnada.

Bueiros são obras destinadas a permitir a passagem livre das águas que acorrem às estradas. São tubulares, quando a seção for circular; e celulares, quando a seção transversal for retangular ou quadrada. Quanto ao número de linhas, são simples, quando só houver uma linha de tubos e de células; duplos e triplos, quando houver duas ou três linhas de tubos. Os principais materiais usados na construção de bueiros são: concreto simples, concreto armado, chapa metálica corrugada ou polietileno de alta densidade (PEAD), além do plástico reforçado de fibra de vidro (PRFV). A Figura 11 ilustra um bueiro celular duplo de seção quadrada.

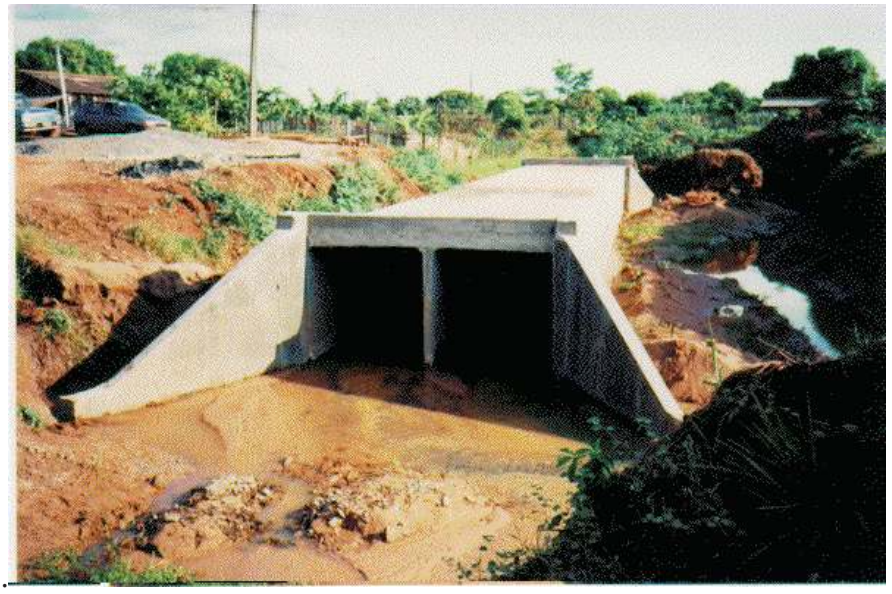


Figura 11 – Bueiro celular duplo de seção quadrada.

Ponte é uma estrutura com apoios, construída sobre uma depressão como um curso d'água, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis. Conta com vão livre, e quando seu comprimento for inferior a 6,00 m, é denominada de pontilhão.

5.9.3.5 Canais sem revestimento

Atualmente se tem dado muita ênfase ao não revestimento de canais por diminuir os impactos causados ao meio ambiente. Entretanto, esse procedimento deve levar em conta principalmente as condições hidráulicas de escoamento e de estabilidade dos taludes, garantindo-se o manejo permanente dessas áreas.

5.9.3.6 Canais com revestimento

É a medida mais utilizada com a finalidade de proteção dos canais contra desbarrancamentos, erosões do fundo e das margens. Como materiais de revestimentos utilizam-se concreto armado, concreto simples ou ciclópico, alvenaria de pedra argamassada, pedras, pré-moldados, gabiões, geossintéticos, plantio de gramas em placas em pontos raramente atingidos pela água, mudas ou hidrossemeadura.

Vantagens em revestir os canais:

- Diminuição das perdas por infiltração (se for o caso).
- Proteção das deformações nas bordas do canal.
- Diminuição da frequência da manutenção.
- Aumento da velocidade da água.
- Controle do crescimento de vegetação.
- Redução da necessidade de dragagens de limpeza.

Alguns exemplos de revestimentos de canais:

a) Geossintéticos.

- Geocélula.

É um tipo de revestimento utilizado para proteção de canais, composto de material geossintético. Trata-se de uma das soluções econômicas e viáveis para obras de terra. As geocélulas, quando expandidas, assemelham-se a uma grande colmeia plástica. São fornecidas em feixes leves e compactos para facilitar o transporte, sendo que, ao serem instaladas, as seções permanecem flexíveis e fáceis de serem manuseadas. Seu preenchimento pode ser feito com solo, brita ou concreto. O uso de geossintéticos pode representar menor volume de transporte e melhor relação custo-benefício, já que a remoção ou substituição de solos não é necessária e o tempo de construção é reduzido (Figura 12).



(A) (B)

Figura 12 – Revestimento de canal com geocélula em fase de execução (A) e (B) concluído.

- Bolsa plástica com concreto.

São constituídas de sacos plásticos de tecido permeável, preenchido com concreto, e utilizados em revestimentos de canais e também em proteção de encostas. A resistência é obtida após a cura do concreto, cujo material plástico desfaz-se com o tempo. Este revestimento está na interface entre os flexíveis e os rígidos.

Uma das vantagens de utilização deste tipo de revestimento é poder ser moldado submerso, sem desvio de água, sem ensecadeira, sem formas de madeira e sem escoramentos (Figura 13).



Figura 13 – Revestimento de canal com bolsa plástica com concreto.

b) Pré-moldados de concreto.

Entre os diversos tipos de pré-moldados utilizados em revestimento de canais, destaca-se a aduela, empregada em canalizações de córregos a céu aberto ou fechado. Tratam-se de peças retangulares, com encaixe macho e fêmea, também utilizadas nos sistemas de drenagem pluvial urbana (Figura 14).

A implantação de aduelas em canais requer menor volume de escavação do leito. Vale ressaltar a durabilidade dos canais do tipo aduelas de concreto, os quais possuem uma vida útil superior aos canais revestidos do tipo bolsacreto, geocélula, entre outras metodologias executivas.



(A)



(B)

Figura 14 – Aduelas pré-moldadas em concreto (A) e canal revestido (B).

c) Revestimento com vegetação ou canais verdes.

O sistema de drenagem pode se servir de superfícies permeáveis para promover a infiltração da água no solo, reduzindo o impacto do escoamento a jusante. O escoamento na forma de lâmina sobre

as superfícies vegetadas possibilita a remoção de alguns tipos de poluentes. Nesse caso, a vegetação atua como uma espécie de filtro biológico.

Os canais verdes podem funcionar secos ou com lâmina d'água. Nesses sistemas (Figura 15), o escoamento pode ser retido temporariamente em pequenas estruturas de represamento dispostas em série. Superfícies vegetadas são indicadas para fundos de lotes em áreas residenciais ou no acostamento de vias, em substituição às soluções tradicionais de drenagem.



Figura 15 – Canal verde.

Áreas gramadas permitem fácil manutenção e limpeza, podendo ser usadas como opção em áreas urbanizadas com o objetivo de aumentar a área permeável. Nos casos em que o nível freático chega próximo da superfície, o canal com vegetação pode funcionar com lâmina d'água na maior parte do ano. No entanto, esses sistemas normalmente exigem solos bem drenados e disponibilidade de área para implantação, podendo apresentar processos erosivos nos casos de tormentas de alta intensidade.

5.9.3.7 Manutenção de canais

Após as intervenções, como retificação e revestimento, haverá sempre necessidade da manutenção desses canais.

Um dos fatores que influenciam no custo de manutenção é o tipo de revestimento utilizado, pois, quando revestido com materiais mais impermeáveis, tende a diminuir esses custos; já em canais sem revestimento, a manutenção por manejo ambiental (serviços de terraplanagem, aterros e limpezas manuais), o custo da manutenção tende a ser mais elevado devido ao crescimento da vegetação e às erosões com o decorrer do tempo.

Destaca-se a importância da permanente manutenção de canais em áreas endêmicas de malária.

5.10 Considerações finais

Para que um sistema de drenagem funcione e minimize os efeitos deletérios causados por inundações, é preciso que todos façam a sua parte, começando pelo cidadão, procedendo o controle na fonte dentro do seu próprio lote, e passando por todos os níveis de governo, no qual o município tem o papel preponderante de legislar e organizar os espaços urbanos, evitando a ocupação das várzeas e dos locais inapropriados à construção de habitações, facilitando os projetos de micro e macrodrenagem.

É importante lembrar que existem relações interativas entre o desenvolvimento sustentável, a proteção ambiental, a redução dos desastres e o bem-estar social. Portanto, os sistemas de drenagem ocupam um lugar de destaque entre o elenco de medidas e obras hidráulicas e sanitárias, e, conjuntamente com o manejo das águas pluviais, assume um papel de fundamental importância no planejamento e no saneamento das cidades.

Referências bibliográficas

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

BACK, Á. J.. **Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri. Florianópolis,2013. 197 p.

BAPTISTA, M. B., et al.. **Hidráulica aplicada**. Coleção ABRH de recursos hídricos, Vol. 8, ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 2001 . 619 p.

_____COELHO, M. M. L. P.. **Fundamentos de engenharia da hidráulica**. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002. 435 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Apresentação de projeto de drenagem e manejo ambiental em áreas endêmicas de malária.** Brasília: Funasa, 2013. 32p.

_____._____._____. Manual de Saneamento. 4. ed. Brasília: Funasa 2015. 642p.

_____. _____. Manual de Saneamento. 3.ed. Brasília, 2006. 408p.

_____Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de implantação básica de rodovia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2010. 617p.

_____. _____. _____. **Álbum de projetos – tipo de dispositivo de drenagem (versão preliminar).** 4. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2011. 167p.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Drenagem urbana**: manual de projeto. 3. ed. São Paulo: Cetesb; Acetesb, 1986. 464p.

CHERNICHARO, C. A. L.; COSTA, M. L. M. Drenagem pluvial. *In:* BARROS, R. T. V. *et al.* (Orgs.). **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. v. 2, 221p.

COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 65 p.

COSTA, A. R. & BRITO, V. F.. **Equações de chuva para Goiás e Sul do Tocantins**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Belo Horizonte: CD ROM dos Anais, 1999. 14 p.

COUTINHO, A. P., et al.. **Coletânea de equações de chuvas intensas para o Estado de Pernambuco**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Bento Gonçalves: Pen Drive dos Anais, 2013. 7p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro**. Belo Horizonte, 2001. 140 p.

DAEE & CETESB. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Palo. **Drenagem urbana: Manual de Projeto**. 2ªEd., São Paulo, 1980. 468p.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. **Chuvas intensas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 36p.

DENARDIN, J. E., et al.. **Características fundamentais da chuva no Brasil. Rio Grande do Sul**. In: Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 15(4): 419-421, 1980.

FENDRICH, R. **Canais de drenagem em pequenas bacias hidrográficas**. Curitiba: Editor, 2008. 121p.

_____. **Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná.** 3. ed. Curitiba: Editor, 2011. 89p.

_____OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1997. 485p.

_____**Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas)**. 2ª Ed., Editor, Curitiba. 2009. 190 p.

FREITAS, A. J. **Tempo de concentração.** Belo Horizonte: SUDECAP, 1984. 67p.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988. 291p.

LEÃO, R. N. Q. **Doenças infecciosas e parasitárias**: enfoque amazônico. Belém: Cejup; EEPA; Instituto Evandro Chagas, 1997. 886p.

MAGNI, N. L. G. & MERO, F.. **Precipitações intensas no Estado de São Paulo**. Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo. Convênio com Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1982. 187 p.

MILLAR, A. A.. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo, Editora Mc Graw-Hill do Brasil, 276 p., 1978.

NERILO, N., et al.. **Chuvas intensas no Estado de Santa Catarina**. Editora da UFSC/Editora da FURB. Florianópolis/Blumenau, 2002. 156 p.

NOVAES, C. P.. **Sistema de drenagem urbana**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2000. 216 p.

OMS – ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Ordenamiento del médio para la lucha antivectorial**: informe. Ginebra: OMS, 1980. (Serie de Informes Tecnicos, n. 649).

PFAFSTETTER, O.. **Chuvas intensas no Brasil**. Departamento Nacional de Obras de Saneamento/ Ministério do Interior. Rio de Janeiro, 1982. 426 p.

PINTO, N. L. S., et al.. **Hidrologia básica**. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 1976. 245 p.

_____**Método de dimensionamento hidráulico de bueiros**. CEPHH/UFPR. Curitiba, Publicação nº 33, 1971. 21 p. + anexos.

PLANEPAR LTDA.. **Relatório preliminar de combate à erosão de Astorga (PR)**. Curitiba, 1977. 64 p.

PORTO, R. M.. **Hidráulica básica**. 2ª Ed., EESC-USP, São Carlos, 2003. 519p.

RIGHETTO, A. M. (Coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas/PROSAB 5**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p.

SANTOS, M. J. M.. **Drenagem urbana**. Edições COTEC/UFMG. Belo Horizonte, 1984. 197 p.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais:** gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012. v. 1, 168 p.

SILVEIRA, A. L. L. **Curso de drenagem urbana:** aspectos de gestão – gestores regionais de recursos hídricos. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2002.

SOUZA, C. M. N. **Carência ou precariedade dos serviços de drenagem urbana e ocorrência de doenças de importância para a saúde pública – contribuição ao estabelecimento de modelo causa.** 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2001. 147p.

SOUZA, P. V. P. de. **Possibilidades pluviais de Curitiba em relação a chuvas de grande intensidade**. CEPHH/UFPR, Curitiba, 1959. 9 p.

SUCEAM – SUPERINTENDÊNCIA DO CONTROLE DE EROSÃO E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Normas para elaboração de projetos de drenagem urbana e álbum de projetos tipo.** Curitiba: Suceam, 1990. 21p.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** São Paulo: Navegar, 2011. 592p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. 429p.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A.. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1976. 285 p.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo: Cetesb, 1978. 477p.

6 Resíduos sólidos

6.1 Introdução

A atividade humana gera impacto ambiental que repercute nos meios físicos, biológicos e socioeconômicos, agredindo os recursos naturais e a saúde humana. Esses impactos são perceptíveis nas águas, no ar, no solo e, inclusive, na própria atividade humana. A disposição final de resíduos sólidos sem prévio tratamento tem sido responsável por vários desses impactos.

O manejo adequado dos resíduos sólidos requer extremo cuidado, desde a sua produção até a destinação final, necessitando da participação da população em todas as etapas do processo.

O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos ainda é um dos maiores problemas do país e passa a ter uma nova abordagem técnica, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), principalmente considerando a adoção da exigência do planejamento integrado dos serviços públicos de gerenciamento de resíduos sólidos, com a identificação do problema, a definição de soluções e alternativas tecnológicas e o estabelecimento de metas e prazos de atuação nos planos de resíduos.

A PNRS preconiza a não geração, a redução, a reutilização, as soluções integradas para a coleta seletiva, a reciclagem, a compostagem, a destinação final e a disposição final somente dos rejeitos resultantes dos processos de tratamento.

Os resíduos sólidos são um conjunto heterogêneo de materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em virtude da melhor tecnologia disponível.

Por conter em sua constituição grande quantidade de matéria orgânica, os resíduos sólidos servem de abrigo e alimento para diversos organismos vivos. Possibilitam, ainda, a proliferação de mosquitos que se desenvolvem em água acumulada em latas, vidros e outros recipientes abertos. Existe a possibilidade de contaminação do homem pelo contato direto com os resíduos sólidos ou por meio da massa de água poluída, por serem fontes contínuas de micro-organismos patogênicos.

A PNRS enfatiza a reunião de municípios em consórcios municipais, sem perder de vista a inclusão social e a participação das associações, das cooperativas e até mesmo de recicladores individuais. A política reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelos governantes ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado.

6.2 Conceitos

Dentre as várias definições, neste Manual foram adotados os conceitos:

- Os **resíduos sólidos** podem ser definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, de atividades agrossilvopastoris, de serviços e de limpeza urbana. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e esgoto, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis tendo em vista a melhor tecnologia disponível.

- **Chorume** é definido como líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos. É caracterizado pela cor escura, pelo odor desagradável e pela elevada demanda bioquímica de oxigênio. Agrega também água infiltrada nas células de aterro e a umidade natural da matéria orgânica dos resíduos.
- A **limpeza urbana** é definida como o manejo de resíduos sólidos originários da varrição e da limpeza de logradouros e vias públicas, bem como do conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domésticos.
- O **gerenciamento de resíduos sólidos** é um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de segregação, acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, assim como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com o plano de gerenciamento de resíduos sólidos.
- A **gestão integrada de resíduos sólidos** é um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.
- A **logística reversa** é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação.

6.3 Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados conforme a origem e a periculosidade:

6.3.1 Quanto à origem

a) **Domiciliares**: os originários de atividades domésticas em residências urbanas.

b) **Resíduos públicos**: os originários da varrição, da limpeza de logradouros e vias públicas e de outros serviços de limpeza urbana.

c) **Sólidos urbanos**: constituídos pelos resíduos domiciliares e de limpeza urbana.

d) **De estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços**: são os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais cujas características dependem das atividades ali desenvolvidas.

e) **Dos serviços públicos de saneamento básico**: são os resíduos gerados nas atividades de tratamento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana.

f) **Industriais**: os gerados nos processos produtivos e em instalações industriais.

g) **De serviços de saúde**: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos competentes.

h) **Da construção civil:** os gerados nas construções, nas reformas, nos reparos e nas demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e da escavação de terrenos para obras civis.

i) **Agrossilvopastoris:** os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.

j) **De serviços de transportes:** os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.

k) **De mineração**: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

6.3.2 Quanto à periculosidade

a) **Perigosos**: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica.

b) **Não perigosos:** aqueles não enquadrados no item "a".

6.4 Principais características de resíduos sólidos

6.4.1 Características físicas

a) **Compressividade:** é a redução do volume dos resíduos sólidos quando submetidos a uma pressão (compactação).

b) **Teor de umidade:** compreende a quantidade de água existente na massa dos resíduos sólidos.

c) **Composição gravimétrica:** determina a porcentagem de cada constituinte da massa de resíduos sólidos, proporcionalmente ao seu peso.

d) **Geração *per capita*:** é a massa de resíduos sólidos produzida por uma pessoa em um dia (kg/hab.dia).

e) **Peso específico:** é o peso dos resíduos sólidos em relação ao seu volume.

6.4.2 Características químicas

a) **Poder calorífico:** indica a quantidade de calor desprendida durante a combustão de 1 quilo de resíduos sólidos.

b) **Teores de matéria orgânica:** é o percentual de cada constituinte da matéria orgânica (como cinzas, gorduras, macronutrientes, micronutrientes, resíduos minerais etc.).

c) **Relação carbono/nitrogênio (C/N):** determina o grau de degradação da matéria orgânica.

d) **Potencial hidrogeni**ônico **(pH):** é o teor de alcalinidade, neutralidade ou acidez da massa de resíduos.

6.4.3 Características biológicas

A massa dos resíduos sólidos geralmente contém agentes patogênicos e micro-organismos prejudiciais à saúde humana, constituindo-se em um grave problema sanitário. Tais organismos podem sobreviver por grandes períodos e seu monitoramento é fundamental para a compostagem.

A Tabela 1 apresenta o tempo de sobrevivência (em dias) de micro-organismos patogênicos presentes nos resíduos sólidos.

Tabela 1 – Tempo de sobrevivência (em dias) de micro-organismos patogênicos presentes nos resíduos sólidos.

Micro-organismos	Doenças	Tempo de sobrevivência (dias)
Bactérias		
Salmonella typhi	Febre tifoide	29 – 70
Salmonella Paratyphi	F. paratifoide	29 – 70
Salmonella sp	Salmoneloses	29 – 70
Shigella	Disenteria bacilar	02 – 07
Coliformes termotolerantes	Gastroenterites	35
Leptospira	Leptospirose	15 – 43
Mycobacterium tuberculosis	Tuberculose	150 – 180
Vibrio cholerae	Cólera	1 – 13*
Vírus		
Enterovírus	Poliomielite (poliovírus)	20 – 70
Helmintos		
Ascaris lumbricoides	Ascaridíase	2.000 – 2.500
Trichuris trichiura	Tricuríase	1.800**
Larvas de ancilóstomos	Ancilostomose	35**
Outras larvas de vermes	-	25 – 40
Protozoários		
Entamoeba histolytica	Amebíase	8 – 12

Fonte: Leonel, 2002.

6.5 Planos de gestão de resíduos sólidos

Os planos de gestão de resíduos sólidos devem reunir um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotados pelos poderes públicos ou particulares com vista à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos.

Os planos de gestão de resíduos sólidos deverão ser elaborados conforme legislação vigente.

Na Tabela 2 é apresentado o conteúdo mínimo de um plano de gestão de resíduos sólidos e as respectivas competências dos poderes públicos federal, estadual e municipal.

Tabela 2 – Conteúdo mínimo de um plano de gestão de resíduos sólidos e competências nas esferas federal, estadual e municipal.

Conteúdo mínimo	Competências		
	Federal	Estadual	Municipal
Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos.	X	X	X
Proposição de cenários.	X	X	
Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.	X	X	X
Metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos.	X	X	

Continua

Continuação

Conteúdo mínimo	Competências		
	Federal	Estadual	Municipal
Metas para a eliminação e a recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.	X	X	
Normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, do estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos.	X	X	
Incentivar e viabilizar a gestão regionalizada, consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos.	X	X	X
Diretrizes para o planejamento e as demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões (metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões) integradas de desenvolvimento, bem como para as áreas de especial interesse turístico.	X	X	
Normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos.	X	X	X
Meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.	X	X	X
Previsão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológico-econômico e o zoneamento costeiro, de: a) zonas favoráveis para a localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos ou de disposição final de rejeitos; b) áreas degradadas em razão de disposição inadequada de resíduos sólidos ou rejeitos a serem objeto de recuperação ambiental.		X	
Implantação de coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas. Descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.			X
Procedimentos operacionais, indicadores de desempenho e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.			X
Programas e ações de capacitação técnica, monitoramento e educação ambiental.			X
Regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos.			X
Mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos.			X
Identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras.			X
Sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços.			X

Fonte: Brasil, 2010.

6.5.1 Gestão integrada de resíduos sólidos

A gestão integrada de resíduos sólidos consiste em um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

6.6 Plano de gerenciamento de resíduos sólidos

Estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos os geradores de resíduos: industriais; de mineraçõe; de serviços de saúde; e os de serviços públicos de saneamento básico, bem como os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que gerem resíduos perigosos, e os que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. As empresas de construção civil, os responsáveis por terminais de passageiros (aeroportos, rodoviários e ferroviários, alfandegários e de passagens de fronteira) e outras instalações, as empresas de transporte e os responsáveis por atividades agrossilvopastoris.

6.6.1 A política de redução

No Brasil foi regulamentada a questão dos resíduos sólidos urbanos, estabelecendo as diretrizes para sua gestão integrada, dando ênfase à **política de redução de resíduos gerados**. Dentre os principais avanços contidos, destacam-se a responsabilização do gerador pelos resíduos gerados, desde o acondicionamento até a disposição final ambientalmente adequada; a elaboração de planos de gestão integrada de resíduos sólidos pelo titular dos serviços; a análise e a avaliação do ciclo de vida do produto; e a logística reversa.

A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação.

Criou, ainda, mecanismos para uma mudança de comportamento em relação aos atuais padrões insustentáveis de produção e consumo para a adoção e a internalização do conceito dos 5 Rs (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar), em todas as etapas do processo. Também busca consolidar o controle social nas várias etapas da atividade no que se refere aos resíduos domiciliares urbanos, desde o planejamento até a prestação dos serviços.

A estratégia dos Rs deve ser abordada em projetos de educação ambiental (EA) que trabalham a questão dos resíduos sólidos, com a vantagem de permitir à população uma reflexão crítica do consumismo.

- **Repensar** os hábitos de consumo e descarte, avaliando a real necessidade e evitando desperdícios, por resultar em ônus para o poder público e o contribuinte. A sua redução significa diminuição nos custos, além de fator decisivo na preservação dos recursos naturais.
- **Recusar** produtos que prejudicam o meio ambiente e a saúde, analisando as possibilidades de consumo desnecessário e produtos que gerem impactos ambientais significativos.
- **Reduzir** o consumo desnecessário, diminuindo a quantidade dos resíduos sólidos gerados. Menos resíduos gerados também implicarão uma estrutura de coleta menor, e consequente redução de custos de disposição final.
- **Reutilizar** e recuperar ao máximo antes de descartar, reaproveitando o material para outra função. Existem inúmeras formas de reutilizar os objetos: escrever nos dois lados da folha de papel, usar embalagens retornáveis e reaproveitar embalagens descartáveis para outros fins são apenas alguns exemplos.
- **Reciclar** materiais é uma série de atividades e processos, industriais ou não, que permitem transformar os materiais em novos produtos. O processo envolve ações de: separar, recuperar e transformar os materiais recicláveis, componentes dos resíduos sólidos urbanos. Essas atividades levam à ação de reintroduzir os resíduos no ciclo produtivo.

A reciclagem é uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos vantajosa, tanto do ponto de vista ambiental quanto do social. Ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água e ainda diminui o volume de resíduos, a poluição, gerando atividades economicamente rentáveis. Pode gerar emprego e renda para as famílias de catadores de materiais recicláveis.

É necessário identificar o mercado consumidor regional para comercializar os materiais recicláveis, buscando a sustentabilidade das ações.

6.7 Cooperativismo

Cooperativa é uma sociedade de pessoas, sem fins lucrativos, de natureza civil, não sujeitas à concordata ou falência, constituídas para prestar serviços aos seus cooperantes.

A cooperativa em questão é uma sociedade autônoma, com características de microempresa de seleção e comercialização de materiais recicláveis. Em alguns casos, funciona em áreas com infraestrutura construída pela Prefeitura, e essas estruturas são cedidas aos catadores sob a forma de comodato.

As cooperativas asseguram aos catadores melhores condições de trabalho, de ganhos financeiros e de vida, com a venda de materiais coletados diretamente para as indústrias de reciclagem. A administração da cooperativa é de responsabilidade dos catadores, atendendo às condições de limpeza e higiene do local, sempre com o apoio e a orientação dos técnicos ou das autoridades sanitárias.

A legislação no Brasil institucionalizou em definitivo o papel relevante que os catadores desempenham no manejo dos resíduos sólidos e na viabilização da reciclagem, permitindo que o poder público contrate com dispensa de licitação associações e cooperativas de catadores para a coleta, o processamento e a comercialização de resíduos sólidos urbanos recicláveis ou reutilizáveis, em áreas com sistema de coleta seletiva de lixo. Fica, assim, facilitada a inclusão social dos catadores e o desenvolvimento da coleta seletiva pelo reconhecimento contratual do trabalho desses profissionais pelas administrações municipais.

Dentre os procedimentos básicos para formação de uma cooperativa de trabalho, com a finalidade de prestar à sociedade os serviços de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos, ressalta-se a necessidade de que o grupo interessado tenha no mínimo 20 pessoas, com as mesmas necessidades e objetivos.

6.8 Serviço público de limpeza urbana

As principais atividades do serviço de limpeza urbana correspondem:

6.8.1 Varrição

Varrição ou varredura é a principal atividade de limpeza de logradouros públicos. Esta pode ser realizada manualmente, que consiste em varrer as vias, as calçadas, as sarjetas, as escadarias, os túneis e os outros logradouros públicos, pavimentados ou não, e mecanicamente é indicada para ruas com asfalto, concreto e para locais de grande tráfego (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Varrição manual.



Figura 2 – Varrição mecanizada.

A execução dos serviços de varrição é fundamental, pois evita obstrução das galerias pluviais, bocas de lobo e assoreamento dos rios. Deve ser feita diariamente e nas diversas áreas da comunidade.

Parâmetros utilizados para a varrição manual são:

- Média de varrição: 1 a 2 km/gari.dia.
- Média de remoção: 850 a 1.260 l/km.dia.
- Média de varredor/1.000 habitantes: 0,40 a 0,80, ou seja, 2.500 hab./gari ou 1.250 hab./gari.

Estudos comparativos efetuados em algumas cidades comprovaram que o serviço executado por um só gari varrendo, recolhendo e vazando os resíduos no ponto de acumulação é geralmente o mais produtivo.

6.8.1.1 Roteiro da varrição

Após a definição da guarnição, pode-se traçar o roteiro da varrição, de acordo com as informações obtidas no diagnóstico inicial e no levantamento topográfico (Figura 3).

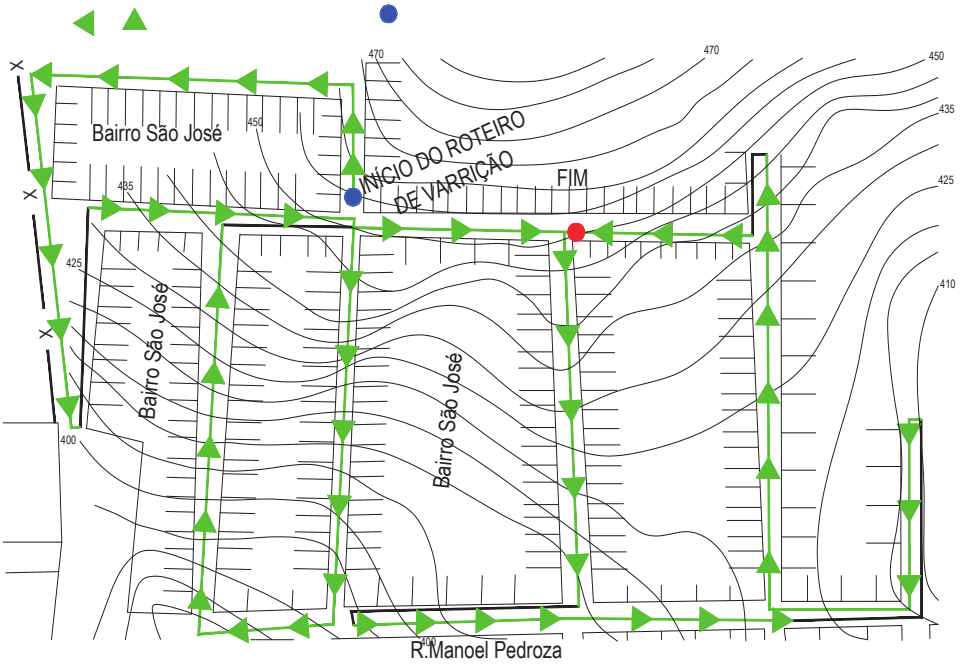


Figura 3 – Roteiro de varrição (mapa esquemático).

6.8.1.2 Equipamentos e ferramentas de trabalho

Os equipamentos devem proteger os trabalhadores, principalmente para a proteção dos braços, das pernas, das mãos, dos olhos e dos pés. Embora sejam mais recomendados calças e mangas compridas, dependendo do local podem ser usados uniformes tipo bermudas e camisas de mangas curtas. Os equipamentos podem variar conforme as características dos riscos, as condições climáticas e os costumes locais.

Cada gari deverá receber no mínimo dois uniformes, a fim de garantir a lavagem regular deles. Estes equipamentos deverão ser substituídos periodicamente, a fim de assegurar o aspecto estético, bem como de segurança.

As cores dos uniformes mais recomendadas são vermelha e laranja; no entanto, poderão ser adotadas outras cores, desde que sejam cores vivas capazes de serem identificadas a uma distância

segura pelos motoristas. Na varrição noturna recomenda-se utilização de faixa fluorescente no uniforme para facilitar a visualização do gari.

A garantia da imunização dos trabalhadores envolvidos com o manejo de resíduos sólidos também é um fator de segurança a ser considerado.

6.8.2 Capina

O objetivo da capina de logradouros públicos é mantê-los livres de mato e ervas daninhas, de modo que apresentem bom aspecto estético. Pode ser realizado manual ou mecanicamente (Figuras 4 e 5).

O ciclo normal de capina é de cerca de dois meses no período chuvoso do ano, e de três a quatro meses no período da estiagem. Neste serviço também é programada a coleta, o transporte e a destinação para os resíduos da capina.

Parâmetros utilizados para a capinagem:

- Média de capinação manual: 150 m²/homem.dia.
- Média de roçagem manual: 200 m²/homem.dia.
- Roçadeira costal: 300 m²/homem.dia.



Figura 4 – Capina manual.



Figura 5 – Roçadeira costal.

6.8.3 Logradouros públicos especiais

6.8.3.1 Feiras

O funcionamento das feiras livres traz aos logradouros, nos quais são realizadas, considerável quantidade de resíduos e material putrescível. Cabe ao gestor responsável restabelecer no menor espaço de tempo possível a limpeza dos logradouros atingidos, fazendo a coleta e o transporte dos resíduos. É importante que, após a limpeza da feira, seja efetuada a lavagem do logradouro utilizando solução de cloro para desinfecção.

6.8.3.2 Eventos

Nos locais em que são realizados eventos, tanto de pequeno quanto de grande porte, são gerados resíduos sólidos. Durante o evento, deve ser prevista forma de acondicionamento e coleta dos resíduos, a fim manter o local limpo. Após a realização do evento, deve-se fazer a limpeza de toda a área, coleta dos resíduos e destinação final.

6.8.3.3 Praias

A limpeza das praias é feita manual e mecanicamente. A manual (Figura 6) é realizada por turmas de trabalhadores que recolhem principalmente papéis, embalagens e detritos volumosos.

Na limpeza mecânica (Figura 7) utilizam-se máquinas especiais, resistentes à corrosão pela maresia e à abrasão pela areia. Os resíduos gerados são coletados e manuseados para os logradouros, sendo transportados para destinação final.



Figura 6 – Limpeza da praia manual.



Figura 7 – Equipamento de limpeza de praia.

6.8.3.4 Pintura de meio-fio com cal

Esse serviço é realizado com o objetivo de dar ao logradouro um aspecto estético e de limpeza. É simples e barato, e possibilita uma melhoria visual da cidade, além de ser balizador do sistema viário da cidade (Figura 8).



Figura 8 – Pintura de meio-fio.

6.8.3.5 Cemitérios

É importante proceder à roçagem, à capinagem, à limpeza e à pintura periodicamente. Os resíduos produzidos devem ser coletados junto com os da varrição de logradouros e dispostos conforme procedimento do município. É importante planejar de forma adequada a limpeza, o acondicionamento e a coleta dos resíduos sólidos, principalmente na época dos finados, quando ocorre grande fluxo de pessoas no local.

6.8.3.6 Monumentos

A limpeza é executada manualmente por um operário, com certa periodicidade, dependendo do tipo e do local do monumento. Os resíduos produzidos devem ser coletados junto com os da varrição de logradouros e dispostos conforme procedimento do município.

6.8.3.7 Bueiros

A limpeza dos bueiros é feita manualmente, na maioria dos municípios, e tem como objetivo garantir o escoamento das águas pluviais e impedir o acúmulo de material sólido, podendo ser feita por um ou dois operários munidos de pá, picaretas e ganchos. A execução da limpeza mecanizada é realizada por equipamentos especializados. Após limpeza, os resíduos são coletados e transportados para a destinação final.

6.8.3.8 Córregos ou riachos

A limpeza dos córregos deve ser feita por meio da capina junto ao nível d'água e sem roçar as áreas superiores das margens. A permanência de vegetais é salutar, pois evita o deslizamento dos resíduos sólidos para o interior do córrego. Os resíduos coletados devem ser removidos para a destinação final.

6.9 Acondicionamento, coleta e transporte dos resíduos sólidos

6.9.1 Acondicionamento nas fontes produtoras

O acondicionamento e o armazenamento dos resíduos sólidos são de responsabilidade dos geradores, assim como sua apresentação para a coleta nos dias e horários estabelecidos pelo órgão responsável pela limpeza urbana, ao qual cabe conscientizar a população para que procure acondicionar, da melhor maneira possível, o lixo gerado em cada domicílio ou fonte produtora. Os recipientes podem ser de vários formatos e de vários materiais (metal, plástico ou borracha), mas todos devem:

- Atender às condições sanitárias.
- Não ser feio, repulsivo ou desagradável.
- Ter capacidade para conter o lixo gerado durante o intervalo entre uma coleta e outra.
- Possibilitar uma manipulação segura por parte da equipe de coleta.
- Permitir uma coleta rápida.

Cabe ressaltar que o acondicionamento em sacos plásticos é o ideal do ponto de vista sanitário e de agilizar a coleta, uma vez que os sacos são recipientes sem retorno, porém apresentam dois aspectos desfavoráveis: fragilidade em relação a materiais perfurocortantes e custo elevado, dificultando sua adoção pela população de baixa renda.

Para o acondicionamento dos resíduos sólidos a comunidade deve ser informada e instruída sobre os seguintes aspectos, pelo menos uma vez por ano:

a) Modo mais adequado de acondicionar os resíduos sólidos para coleta.

b) Características do recipiente.

c) Localização do recipiente.

d) Serviço de coleta: o recipiente deve estar, na hora da coleta, no local previamente estabelecido nas leis orgânicas municipais, que comumente é a calçada da frente da residência.

e) Perigos decorrentes de mau acondicionamento, dando lugar a criadouro de moscas, baratas, mosquitos e ratos e de suas consequências.

f) Higienização dos locais de acondicionamento.

g) Aspectos visados: controle de vetores, redução de odores e estética.

6.9.2 Coleta convencional

Os diversos tipos de coleta de resíduos sólidos podem ser classificados como:

a) **Coleta convencional** – compreende a coleta dos resíduos sólidos domiciliares e dos estabelecimentos comerciais.

b) **Coleta de resíduos de limpeza urbana** – compreende a coleta dos resíduos provenientes da varrição, da limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

c) **Coleta de resíduos de serviços de saúde** – a coleta desses resíduos é de responsabilidade do gerador; entretanto, existem estabelecimentos de saúde que não gerenciam adequadamente seus resíduos, e, sendo o poder público responsável pelas unidades de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) instaladas em sua localidade, é comum que a Prefeitura assuma esta responsabilidade.

d) **Coleta de resíduos da construção civil** – a coleta desses resíduos é de responsabilidade do gerador; entretanto, em alguns casos, a Prefeitura presta este serviço.

e) **Coleta de resíduos especiais** – contempla os resíduos não recolhidos pela coleta convencional, e que não podem ser enquadrados como de responsabilidade do gerador. Esses tipos de resíduos geralmente são coletados por meio da programação elaborada de acordo com a demanda.

f) **Coleta seletiva** – visa recolher os resíduos segregados na fonte. Esse tipo de coleta está relacionado com a reciclagem e é executado por um plano específico.

g) **Estabelecimentos industriais** – é de total responsabilidade do gerador.

6.9.2.1 Requisitos para a coleta e o transporte de resíduos sólidos

De modo geral, a coleta e o transporte devem garantir os seguintes requisitos:

a) **Universalização** do serviço prestado.

b) **Regularidade** da coleta (periodicidade, frequência e horário).

c) **Periodicidade:** os resíduos sólidos devem ser recolhidos em períodos regulares. A regularidade faz com que a coleta tenha sentido sob o ponto de vista sanitário e passe a estimular a participação da comunidade.

d) **Frequência:** é o intervalo entre uma coleta e a seguinte, que, sob o ponto de vista sanitário, deve ser o mais curto possível. Em nosso clima, aconselha-se coleta diária, sendo perfeitamente aceitável fazê-la em dias alternados. A frequência de coleta dependerá dos parâmetros estabelecidos para a execução e a disponibilidade de equipamento.

e) **Horário**: usualmente, a coleta é feita durante o dia. No entanto, a coleta noturna mostra-se mais viável em áreas comerciais e outros locais de intenso tráfego de pessoas e veículos.

6.9.2.2 Dimensionamento da frota de veículos para coleta convencional

O dimensionamento da coleta deve constar do plano de gestão integrada de resíduos sólidos, com a descrição das ações relativas ao manejo, sendo contempladas a geração, a segregação, o acondicionamento, a coleta, o transporte e a destinação final.

As características dos resíduos sólidos urbanos gerados variam de uma população para outra, dependendo de suas culturas, situações socioeconômicas, aspectos climáticos, migrações, turismo e hábitos de vida. Portanto, recomenda-se que se realize a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos para a elaboração do estudo preliminar, contendo: geração *per capita*; peso específico aparente; e composição gravimétrica.

No Brasil, de acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a soma de resíduos domésticos e resíduos públicos varia entre 0,10 e 2,53 kg/hab./dia, e média de 0,96 kg/hab./dia. Na média nacional, os resíduos sólidos domiciliares são compostos de 51,40% de resíduos úmidos, 31,90% de resíduos secos, parcelas sujeitas ao aproveitamento, e os 16,70% restantes são rejeitos.

A massa específica corresponde à relação entre a massa do resíduo e seu volume ocupado, geralmente expressa em kg/m^3. Sua determinação é importante para o dimensionamento dos equipamentos e instalações de coleta, transporte e destinação final.

A falta de uniformidade dos resíduos, entre outros fatores, resulta em uma grande variação dos valores da massa específica. Na ausência de dados, pode-se adotar o valor de 230 kg/m^3 para o lixo domiciliar sem compactação. A Tabela 3 apresenta a massa específica dos principais tipos de resíduos sólidos segregados.

Tabela 3 – Massas específicas dos principais resíduos sólidos segregados.

Resíduos domiciliares				
Tipo de resíduo	Massa específica (kg/m^3)		Umidade (% em peso)	
	Faixa	Típico	Faixa	Típico
Restos de alimentos (misturados)	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Papelão	42-80	50	4-8	5
Plástico	42-131	65	1-4	2
Têxteis	42-101	65	6-15	10
Borracha	101-202	131	1-4	2
Couro	101-261	160	8-12	10
Restos de jardim	59-225	101	30-80	60
Madeira	131-320	237	15-40	20
Vidro	160-481	196	1-4	2
Latas (aço)	50-160	89	2-4	3
Alumínio	65-240	160	2-4	2
Outros metais	131-1.151	320	2-4	3
Poeira, cinzas etc.	320-1000	481	6-12	8
Cinzas	650-831	745	6-12	6
Outros	89-181	131	5-20	15

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous *et al*, 1993.

6.9.2.3 Índices e etapas para o dimensionamento da coleta

6.9.2.3.1 Índices de produtividade média para coleta, descarga e custo

A Tabela 4 apresenta os principais índices de produtividade para a coleta, a descarga e os custos de resíduos sólidos.

Tabela 4 – Índices de produtividade para coleta, descarga e custo.

Coleta	• Para coletar 16 m³ são necessários três garis trabalhando 4 horas. Estima-se de 4,30 a 6,8 casa/gari.minuto. • Velocidade média de coleta: 6,5km/h.
Descarga	• Caminhão basculante: 5 minutos. • Caminhão sem basculante (três garis): 15 a 20 minutos.
Custo	• Coleta de lixo: US$ 15 a US$ 45/ton. • Transporte a aterros: US$ 6 a US$ 20/ton.

6.9.2.3.2 Serviços de coleta domiciliar e suas etapas

- Estimativa da quantidade de resíduos a ser coletada.
- Definição da frequência de coleta.
- Definição dos horários de coleta domiciliar.
- Dividir a cidade em setores.
- Definição de itinerário de coleta.
- Dimensionamento da frota dos serviços.

a) Definição das etapas.

Pode-se estimar a quantidade de resíduos coletados por meio do monitoramento da coleta, de duas maneiras:

- Monitoramento seletivo por amostragem.
- Monitoramento da totalidade do serviço existente.

Além desses dados, é necessário estimar o número de habitantes de cada setor, que pode ser extraído da quantidade de domicílios de cada trecho, do cadastro imobiliário da Prefeitura ou do inquérito sanitário.

6.9.2.4 Vantagens e desvantagens dos turnos de coleta

Tabela 5 – Vantagens e desvantagens dos horários diurno e noturno de coleta de resíduos sólidos.

Turno de coleta	Vantagens	Desvantagens
Horário diurno de coleta de resíduos sólidos	• Facilita o acompanhamento dos serviços pela equipe de fiscalização. • Torna-se mais econômico. • Recolhimento do recipiente pelo interessado. • Sinalização do veículo coletor por meio de buzina.	• Prejudica o trânsito de veículos. • Menor produtividade em regiões de clima quente. • Maior desgaste do trabalhador.

Continua

Continuação

Turno de coleta	Vantagens	Desvantagens
Horário noturno de coleta de resíduos sólidos	• Maior abrangência da coleta (domiciliar e comercial). • Os resíduos não atrapalham os transeuntes, propiciando um bom aspecto estético. • Não interfere no tráfego intenso durante o dia.	• Provoca ruídos pela manipulação dos recipientes e veículos coletores. • Difícil fiscalização por parte da equipe de serviço. • Custo elevado da mão de obra em virtude do adicional noturno.

6.9.2.5 Definição do roteiro da coleta na malha urbana

O dimensionamento dos serviços de coleta domiciliar visa à determinação da quantidade de veículos coletores necessários aos serviços de coleta e dos elementos que compõem o itinerário.

Para dimensionar os serviços e os equipamentos para a coleta e o transporte dos resíduos, é necessário realizar um levantamento das informações, no qual será usado como base os seguintes itens (Figura 9):

a) Mapa geral do município (Escala 1:10.000).

b) Mapa cadastral ou semicadastral da cidade (Escala 1:5000).

c) Mapa com definição do tipo de pavimentação.

d) Mapa planialtimétrico.

e) Mapa indicativo das regiões ou ruas comerciais.

f) Mapa com localização das unidades de ensino, unidades de saúde, concentrações industriais, garagem municipal de veículos, localização da área de destinação final dos resíduos ou indicativo do sentido.

g) Sentido do tráfego das avenidas e ruas.

h) Listagem dos veículos disponíveis da frota e respectivas capacidades.

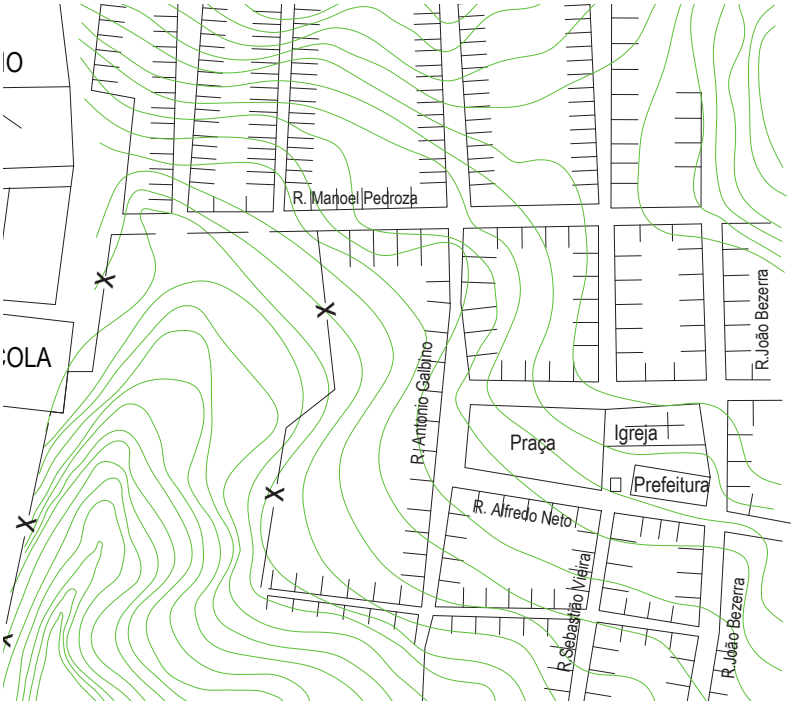


Figura 9 – Levantamento da malha urbana.

6.9.2.6 Cálculo da frota para coleta

a) Para cidades de até 100 mil habitantes, recomenda-se:

$$Nf = \frac{Lc}{Cv \,.\, Nv} \,.\, Fr \qquad (01)$$

Onde:

Nf = quantidade de veículos.

Lc = quantidade de resíduos a ser coletada em m^3 ou ton.

Cv = capacidade do veículo em m^3 ou ton. (considerar 80% da capacidade).

Nv = número de viagens por dia (máximo de três viagens).

Fr = fator de frequência (relação entre número de dias de produção de resíduos na semana e número de dias efetivamente coletados).

b) Para cidades acima de 100 mil habitantes:

$$NS = \frac{1}{J} \cdot \left[\frac{L}{Vc} + 2 . \frac{Dg}{Vt} + 2 . \left[\frac{Dd}{Vt} \cdot \frac{1}{J} \cdot \frac{Q}{C}\right]\right] \qquad (02)$$

Onde:

NS = quantidade de veículos.

J = duração útil da jornada de trabalho da equipe (em número de horas, desde a saída da garagem até o seu retorno, excluindo intervalo para refeições e outros tempos improdutivos).

L = extensão total das vias (ruas e avenidas) do setor de coleta, em km.

Vc = velocidade média de coleta, em km/h.

Dg = distância entre a garagem e o setor de coleta, em km.

Vt = velocidade média do veículo nos percursos de posicionamento e de transferência, em km/h.

Q = quantidade total de resíduos a ser coletada no setor, em ton. ou em m^3.

C = capacidade dos veículos de coleta, em ton. ou em m^3; em geral, adota-se um valor que corresponde a 70% da capacidade nominal, considerando-se a variabilidade da quantidade de resíduos coletados a cada dia.

6.9.2.7 Roteiro de coleta

O itinerário de coleta significa o percurso que o transporte faz dentro de um mesmo setor, em um espaço de tempo.

Sugestões para facilitar o itinerário da coleta (Figura 10):

- Começar a coleta nas proximidades da garagem e terminá-la próximo à estação de transferência ou ao destino final.
- Coletar em vias com declive, no sentido de cima para baixo.
- Para cada itinerário é necessário um roteiro gráfico e descritivo do setor.

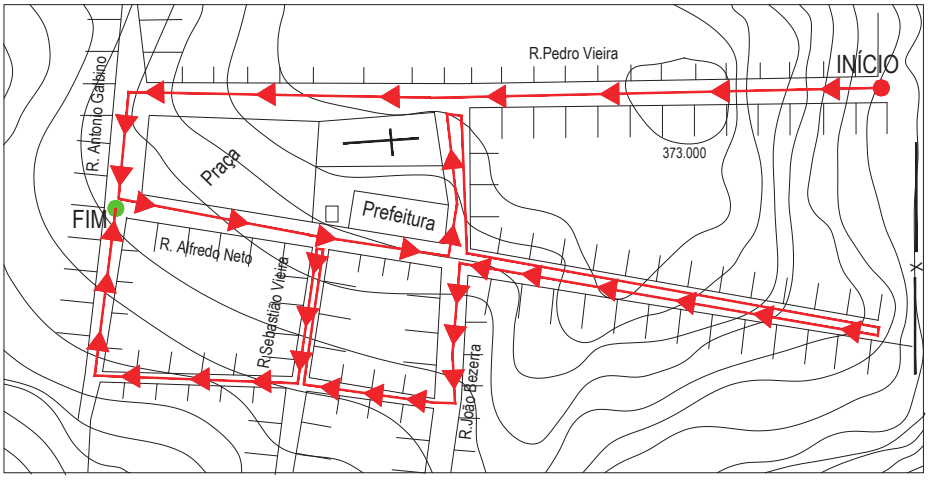


Figura 10 – Roteiro de coleta de resíduos (mapa esquemático).

6.9.2.8 Estações de transferência

As estações de transferência, também conhecidas como transbordo, servem para limitar o percurso dos transportes coletores. São espaços físicos para armazenamento temporário dos resíduos, sendo bastante utilizados em grandes centros urbanos, em que maior economia é conseguida por meio do transporte dos resíduos em veículos com capacidade de 40 a 60 m^3. A instalação desta estação é recomendada quando a destinação final ficar a uma distância superior a 30 km.

As estações de transferência podem ser classificadas quanto ao:

- **Meio de transporte (após transferência)**: rodoviário, ferroviário e hidroviário.
- **Modo de armazenagem**: com fosso de acumulação e sem fosso.
- **Tratamento físico prévio**: com sistema de redução de volume e simples transferência.

6.9.3 Coleta seletiva

A coleta seletiva é um sistema de recolhimento dos resíduos recicláveis inertes (papéis, plásticos, vidros e metais) e orgânicos (sobras de alimentos, frutas e verduras), previamente separados nas próprias fontes geradoras, com a finalidade de reaproveitamento e reintrodução no ciclo produtivo.

Este sistema pode ser implantado em municípios, bairros residenciais, vilas, comunidades, escolas, escritórios, centros comerciais ou outros locais que facilite a coleta dos materiais recicláveis.

As principais vantagens desse processo são: economia de matéria-prima; economia de energia; combate ao desperdício; redução da poluição ambiental; e potencial econômico por meio da comercialização dos recicláveis.

A coleta seletiva significa uma mudança de procedimento das pessoas, que dela estarão participando.

Para o dimensionamento e o planejamento das ações de coleta seletiva, é necessário o levantamento de informações que identifiquem as características e a geração dos resíduos sólidos nas áreas de abrangência do projeto, tais como: estimativas da quantidade de lixo gerada; composição física; parâmetros físico-químicos; número de habitantes; poder aquisitivo; condições climáticas; hábitos da população; taxas de incremento da geração de lixo e limpeza; classificação do resíduo; comunidades; caracterização das áreas de influência; e pesquisa de mercado para escoar os materiais recicláveis coletados.

A partir do levantamento das informações deverão ser dimensionados para cada comunidade ou setor envolvido no projeto os seguintes parâmetros: número de catadores (um catador para cada 1.200 habitantes); frequência da coleta; extensão dos percursos; número de postos de captação;

número de postos de entrega voluntária (PEV); equipamentos básicos; meios de transporte; setores de coleta; e horários.

Será necessário dimensionar a infraestrutura (galpão de triagem, baias, pátio, depósitos) e os equipamentos (balanças, prensas, esteiras e outros), compatíveis com a demanda projetada, recomendada para o horizonte de 20 anos.

A sustentabilidade do empreendimento está vinculada ao planejamento de médio e longo prazos.

a) **Divulgação e treinamento.**

Para que o programa de coleta seletiva tenha êxito, torna-se necessária a participação popular em cada ação desenvolvida, visando gerar um sentimento de autoria e responsabilidade, garantindo, desta forma, a sustentabilidade do programa.

A divulgação e a educação no programa de coleta seletiva, com distribuição de folhetos, difusão de mensagens e eventos nas comunidades, tem por objetivo sensibilizar o público-alvo para adesão da população ao projeto.

Paralelamente, é desenvolvido um programa direcionado especialmente às escolas, às empresas, aos serviços de saúde e aos órgãos públicos.

Também são realizados cursos destinados a professores, diretores de escolas, líderes comunitários, agentes comunitários etc., com o objetivo de formação de multiplicadores.

b) **Forma de separação.**

Na coleta seletiva, uma das formas de separação dos resíduos sólidos é dividi-los quanto à sua natureza física (Tabela 6).

Tabela 6 – Separação do lixo seco e lixo úmido.

Lixo seco (inertes)	Lixo úmido (orgânicos)
• Papéis. • Papelão. • Vidros. • Metais ferrosos. • Metais não ferrosos. • Plásticos.	• Restos de alimentos. • Restos de verduras. • Restos de frutas. • Outros materiais orgânicos não recicláveis.

c) **Acondicionamento na coleta seletiva.**

O material separado deverá ser acondicionado em recipientes apropriados para o lixo domiciliar (Tabela 7).

Tabela 7 – Diferentes formas de execução da coleta seletiva.

De casa em casa, utilizando carrinhos tipo plataforma: A remoção de casa em casa consiste na coleta dos materiais recicláveis gerados por domicílio. Nos dias e horários determinados, garis coletam esses materiais, utilizando carro tipo plataforma para seu transporte.	
De casa em casa, utilizando caminhão: É um sistema semelhante ao anterior, realizando a remoção de casa em casa. Esta atividade assemelha-se à da coleta regular, em que os materiais recicláveis, gerados em cada domicílio, são coletados nos dias e horários determinados.	
Coleta domiciliar, utilizando caminhão misto ou carroção acoplado ao carro de coleta: Esse tipo de coleta é realizado quando os resíduos são separados em secos e úmidos. É mais eficaz em função da coleta ser em uma só vez. Pode ser feito com um carroção acoplado ao carro de coleta ou dividindo a caçamba para os dois tipos de resíduos.*	
Posto de entrega voluntária (PEV): Nesta forma de execução da coleta seletiva, o gerador dos resíduos recicláveis deposita-os em contêineres especiais, distribuídos em vários pontos da cidade ou comunidade. Os indivíduos são estimulados por programas de educação ambiental sobre os valores de cidadania e de ecologia. Os contêineres são facilmente identificados por cores e símbolos para cada tipo de material reciclável. Nesse sistema é necessário a equipe realizar a retirada dos materiais e transportá-los por caminhões para a unidade de reciclagem. Os contêineres podem ser adaptados aos caminhões, facilitando a operacionalização e a redução da mão de obra.	 

d) **Na coleta seletiva, os recipientes a serem utilizados deverão obedecer às cores, conforme Tabela 8.**

Tabela 8 – Código de cores a ser utilizado na gestão de resíduos sólidos.

Cor	Tipo de resíduo
Azul	Papel/papelão
Vermelho	Plásticos
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: Conama, 2001.

6.10 Etapas da reciclagem dos resíduos sólidos

As principais etapas da reciclagem dos resíduos sólidos são:

a) Separação e classificação dos diversos tipos de materiais (vidro, papéis, plástico, metais).

b) Processamento para obtenção de: fardos; materiais triturados; e/ou produtos que receberam algum tipo de beneficiamento.

c) Comercialização dos materiais na forma triturada, prensada ou produtos obtidos dos processos de reciclagem.

d) Reutilização dos produtos e reaproveitamento em processos industriais, como matérias-primas.

É necessário identificar o mercado consumidor regional para comercializar os materiais recicláveis, buscando a sustentabilidade da unidade de triagem.

6.11 Processo de reciclagem de materiais

6.11.1 Vidro

A matéria-prima utilizada na fabricação do vidro é formada de cacos de vidro, areia, calcário, feldspato, barrilha e outros minerais (corantes, descorantes etc.).

Na indústria de reciclagem, este vidro triturado é realimentado no processo produtivo, fundido e moldado em recipientes e frascos para embalagens alimentícias ou garrafas em geral:

Vidro pode ser 100% reciclado; no entanto, o processo de reciclagem dos vidros planos ocorre de forma diferenciada das embalagens, por meio de recicladores especializados. Lâmpadas, tubos de imagem e espelhos contêm metais em sua composição, o que torna sua reciclagem frequentemente inviável do ponto de vista econômico.

6.11.2 Plásticos

Plástico é uma palavra genérica para representar uma gama de materiais produzidos a partir de resinas sintéticas derivadas do petróleo.

Foi desenvolvido um sistema internacional para auxiliar na identificação, adotado no Brasil (Tabela 9), que consiste na impressão em alto relevo do código correspondente à resina utilizada na fabricação dos produtos.

Tabela 9 – Símbolos para identificação do tipo de plástico.

						
Poli (teleftalato de etileno)	Polietileno de alta densidade	Poli (cloreto de vinila)	Polietileno de baixa densidade	Polipropileno	Poliestileno	Outros

Fonte: ABNT/13230, 2008.

O destino dado ao plástico:

- Reciclagem primária: retorno à linha de produção de produto similar.
- Reciclagem secundária: retorno à linha de produção de produto de exigência inferior.
- Reciclagem terciária: produção de insumos químicos.
- Reciclagem quaternária: geração de energia por incineração.

A reciclagem primária requer maior investimento no controle de qualidade do material que não pode ter impurezas ou misturas de plásticos diferentes. Para a realização da reciclagem secundária, também é necessário que os plásticos sejam separados por tipos e sejam removidas as impurezas, mas não com o mesmo rigor da reciclagem primária. A separação pode ser manual ou mecanizada; neste caso, utiliza-se frequentemente a separação por densidade.

6.11.3 Papel

A matéria-prima utilizada no processo de reciclagem do papel é constituída de celulose e aditivos. A fabricação do papel reciclado constitui-se, basicamente, de duas partes: a preparação de massa celulósica e a produção de papel propriamente dita.

As aparas, o papel ou os papelões triturados são separados, prensados e comercializados para a indústria de fabricação de papel. Os papéis velhos ou aparas podem ser classificados em 22 tipos diferentes, mas se pode organizá-los em seis grupos: branco, kraft, cartolina, ondulado, misto e outros.

6.11.4 Metais ferrosos

A matéria-prima utilizada no processo de fabricação de metais ferrosos são os minérios primários. Basicamente os metais são classificados em dois grandes grupos: os ferrosos (ferro e aço), e os não ferrosos (alumínio, cobre, chumbo, níquel e zinco).

Na indústria de reciclagem, estas sucatas são introduzidas no ciclo produtivo pelo processo secundário, em que o metal é obtido basicamente da fusão do metal já usado e transformado em lingotes, para posterior transformação.

A sucata metálica é introduzida no processo de fabricação substituindo o metal primário, que é a etapa mais cara do processo, gerando um grande valor econômico e de redução ao impacto ambiental. A produção do aço a partir de minérios virgens exige quatro vezes mais energia do que a partir da sucata.

6.11.5 Alumínio

O alumínio é um dos metais mais importantes para a reciclagem. A cada quilo de alumínio reciclado, 5 quilos de bauxita (minério bruto de onde se produz o alumínio) são poupados. Para se reciclar o alumínio, gasta-se somente 5% da energia que seria utilizada na produção do alumínio primário.

A lata de alumínio é 100% reciclável, ou seja, não é preciso retirar nenhuma parte dela antes da reciclagem, nem mesmo o anel. Depois de prensadas, as latas e/ou artefatos de alumínio são derretidos e transformados em placas, chamadas lingotes. No caso das latinhas, os lingotes passam por um processo chamado laminação e tornam-se chapas de alumínio, que são utilizadas na fabricação das latas novas. No caso dos artefatos (como fios, cabos, panelas e perfis), os lingotes são fornecidos para a indústria de transformação, e, por meio de processos diferentes, são obtidos novos produtos.

6.11.6 Resíduos da construção civil

A reciclagem destes resíduos, incluindo reformas e demolições, consiste basicamente de: separação preliminar; limpeza; moagem; e classificação granulométrica. Esta reciclagem pode ser realizada nas instalações da fonte geradora ou em local distante da fonte.

Os equipamentos utilizados são: britador de impacto; alimentadores dosadores tipo vibratório; e peneiras classificatórias. O material obtido da reciclagem pode ser utilizado, por exemplo, para reforçar sub-base e tratamento primário das ruas e estradas, como também a fabricação de blocos e pré-moldados.

As Figuras 11 e 12 apresentam o beneficiamento e os blocos e pré-moldados provenientes dos resíduos da construção civil.



Figura 11 – Beneficiamento dos resíduos da construção civil.



Figura 12 – Blocos e pré-moldados provenientes dos resíduos de construção civil.

6.12 Compostagem

A compostagem é um costume que existe há muito tempo. Acredita-se ser o sistema biológico mais antigo que o homem utiliza; entretanto, ocorria sem controle e levava longos períodos de tempo para estabilização do composto. Só a partir de 1920, com Albert Howard, é que o processo passou a ser pesquisado cientificamente e realizado de forma racional. Nas décadas seguintes, muitos trabalhos científicos lançaram as bases para o desenvolvimento desta técnica, que hoje pode ser utilizada em escala industrial.

Dentre as várias definições, destacamos que a compostagem moderna é um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica

no estado sólido e úmido, desenvolvido por uma colônia mista de micro-organismos, efetuada em duas fases distintas. A fase ativa, quando ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas, predominantemente termofílicas, e a fase de maturação, quando ocorre a humificação do material já estabilizado.

Na prática, isto significa que a partir de resíduos orgânicos com características desagradáveis (odor, aspecto, contaminação por micro-organismos patogênicos etc.), o processo transforma estes resíduos em composto, que é um insumo agrícola, de odor agradável, fácil de manipular e livre de micro-organismos patogênicos.

6.12.1 Processo de compostagem

Sendo um processo biológico, os fatores mais importantes, que influenciam as degradações das matérias orgânicas, são aeração, temperatura, umidade, nutrientes, pH e tamanho da partícula. A temperatura influencia diretamente o processo de biodegradação e eliminação de patógenos. Os nutrientes, principalmente carbono e nitrogênio, são fundamentais ao crescimento bacteriano. O carbono é a principal fonte de energia e o nitrogênio é necessário para a síntese celular. Os micro-organismos têm necessidade dos mesmos micronutrientes requeridos pelas plantas: Cu, Ni, Mo, Fe, Mg, Zn e Na são utilizados nas reações enzimáticas, porém os detalhes deste processo são pouco conhecidos.

a) **Fase ativa**.

À medida que o processo de compostagem se inicia, há proliferação de populações complexas de diversos grupos de micro-organismos (bactérias, fungos, actinomicetos), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio, passando rapidamente por uma fase inicial de fitotoxidade ou de composto cru, seguida da fase de semicura ou bioestabilização. De acordo com suas temperaturas ótimas, estes micro-organismos são classificados em psicrófilos (0^0 C - 20^0 C), mesófilos (15^0 C - 43^0 C) e termófilos (40^0 C - 85^0 C). Na realidade, estes limites não são rígidos e representam muito mais os intervalos ótimos para cada classe de micro-organismo do que divisões estanques.

No início do processo há um forte crescimento dos micro-organismos mesófilos. Com a elevação gradativa da temperatura, resultante do processo de biodegradação, a população de mesófilos diminui e os micro-organismos termófilos proliferam com mais intensidade.

A população termófila é extremamente ativa, provocando intensa e rápida degradação da matéria orgânica e maior elevação da temperatura, o que elimina os micro-organismos patogênicos (Figura 13).

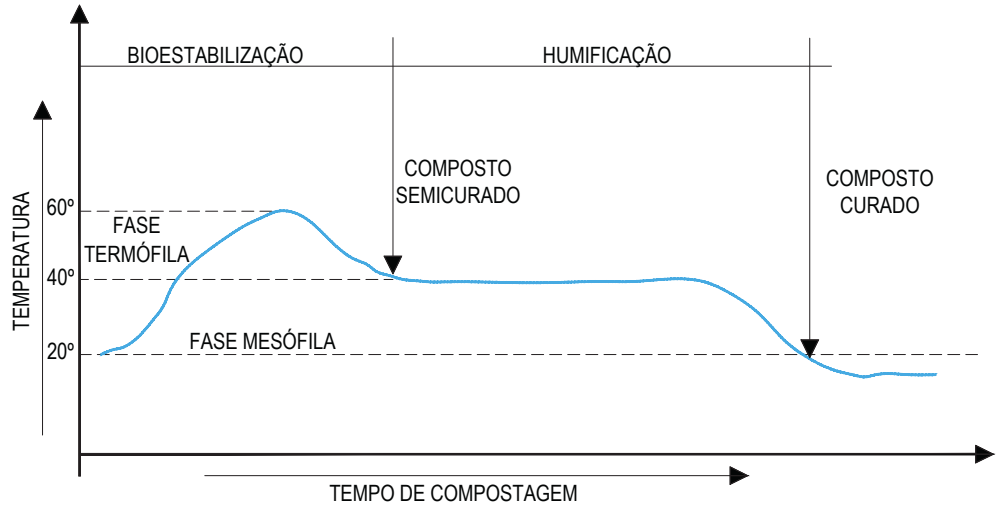


Figura 13 – Curva-padrão da variação da temperatura no processo de compostagem.

Fonte: Adaptado de Kiehl, 2004.

Tempo de compostagem

Quando o substrato orgânico for em sua maior parte transformado, a temperatura diminui, a população termófila restringe-se, a atividade biológica global reduz-se de maneira significativa e os mesófilos instalam-se novamente. Nesta fase, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foram transformadas, o composto apresenta odor agradável e já teve início o processo de humificação, típico da segunda etapa do processo, denominada maturação.

Estas duas fases distintas do processo de compostagem são bastante diferentes entre si. Na fase de degradação rápida, também chamada de bioestabilização, há intensa atividade microbiológica e rápida transformação da matéria orgânica. Portanto, há grande consumo de O_2 pelos micro-organismos, elevação da temperatura e mudanças visíveis na massa de resíduos em compostagem, pois ela se torna escura e não apresenta odor agressivo. Mesmo com tantos sinais de transformação, o composto não está pronto para ser utilizado. Ele só estará apto a ser disposto no solo após a fase seguinte, chamada de maturação.

Os principais problemas e medidas corretivas durante a fase de degradação ativa são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Principais problemas, possíveis causas e medidas a serem tomadas na fase de degradação ativa.

Problema	Possível causa	Medida a ser tomada
Massa de compostagem demora mais que cinco dias para atingir a temperatura desejada (55^0 C).	Material muito seco.	Abrir a leira e adicionar água à massa de compostagem e manter a umidade a 55%.
	Material com excesso de umidade.	Adicionar à massa de compostagem composto maturado seco, terra vegetal seca ou material palhoso seco.
	Material rico em carbono (materiais lenhosos e folhas secas).	Abrir a leira e adicionar material nitrogenado como grama, lodo de esgoto, esterco de animal, frações orgânicas do lixo urbano etc.
	Material rico em nitrogênio (orgânico e úmido).	Abrir a leira e adicionar material carbonáceo como folhas secas, capim seco etc. Nunca adicionar serragem.
	Material muito compactado.	Adicionar material que promova a porosidade da massa de compostagem: cavaco de madeira; palha de vegetais etc., ou deixar o material bem solto.
	Baixa atividade microbiológica.	Adicionar à massa de compostagem certa quantidade de matéria orgânica de lixo ou de esterco e promover uma mistura criteriosa desses materiais.
Queda de temperatura da massa de compostagem após curto período de aquecimento.	Leira operada sob temperatura excessivamente alta >78^0 C.	Revirar a massa de compostagem, corrigir a umidade e modificar a configuração geométrica diminuindo a altura da leira. Seguir o ciclo correto de reviramento.
	Material muito molhado ou muito compactado (sem porosidade).	Seguir os procedimentos anteriores.
	Material bem balanceado rico em carbono e facilmente degradável.	Modificar a configuração geométrica da leira de compostagem e aumentar a área superficial da leira.

Continua

Continuação

Problema	Possível causa	Medida a ser tomada
Queda gradual de temperatura na fase ativa após 30 a 60 dias.	Tamanho da partícula muito grande.	Promover a quebra do material durante o reviramento com auxílio de um enxadão amolado. Cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado (50% de umidade). Caso não seja possível, efetuar a prévia trituração do material.
Emissão de maus odores da massa de compostagem.	Volatilização da amônia (NH_3) devido à alta temperatura > 65^0 C e ao pH alcalino > 7,5.	Revirar a massa de compostagem e modificar a configuração geométrica, diminuindo a altura da leira para obter menores temperaturas.
	Anaerobiose devido ao excesso de umidade.	Adicionar composto maturado seco à massa em compostagem e cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado.
	Anaerobiose devido ao longo ciclo de reviramento.	Seguir o ciclo correto de reviramento.
Produção e liberação de chorume da massa de compostagem.	Excesso de umidade da massa de compostagem.	Seguir o processo anterior e lavar a área do pátio.
Aumento de umidade das massas de compostagens no período chuvoso.	Anaerobiose devido ao excesso de umidade e produção de chorume.	Manter as leiras operando com umidade mínima 45% e cobri-las com composto maturado e seco.
Atração de moscas e mosquitos nas massas de compostagens.	Material fresco em putrefação (leira molhada).	Cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado durante os primeiros dez dias (três primeiros reviramentos).
	Anaerobiose da massa de compostagem por excesso de umidade ou falta de oxigenação.	Seguir as medidas citadas anteriormente.

Fonte: Pereira Neto, 1996.

b) **Maturação.**

Na fase de maturação, a atividade biológica é pequena; portanto, a necessidade de aeração também diminui. O processo ocorre à temperatura ambiente e com predominância de transformações de ordem química: polimerização de moléculas orgânicas estáveis no processo conhecido como humificação.

Esses conceitos são importantes, pois eles se refletem na própria concepção das usinas de compostagem. Como na fase de biodegradação rápida ocorre uma redução de volume do material compostado, consequentemente a área necessária para a fase de maturação é menor, podendo-se agregar diversas leiras em uma única pilha.

Durante a maturação, alguns testes simples permitem definir o grau de maturação do composto, e, portanto, a liberação para seu uso. Ele pode, então, se houver interesse, ser peneirado e acondicionado adequadamente para ser mais facilmente transportado.

Após a fase termófila, o composto está estabilizado, mas ainda não está maturado.

Alguns pesquisadores diferenciam estas duas características, definindo **estabilização** como um estágio de decomposição da matéria orgânica, sendo função da atividade biológica, enquanto a **maturação** é uma condição organoquímica do composto que indica a presença ou a ausência de ácidos orgânicos fitotóxicos e presença de moléculas húmicas e pré-húmicas.

A fitotoxicidade de um composto pode ser provocada pela presença de nitrogênio amoniacal, dióxido de carbono e ácidos orgânicos variados.

Um composto instável continua a decompor-se rapidamente, e, se for estocado, entrará em degradação anaeróbia, liberando mau odor e até gases inflamáveis, como metano e fosfina.

Um composto maturado pode ser estocado ou ensacado sem qualquer problema de odor ou liberação de gases. Seu odor é parecido com o de terra úmida e sua ação no solo não provoca efeitos fitotóxicos. Durante a fase de maturação, as necessidades do processo de compostagem são diferentes das necessidades da fase termófila. A atividade microbiológica é baixa, o que implica pequena necessidade de aeração, sendo predominantes os fenômenos de natureza química e bioquímica, principalmente as reações de polimerização de moléculas de ácidos húmicos e fúlvicos.

De acordo com um dos grupos pioneiros no estudo científico da compostagem (Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade da Califórnia, 1953), um composto é considerado maturado e pronto para uso quando ele pode ser estocado em grandes leiras, indefinidamente, sem criar condições de anaerobiose ou gerar calor, podendo ser aplicado em solos agrícolas sem efeitos negativos, devido à sua baixa relação C/N e pobre disponibilidade de carbono. Quanto à utilização de plantas sensíveis em testes, tem-se que o teste de germinação de sementes de agrião é fácil de ser feito e reflete a ação do composto nas plantas, sendo uma alternativa interessante de ser empregada. O agrião é uma das plantas mais sensíveis à ação fitotóxica do composto mal maturado.

6.12.2 Métodos dos processos de compostagem

O processo pode ocorrer por dois métodos:

a) **Método natural**: a fração orgânica dos resíduos é levada para o pátio e disposta em pilhas de formato variável. A aeração necessária para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica é conseguida por revolvimentos periódicos, com auxílio de equipamento apropriado. Objetivando a manutenção da temperatura em um intervalo favorável à atividade microbiológica, deve-se proceder ao reviramento quando a temperatura da leira chegar próxima a 65ºC. O tempo em que o processo se completa varia de três a quatro meses.

b) **Método acelerado**: a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas de resíduos, ou em reatores, dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. Posteriormente, são dispostos em pilhas, como no método natural. O tempo de residência no reator é de cerca de quatro dias e o tempo total da compostagem acelerada varia de dois a três meses.

Para que o processo de compostagem desenvolva-se de maneira satisfatória, é necessário que alguns parâmetros físico-químicos sejam respeitados, permitindo que os micro-organismos encontrem condições favoráveis para se desenvolver e transformar a matéria orgânica.

6.12.3 Fatores relevantes da compostagem

a) **Aeração**.

Sendo a compostagem um processo aeróbio, o fornecimento de ar é vital à atividade microbiana, pois os micro-organismos aeróbios têm necessidade de O_2 para oxidar a matéria orgânica que lhes serve de alimento.

A circulação de ar na massa do composto é, portanto, de importância primordial para a compostagem rápida e eficiente. Esta circulação depende da estrutura e da umidade da massa, bem como da tecnologia de compostagem utilizada.

A aeração também influi na velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da emanação de odores, pois quando há falta de aeração o sistema pode tornar-se anaeróbio.

Seja qual for a tecnologia utilizada, a aeração é fundamental no período inicial da compostagem, na fase de degradação rápida, em que a atividade microbiana é intensa.

Na fase seguinte (maturação), a atividade microbiana é pouco intensa; logo, a necessidade de aeração é bem menor.

b) **Temperatura.**

A compostagem aeróbia pode ocorrer tanto em regiões de temperatura termofílica (45^0 C a 85^0 C) quanto mesofílica (25^0 C a 43^0 C). Embora a elevação da temperatura seja necessária e interessante para a eliminação de micro-organismos patogênicos, alguns pesquisadores observaram que a ação dos micro-organismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65^0 C, e que, acima deste valor, o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica. A temperatura é um fator indicativo do equilíbrio biológico, de fácil monitoramento, e que reflete a eficiência do processo.

Se a leira, em compostagem, registrar temperatura da ordem de 40^0 C a 60^0 C, no segundo ou terceiro dia é sinal que o ecossistema está bem equilibrado e que a compostagem tem todas as chances de ser bem-sucedida. Caso contrário, é sinal de que algum ou alguns parâmetros físico-químicos (pH, relação C/N, umidade) não estão sendo respeitados, limitando, assim, a atividade microbiana. Depois de iniciada a fase termófila (em torno de 45^0 C), o ideal é controlar a temperatura entre 55^0 C e 65^0 C. Esta é a faixa que permite a máxima intensidade de atividade microbiológica. Acima de 65^0 C a atividade microbiológica cai e o ciclo de compostagem fica mais longo.

Atualmente, a aeração também é usada como meio de controlar a temperatura. Em certos casos o insuflamento de ar comprimido na massa do composto pode ser de cinco a dez vezes maior do que o estritamente necessário à respiração microbiana, tendo, assim, a função de dissipar o calor liberado no processo.



Figura 14 – Medição de temperatura da leira.

c) **Umidade.**

A água é fundamental para a vida microbiana. No composto, o teor ótimo de umidade, de modo geral, situa-se entre 50% e 60%. O ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água. Na prática, verifica-se que o teor de umidade depende também da eficácia da aeração, das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade). Elevados teores de umidade (>65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de anaerobiose. Se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40%, a atividade biológica é inibida, bem como a velocidade de biodegradação.

Porém, como há perdas de água devido à aeração, em geral o teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo. O teor de umidade é um dos parâmetros que devem ser monitorados durante a compostagem para que o processo desenvolva-se satisfatoriamente.

d) **Relação C/N (nutrientes).**

Os micro-organismos necessitam de carbono como fonte de energia e de nitrogênio para síntese de proteínas. É por esta razão que a relação C/N é considerada como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos.

Teoricamente, a relação C/N inicial ótima do substrato deve situar-se em torno de 30. Na realidade, constata-se que ela pode variar de 20 a 70, de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato. Tanto a falta de nitrogênio quanto a falta de carbono limitam a atividade microbiológica. Se a relação C/N for muito baixa, pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatização da amônia. Se a relação C/N for muito elevada, os micro-organismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento.

Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido a perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo. O lodo é um resíduo rico em nitrogênio, apresentando relação C/N entre 5,0 e 11,0. Ele necessita, portanto, de um resíduo complementar rico em carbono e pobre em nitrogênio, para que a mistura, criteriosamente determinada, apresente relação C/N em torno de 20 ou 30.

e) **pH.**

É fato conhecido que níveis de pH muito baixos ou muito altos reduzem ou até inibem a atividade microbiana. Quando são utilizadas misturas com pH próximo da neutralidade, o início da compostagem (fase mesófila) é marcado por uma queda sensível de pH, variando de 5,5 a 6,0, devido à produção de ácidos orgânicos. Quando a mistura apresentar pH próximo de 5,0 ou ligeiramente inferior, há uma diminuição drástica da atividade microbiológica e o composto pode não passar para a fase termófila. A passagem à fase termófila é acompanhada de rápida elevação do pH, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH mantém-se alcalino (7,5-9,0), durante a fase termófila. De qualquer forma, e principalmente se a relação C/N da mistura for conveniente, o pH geralmente não é um fator crítico da compostagem.

f) **Tamanho da partícula (estrutura).**

Quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana, o que promove o aumento das reações bioquímicas, visto que aumenta a área superficial em contato com o oxigênio. Alguns autores obtiveram condições ótimas de compostagem com substratos apresentando de 30% a 36% de porosidade. De modo geral, o tamanho das partículas deverá estar entre 25 e 75 mm para ótimos resultados.

6.12.4 Eliminação de organismos patogênicos

A fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, que serve de matéria-prima para a compostagem, pode conter micro-organismos patogênicos danosos às plantas, aos animais e ao homem, constituindo-se em um grave problema sanitário.

A eficiência da inativação térmica dos possíveis patógenos presentes nos resíduos orgânicos depende da conjugação de dois componentes, temperatura e tempo, pois altas temperaturas por curto espaço de tempo ou baixas temperaturas, desde que na faixa termofílica, por longo período, são igualmente eficientes para o sucesso da higienização.

As leiras apresentam diferentes temperaturas nas suas diversas regiões, devendo merecer maior atenção as partes mais externas, expostas ao sol e ao vento, que são mais frias e ressecadas, e a da base, mais úmida, mais fria, pobre em oxigênio e com atividade microbiana menos intensa. Portanto, o revolvimento da leira é um fator importante para a eliminação dos patógenos, misturando as diferentes camadas e expondo porções mais frias ao efeito das altas temperaturas.

6.12.5 Composto orgânico

É o produto final da compostagem, sendo considerado o adubo natural que pode ser preparado por meio da mistura de várias matérias de origem orgânica, como resíduos de cozinha, estrumes, palha, folhas, restos de frutas, cinzas e outros. De acordo com a legislação brasileira, o composto orgânico é enquadrado na lei como fertilizante orgânico, ou, mais especificamente, como fertilizante composto. A fertilidade química do solo é diretamente influenciada pelos macro e micronutrientes presentes no composto.

Principais propriedades do composto orgânico:

- Melhoria da estrutura do solo, tornando-o poroso e agregando suas partículas.
- Aumento da aeração do solo, necessária à oxigenação das raízes.
- Melhoria da drenagem de água no solo.
- Aumento da capacidade de absorção e armazenamento de água no solo.
- Redução da erosão, evitando o deslocamento violento da água.
- Aumento da estabilidade do pH do solo.
- Aumento da retenção dos macronutrientes, impedindo seu arraste pelas chuvas.
- Formação de quelatos, que aprisionam os micronutrientes que serão absorvidos apenas pelas raízes das plantas.
- Fornecimento de nutrientes às plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio.

Tabela 11 – Valores estabelecidos como parâmetros de controle para composto orgânico e tolerâncias, conforme legislação do Brasil.

Parâmetros	Valor	Tolerância
PH	Mínimo de 6,0	Até 5,4
Umidade	Máximo 40%	Até 44%
Matéria orgânica	Mínimo 40%	Até 36%
Nitrogênio total	Mínimo 1,0%	Até 0,9%
Relação C\N	Máximo de 18\1	Até 21\1

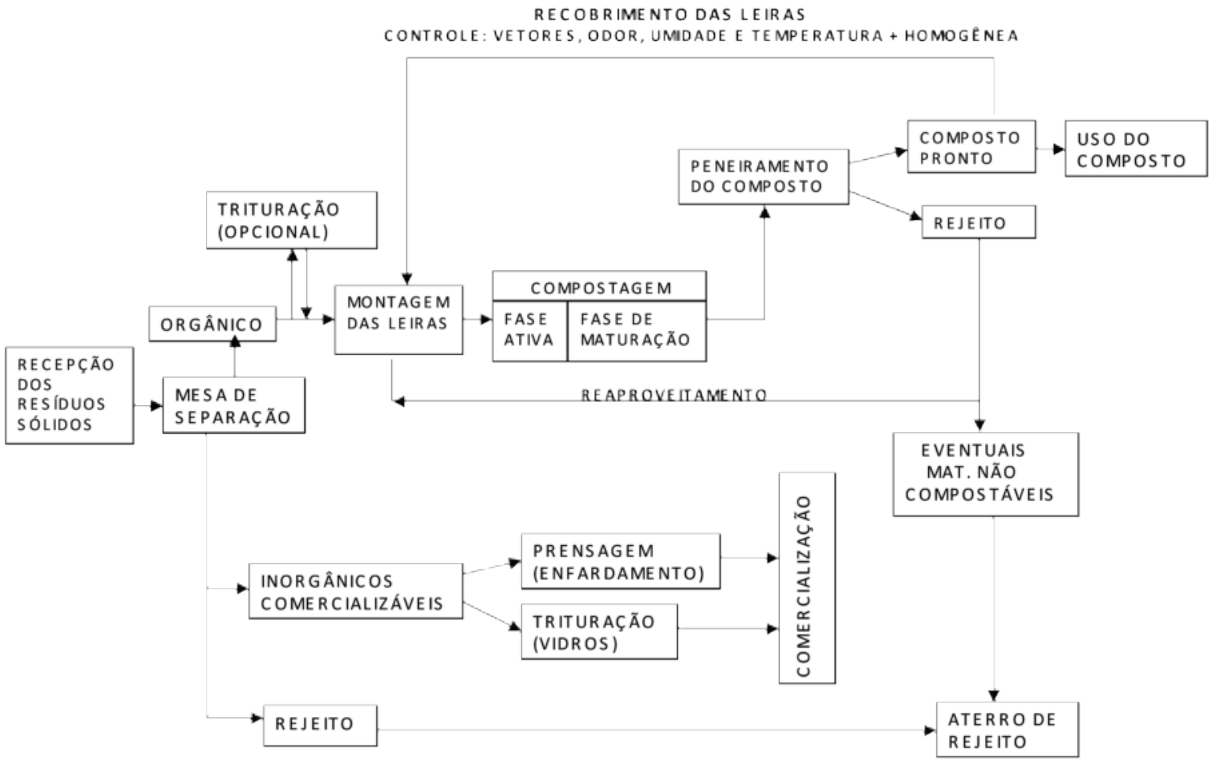


Figura 15 – Fluxograma da unidade de tratamento de resíduos sólidos.

Fonte: Fritsch, 2006.

6.13 Resíduos de serviços de saúde (RSS)

Os RSS ocupam um lugar de destaque, pois merecem atenção especial em todas as suas fases de manejo (segregação, condicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final), em decorrência dos imediatos e graves riscos que podem oferecer, por apresentarem componentes químicos, biológicos e radioativos.

Os geradores de resíduos de serviços de saúde são todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para a saúde; necrotérios, funerárias e serviços em que se realizem atividades de embalsamamento, serviços de medicina legal, drogarias e farmácias, inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área da saúde, centro de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores, produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*, unidades móveis de atendimento à saúde, serviços de acupuntura, serviços de tatuagem, dentre outros similares.

Os RSS são classificados de acordo com suas características e consequentes riscos que podem provocar à saúde pública e ao meio ambiente, sendo divididos em cinco grupos, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Classificação dos resíduos de serviços de saúde por grupo.

Grupos e subgrupos	Componentes	Exemplos	Símbolo
A (potencialmente infectantes)	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência, infectividade e concentração, podem apresentar risco de patógenos		
A1	Resíduos com suspeita ou certeza de contaminação biológica	Cultura e estoques de micro-organismos, vacinas vencidas ou inutilizadas, sobras de amostra de laboratório contendo sangue ou líquido corpóreo	
A2	Resíduos provenientes de animais	Carcaças, peças anatômicas, vísceras, cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de micro-organismos com risco de disseminação	
A3	Resíduos provenientes do ser humano	Peças anatômicas (membros), produtos de fecundação sem sinais vitais	
A4	Resíduos provenientes de animais ou seres humanos que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes patológicos e não causem risco de disseminação	Tecido adiposo gerado por procedimentos de cirurgia plástica, sobras de amostra de laboratório contendo fezes, urina e secreções, luvas, sondas, curativos, recipientes e materiais que não contenham líquidos corpóreos na forma livre, carcaças, vísceras e peças anatômicas de animais que não apresentem risco de contaminação	
A5	Resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos e animais	Órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais com suspeita ou certeza de contaminação com príons	
B (resíduos químicos)	Resíduos contendo substâncias químicas que, dependendo de suas características de inflamabilidade, toxicidade, corrosividade e reatividade, podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente	Medicamentos vencidos, produtos hormonais, antimicrobianos, reagentes para laboratório, efluentes dos equipamentos automatizados, saneantes, desinfetantes, entre outros	

Continua

Continuação

Grupos e subgrupos	Componentes	Exemplos	Símbolo
C (rejeitos radioativos)	Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados nas normas e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista	Rejeitos radioativos ou contaminados com radionuclídeos provenientes de laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia	
D (resíduos equiparados aos resíduos domiciliares)	Resíduos que podem ser comparados aos resíduos domiciliares por não apresentarem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente	Papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de pacientes, material utilizado em antissepsia e hemostasia de venóclises, equipamento de soro e outros similares não classificados como A1; sobras de alimentos e do preparo de alimentos; resto alimentar de refeitório; resíduos das áreas administrativas; resíduos de varrição, flores, podas e jardins; resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde	
E (resíduos perfurocortantes)	Materiais perfurocortantes ou escarificantes	Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, tubos capilares, micropipetas, lâminas e lamínulas, espátulas e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares	

Fonte..: Adaptado de Resolução Conama 358 (Brasil, 2005)

6.13.1 Gerenciamento integrado de resíduos de serviços de saúde

O gerenciamento dos RSS (GRSS) constitui-se em um conjunto de procedimentos planejados e implementados a partir de bases científicas e técnicas, normativas e legais, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e proporcionar, aos resíduos gerados, um encaminhamento seguro, de forma eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, à preservação da saúde da comunidade, dos recursos naturais e do meio ambiente.

6.13.2 Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde

O **Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde** (PGRSS) é o documento que aponta e descreve as ações relativas às etapas de: segregação, acondicionamento e identificação, coleta e transporte interno, armazenamento temporário, armazenamento externo, tratamento e disposição final. Deve considerar as características e os riscos dos resíduos, as ações de proteção à saúde e ao meio ambiente e os princípios da biossegurança de empregar medidas técnicas administrativas e normativas para prevenir acidentes.

Nos casos de empresas que são contratadas para o tratamento dos resíduos, é necessário exigir tanto a licença de operação quanto os documentos de monitoramento ambiental previstos no licenciamento.

6.13.2.1 Segregação, acondicionamento e identificação

A Figura 16 apresenta esquematicamente as etapas de segregação, acondicionamento e identificação dos RSS.

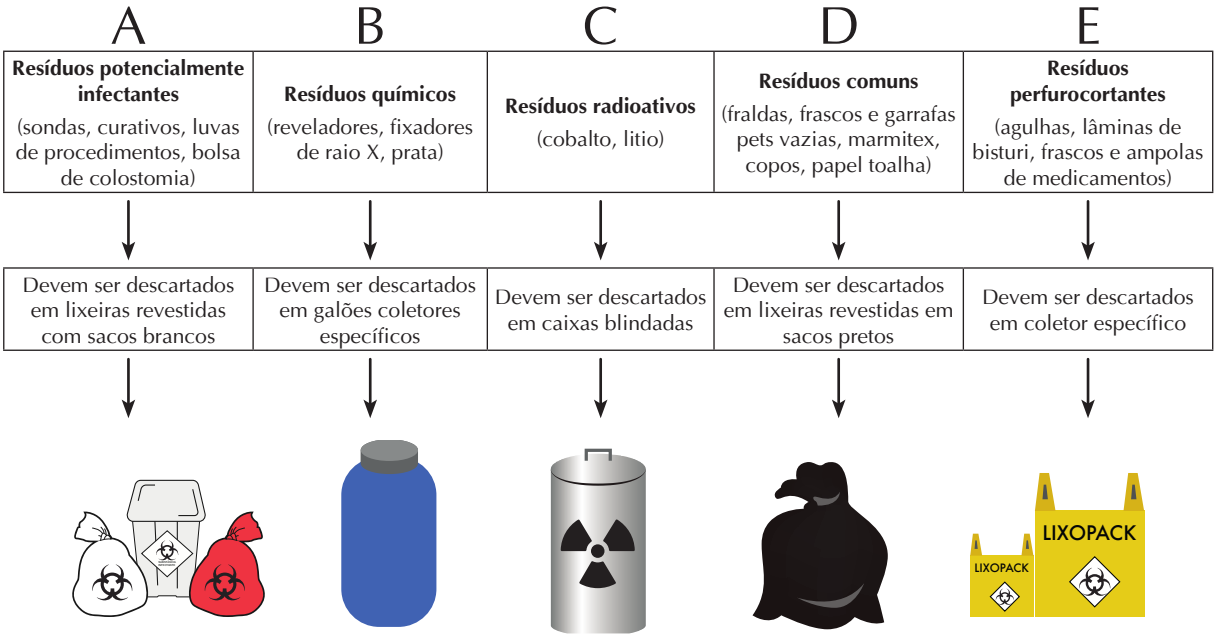


Figura 16 – Etapas de segregação, acondicionamento e identificação dos RSS.

Fonte: Osório, 2011.

6.13.2.2 Coleta e transporte interno

Os equipamentos de coleta devem ser de material rígido, lavável, impermeável e provido de tampa articulada ao próprio corpo do equipamento, cantos e bordas arredondados, rodas revestidas de material que reduza o ruído. Os equipamentos de transporte e armazenamento devem ser identificados com o símbolo correspondente ao risco dos resíduos neles contidos.

6.13.2.3 Armazenamento temporário interno

Consiste na guarda temporária dos recipientes contendo os resíduos já acondicionados, em local próximo aos pontos de geração, visando agilizar a coleta dentro do estabelecimento e otimizar o deslocamento entre os pontos geradores e o ponto destinado à disponibilização para coleta externa. A sala deve ser identificada como "sala de resíduos" e ter no mínimo 2 m^2.

O depósito interno poderá ser dispensado se o ponto de geração e o armazenamento externo forem próximos.

6.13.2.4 Armazenamento externo

O armazenamento de RSS temporário externo consiste no acondicionamento dos resíduos em abrigo, em recipientes coletores adequados, em ambiente exclusivo e com acesso facilitado para os veículos coletores, no aguardo da realização da etapa de coleta externa, devendo atender às normas técnicas.

6.13.2.5 Coleta e transporte externo

A coleta externa consiste na remoção dos RSS do armazenamento externo até a unidade de tratamento ou disposição final, pela utilização de técnicas que garantam a preservação das condições de acondicionamento e a integridade dos trabalhadores, da população e do meio ambiente.

Os equipamentos utilizados para coleta e transporte externo de resíduos dos grupos A e B deverão atender às normas técnicas específicas.

6.13.3 Tratamento de RSS

Entende-se por tratamento dos resíduos sólidos, de forma genérica, quaisquer processos manuais, mecânicos, físicos, químicos ou biológicos que alterem as características dos resíduos, visando à minimização do risco à saúde, à preservação da qualidade do meio ambiente, à segurança e à saúde do trabalhador.

As desinfecções térmicas por meio de autoclavagem, micro-ondas ou incineração são as formas mais comuns de tratamento de RSS do grupo A.

a) Descontaminação com utilização de vapor em altas temperaturas (autoclavagem).

Consiste em manter o material contaminado em contato com vapor de água, a uma temperatura elevada, durante período de tempo suficiente para destruir potenciais agentes patogênicos ou reduzi-los a um nível que não constitua risco. O processo de autoclavagem inclui ciclos de compressão e de descompressão de forma a facilitar o contato entre o vapor e os resíduos. Os valores usuais de pressão são da ordem dos 3 a 3,5 bar, e a temperatura atinge os 135^0 C. Este processo tem a vantagem de ser familiar aos técnicos de saúde, que o utilizam para processar diversos tipos de materiais hospitalares.

b) Tratamento com utilização de micro-ondas de baixa ou de alta frequência.

Consiste na descontaminação dos resíduos com emissão de ondas de alta ou de baixa frequência, a uma temperatura elevada (entre 95^0 C e 105^0 C). Os resíduos devem ser submetidos previamente a processo de trituração e umidificação.

c) Tratamento térmico por incineração.

É um processo por reação química em que os materiais orgânicos combustíveis são gaseificados, num período de tempo prefixado. O processo dá-se pela oxidação dos resíduos com a ajuda do oxigênio contido no ar.

A concepção de incineração em dois estágios segue os seguintes princípios: temperatura, tempo de resistência e turbulência. No primeiro estágio, os resíduos na câmara de incineração de resíduos são submetidos à temperatura mínima de 800^0 C, resultando na formação de gases que são processados na câmara de combustão. No segundo estágio, as temperaturas chegam a 1.000^0 C-1.200^0 C.

Além dos efluentes gasosos gerados no sistema de incineração, ocorre a geração de cinzas e escórias da câmara de incineração de resíduos e outros poluentes sólidos do equipamento de controle de poluição, bem como efluentes líquidos gerados da atividade desse sistema de tratamento. As cinzas e escórias, em geral, contêm metais pesados em alta concentração e não podem, por isso, ir para aterros sanitários, sendo necessário um aterro especial para resíduos perigosos. Os efluentes líquidos gerados pelo sistema de incineração devem atender aos limites de emissão de poluentes estabelecidos na legislação ambiental vigente.

A PNRS não recomenda incineração de resíduos sólidos urbanos, exceto em casos de aproveitamento energético.

6.13.4 Disposição final do RSS

Consiste na disposição definitiva dos RSS, após tratamento, no aterro sanitário ou em valas sépticas, que são locais previamente preparados para recebê-los. Pela legislação brasileira, a disposição deve obedecer a critérios técnicos de construção e operação, sendo exigido licenciamento ambiental.

6.13.5 Saúde e segurança do trabalhador

A proteção à saúde e segurança dos trabalhadores nos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde em geral deve ser considerada relevante para o cumprimento das metas estabelecidas no PGRSS.

Os trabalhadores envolvidos em cada etapa do gerenciamento dos RSS devem ser adequadamente treinados e obrigatoriamente utilizarem os equipamentos de proteção individual (EPIs) recomendados.

O gerenciamento dos RSS é essencial para evitar riscos aos trabalhadores, à saúde pública e aos danos ao meio ambiente. Portanto, deve haver um planejamento de todo o processo de gerenciamento, desde a fase de identificação dos RSS até o processo de tratamento e disposição final. O gerenciamento inadequado dos RSS pode ser considerado crime ambiental, devido à possibilidade de ocorrência de danos ambientais de grande proporção, desde contaminação de lençóis freáticos e de córregos até casos de infecção e geração de epidemias e endemias relacionadas a materiais infectocontagiosos presentes nos RSS.

6.14 Disposição final

6.14.1 Aterro sanitário

O aterro sanitário é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, visando à minimização dos impactos ambientais. Utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo os resíduos sólidos com uma camada de terra após a conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (Figuras 17 e 18).

Quando tecnicamente executado, constitui adequado destino final para os resíduos sólidos, sob o ponto de vista sanitário, sem perigo de poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Os principais métodos de operação dos aterros sanitários podem ser de trincheira ou valas, rampa ou da área.



Figura 17 – Vista de aterro sanitário em execução.

Fonte: EMLUR/PB, 2014.



Figura 18 – Vista aérea do aterro sanitário concluído.

Fonte: Cristiano Kenji Iwai, 2010.

Com relação aos aspectos ambientais, técnicos, econômicos, sociais e de saúde pública, a eficiência e a eficácia de um aterro sanitário estão diretamente ligadas a uma adequada escolha da área de implantação.

O processo de escolha da área deve ter por premissas o menor risco à saúde humana e o menor impacto ambiental possível, e deve ser conduzido de forma criteriosa e ponderada, satisfazendo os condicionantes ambientais e operacionais das localidades a serem atendidas.

Os principais critérios para escolha do local para implantação de um aterro sanitário são (Tabela 13): minimização de impactos ambientais negativos; maximização da aceitação pública; obediência ao zoneamento ambiental e urbano da região; possibilidade de utilização por longo espaço de tempo com necessidade de poucas obras para início da operação.

O bom desempenho de um aterro sanitário está diretamente ligado à seleção adequada da área de implantação. Os estudos para seleção da área constituem, assim, a primeira e uma das mais importantes etapas da concepção do projeto de um aterro sanitário, pois influenciarão diretamente a segurança e a eficiência das etapas posteriores. Tais estudos esbarram em dificuldades como a de aquisição do terreno para esse fim, devido, entre outros fatores, à oposição por parte do público, em função do risco de ser transformado em lixão a céu aberto pela descontinuidade das administrações municipais. Contudo, a comparação e a ponderação entre as diversas características das áreas pré-selecionadas constituem um trabalho que resultará em benefícios ambientais e econômicos para a implantação do empreendimento.

A avaliação de critérios ambientais (geologia, clima, recursos hídricos), de uso e ocupação do solo (vizinhança de núcleos populacionais, legislação, titularidade da área) e operacionais (infraestrutura, acessos, economia de transporte, declividade do terreno, espessura do solo) deve nortear todo o projeto, desde os estudos para triagem da área, estendendo-se às etapas de licenciamento ambiental, implantação, operação, monitoramento e encerramento do aterro, com explicitação do uso futuro da área.

Tabela 13 – Critérios para definição das áreas de instalação de aterro sanitário.

Dados necessários	Recomendações
Vida útil	Área suficiente para 20 anos (mínimo de 15 anos para um aterro sanitário de pequeno porte).
Distância do centro de atendimento	2 a 20 km.
Zoneamento ambiental	Área sem restrições de zoneamento ambiental.
Zoneamento urbano	Vetor de crescimento mínimo.
Densidade populacional	Baixa.
Uso e ocupação das terras	Áreas devolutas ou pouco utilizadas.
Aceitação popular e entidades ambientais não governamentais	Boa.
Valor da terra	Baixo.
Declividade do terreno (%)	Adequada: 1 ≥ declividade ≤ 20. Possível: 20 ≥ declividade ≤ 30. Não recomendado: declividade menor que 1 e maior que 30.
Distância aos cursos d'água (córregos, nascentes e outros)	Depende de legislação específica estadual. Pelo Conama, mínima de 200 m.
Ventos predominantes	Devem ser da cidade para o local. Não devem possibilitar o transporte de poeiras e odores para a comunidade.
Acessibilidade	Fácil acesso em qualquer época do ano.
Solo	Predominantemente argiloso, impermeável e homogêneo.
Proteção contra enchentes	Não deve estar sujeito a inundações.
Lençol freático	Para aterros com impermeabilização por manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro. Para aterros com impermeabilização constituída por camada de argila compactada (10^{-6}cm/s), a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros. O nível do lençol freático deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região.
Aproveitamento futuro da área	Possibilidade de aproveitamento da área após o encerramento de operação do aterro.
Jazida	Disponibilidade de áreas para material de empréstimo (jazidas).

6.14.2 Definição de áreas do aterro: a importância da geologia

A escolha de locais apropriados para instalação de aterros sanitários exige a execução de estudos geológicos e geotécnicos detalhados, incluindo a execução de sondagens de simples reconhecimento (*Standard Penetration Test* – SPT), além de outras técnicas de investigação, quando pertinentes, como a realização de estudos geofísicos.

As normas brasileiras definem como áreas sensíveis, em que não podem ser instalados aterros sanitários, as áreas de recarga de aquíferos, áreas de proteção de mananciais, mangues e *habitat* de espécies protegidas, áreas de preservação permanente ou áreas de proteção ambiental.

A área deve ter um substrato rochoso fácil de escavar, de preferência impermeável, com um solo profundo e argiloso para ser usado na cobertura e na compactação das células de lixo. Considera-se, aproximadamente, a necessidade de um metro cúbico de material argiloso para cobrir 5 toneladas de lixo. Não existindo essa quantidade de material na área do aterro, deve ser buscada em outro local, ocasionando gastos com o transporte e o impacto ambiental de outra área.

A importância dos estudos na pré-seleção da área está na caracterização de atributos geológicos e geomorfológicos, hidrológicos, hidrogeológicos e operacionais favoráveis ao empreendimento. Nessa fase é fundamental caracterizar tipo e profundidade do solo, coeficiente de permeabilidade, movimentos de massa e erodibilidade, subsidências, condições de compactação, textura, declividade do terreno, existência de jazidas para material de recobrimento, planícies de inundação, afloramentos de rocha e matacões, substrato rochoso, drenagem, profundidade do nível de água, áreas de recarga de aquíferos, poços e nascentes, entre outros fatores.

O chorume, líquido efluente da massa de resíduos sólidos em decomposição, apresenta altas concentrações de matéria orgânica, podendo exibir consideráveis quantidades de íons de metais pesados, como chumbo, cobre, mercúrio, cromo, cádmio e níquel. A geração do chorume pode levar mais de 20 anos após o encerramento das atividades de disposição final, ao passo que os processos de autodepuração de um aquífero contaminado por chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos podem levar dezenas de anos.

Assim, do ponto de vista de proteção do meio ambiente, os aspectos fundamentais ligados à geologia durante a vida útil de um aterro sanitário são a análise da migração de contaminantes para a água subterrânea a partir dos locais de disposição de resíduos e a garantia da estabilidade dos locais usados para disposição de resíduos.

Com relação à água subterrânea, os aterros apresentam riscos ao meio ambiente, principalmente quando instalados em áreas hidrogeologicamente vulneráveis, isto é, áreas de recarga de aquíferos, ou áreas de aquíferos livres com pequena cobertura, com níveis estáticos rasos. De toda forma, no caso de aquíferos fissurais, cársticos (áreas calcárias) e sedimentares, os aterros devem ser instalados em regiões com níveis estáticos profundos.

A Figura 19 exemplifica diferentes situações hidrogeológicas e a possibilidade de contaminação dos aquíferos, correspondendo: A – aterro instalado sobre um aquífero poroso (areia e silte) com nível estático raso; B – aterro sobre pacote argilo-arenoso; C – aterro sobre um aquífero fraturado (fissural); e D – aterro instalado sobre substrato arenoso com camadas inclinadas, área de recarga de aquífero.

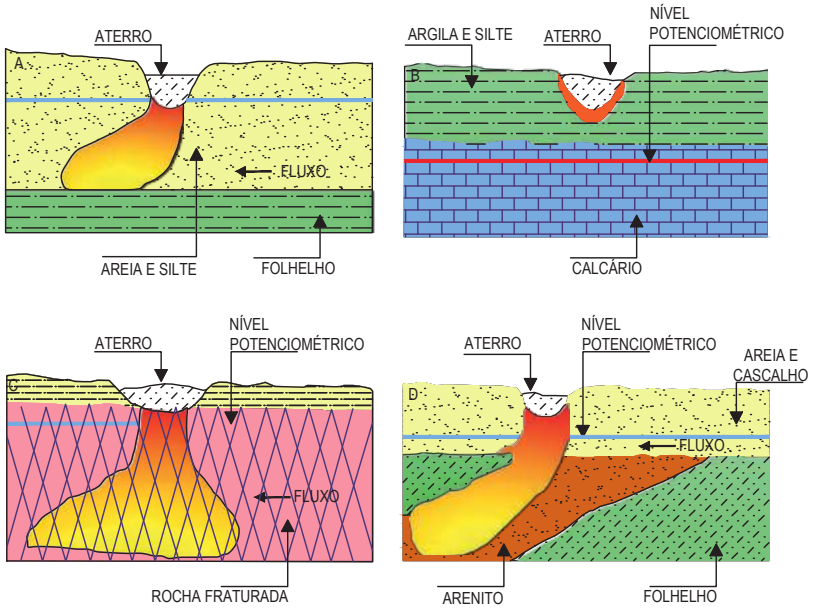


Figura 19 – Relação entre diferentes estruturas geológicas e o transporte de contaminantes a partir de um aterro de resíduos.

Fonte: Adaptado de Santos, 2004.

A possibilidade de desestabilização dos taludes é um risco geológico a ser considerado durante a construção e a operação do aterro sanitário em função de processos de erosão e escorregamento. As áreas selecionadas devem ter solos com condições de estabilidade, que possibilitem sua escavação e capacidade para sustentação de taludes.

6.14.2.1 Critérios geológicos para seleção de áreas para aterros

A pesquisa do nível do lençol freático de uma área em que se pretende instalar um aterro pode ser feita a partir de sondagens na área, ou preliminarmente, por meio de pesquisa em bancos de dados de poços da região, complementada pelo cadastramento e pela medição da altitude dos níveis estáticos dos poços tubulares, cacimbões e fontes da área e seu entorno.

A partir desses dados é possível traçar um mapa de linhas equipotenciais (mapa potenciométrico), ou seja, de linhas de igual profundidade do nível da água subterrânea na região. Tal mapa caracterizará a direção do fluxo subterrâneo, que é perpendicular às linhas equipotenciais. A caracterização da direção do fluxo subterrâneo é fundamental para a locação dos poços de monitoramento das águas subterrâneas que deverão ser construídos no aterro.

Os poços de monitoramento devem ser em número suficiente e instalados adequadamente, de forma que as amostras retiradas representem a qualidade da água existente no aquífero mais alto. A área do aterro deve ser constituída de no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante no sentido preferencial do fluxo subterrâneo.

O monitoramento das águas subterrâneas deverá continuar por um período de 20 anos após o fechamento do aterro. Este período poderá ser reduzido, uma vez constatado o término da geração de líquido percolado, ou então estendido, caso se acredite ser insuficiente.

É fundamental o mapeamento geológico estrutural da área, a fim de se verificar a existência de descontinuidades rúpteis da rocha (falhas, fraturas e fissuras, abertas no local), pois essas facilitam a percolação do chorume e a possível contaminação da água subterrânea.

Os parâmetros do solo a serem analisados são: a heterogeneidade do perfil, as características granulométricas, a mineralogia, a permeabilidade, a capacidade de carga e a compactação, a presença de matacões, a compressibilidade, a colapsibilidade/expansibilidade e a salinidade. É importante também a análise das condições de erodibilidade e estabilidade do terreno.

A caracterização geomorfológica é muito importante na escolha da área de implantação do aterro. A topografia é fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem para a construção do aterro. Quanto menor for a declividade da área em análise, mais apta ela será para a implantação de um aterro sanitário. Essa consideração deve-se ao fato de que, em baixas declividades, as operações de movimentação de resíduos e solos são facilitadas, além de oferecer condições menos críticas para o sistema de drenagem.

O aterro não deve ser executado em áreas sujeitas a inundações, considerando-se períodos de recorrência de 100 anos. Depreende-se que áreas de planície aluvial, bem como áreas muito escarpadas, são impróprias para instalação de aterros, sendo favoráveis áreas de tabuleiros e de encostas suaves. Assim, faz-se necessário o mapeamento geomorfológico e a caracterização da drenagem com identificação dos divisores de água.

6.14.2.2 Laudo geológico e geotécnico para aterros sanitários

A investigação geológica e geotécnica do terreno selecionado para a implantação de um aterro sanitário é parte integrante do projeto de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. As investigações devem valer-se das técnicas correntes em geologia de engenharia, como: inspeção de reconhecimento, mapeamento detalhado de superfície, execução de sondagens diretas (poços e trincheiras, sondagens a trado, à percussão e rotativa) e indireta (métodos geofísicos), ensaios *in situ* (resistência à penetração, infiltração) e laboratoriais (granulometria e resistência à compressão).

O modelo para laudo ou parecer geológico e geotécnico deve considerar os seguintes itens:

a) **Localização e vias de acesso**: apresentar um levantamento planialtimétrico georreferenciado, com indicação da área do aterro sanitário e sua vizinhança.

b) **Geomorfologia/relevo**: caracterizar as formas de relevo regionais e local, identificando divisores de água, zonas alagadas e zonas sujeitas a inundações. Caracterizar a declividade do terreno e os processos da dinâmica externa atuantes na área, como erosão, escorregamentos, riscos de ruptura, análise de estabilidade de taludes.

c) **Clima:** caracterização da pluviometria, direção dos ventos, evapotranspiração potencial.

d) **Vegetação:** caracterização da cobertura vegetal, indicando possíveis áreas de preservação.

e) **Hidrografia**: caracterização do escoamento superficial, da bacia de drenagem, tipo de rede de drenagem e distância dos principais cursos d'água e outras coleções hídricas.

f) **Geologia regional**: formações geológicas do embasamento e coberturas sedimentares, estratigrafia.

g) **Geologia local:** litologias, estruturas (descontinuidades, fraturas, falhas, fissuras), perfil e espessura do solo, existência de afloramentos e possibilidade de matacões, entre outros.

h) **Hidrogeologia regional e local**: principais aquíferos regionais, características em relação à homogeneidade e superfície potenciométrica. Características de porosidade e permeabilidade. Importância deles para o abastecimento público e do ponto de vista econômico. Hidroquímica, cadastro de poços, caracterização da área em termos de recarga de aquíferos.

i) **Possibilidades de infiltração**: cadastro de poços da área e do entorno dos aquíferos. Profundidade do nível da água. Vulnerabilidade natural. Apresentar mapa potenciométrico, indicando a direção predominante do fluxo de águas subterrâneas.

j) **Caracterização dos solos:** granulometria, variação do perfil do solo, mineralogia, pH, condutividade elétrica, camadas compressíveis, colapsividade/expansibilidade, potencial de erodibilidade, condutividade hidráulica, permeabilidade.

k) **Campanha de sondagens:** quantidade e locação dos furos e respectivas cotas de topo em planta planialtimétrica. Perfis descritivos de cada sondagem. Testes de absorção.

l) **Jazidas de material de recobrimento:** características (conforme as do solo), espessura, distância ao local do aterro, possibilidade de compactação.

m) **Conclusão e parecer final**: conclusão quanto à recomendação ou não da área para a instalação do aterro e proposição de medidas de adequação. Locação dos poços de monitoramento.

n) **Anexos:** além das plantas perfis, devem constar: mapa geológico com indicação das estruturas e dos poços e pontos de água; locação dos poços de monitoramento. Mapa potenciométrico com a indicação das linhas de fluxo; mapa de vulnerabilidade dos aquíferos e fotografias.

6.14.3 Disposição dos resíduos sólidos em aterros de pequeno porte

Consiste no confinamento dos resíduos sólidos em valas escavadas, tendo comprimento variável, com largura e profundidade proporcionais à quantidade de resíduo a ser aterrado. Este método é muito utilizado em cidades de pequeno porte; no entanto, não isenta as construções complementares, como cerca de proteção, cerca verde, drenagem de água pluvial, drenagem e tratamento de percolados, drenagem do gás e construção de poços de monitoramento.

Admite-se a disposição final em valas, de forma excepcional, com a devida aprovação do órgão ambiental, para os municípios ou consórcios com população urbana que gerem até 20 toneladas por dia de resíduos e que não disponham de aterro sanitário licenciado. Essa alternativa deve obedecer aos critérios estabelecidos na legislação.

6.14.4 Tratamento do chorume

Para a previsão do volume de líquido a ser tratado, considera-se o chorume que é gerado na decomposição da matéria orgânica e pelo lixiviado decorrente da percolação de líquidos no interior do aterro. Normalmente o volume de líquidos gerados varia com a precipitação pluviométrica, a evaporação, o escoamento superficial e a umidade dos resíduos aterrados. Em geral, é previsível uma elevação do teor de carga orgânica do chorume entre cinco e oito anos e, em seguida, decréscimos sucessivos até a completa estabilização, em períodos da ordem de 30 anos ou mais. A complexidade dos processos interativos físicos, químicos e biológicos envolvidos na geração do chorume, bem como de seu fluxo hidráulico em um meio intrinsecamente heterogêneo, explica a grande variação dos valores das concentrações dos constituintes do chorume. Nos aterros sanitários convencionais, tem-se variações da DBO_5 de 2.000 a 30.000 mg/l; da DQO, de 3.000 a 60.000 mg/l; da dureza total, de 100 a 10.000 mg/l; e do nitrogênio amoniacal, de 10 a 800 mg/l.

Nas cidades de pequeno porte normalmente são utilizadas as unidades de tratamentos mais simples possíveis, que reduzam as cargas orgânicas no nível aceitável pela legislação. O tratamento mais comum ainda é composto de lagoas de acumulação, anaeróbias e facultativas, além das outras alternativas.

6.14.5 Sistema de drenagem de gases e tratamento

Embora o biogás gerado nos aterros sanitários tenha composição e taxa de geração bastante variável ao logo do tempo, pode-se defini-lo como uma mistura heterogênea de gases, cujos principais componentes são o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2). Os diversos outros gases que compõem usualmente esta mistura (tais como NH_3, H_2S, N_2 e H_2), comparecem em percentuais quase sempre desprezíveis (traços).

Sua exploração a partir de aterros sanitários exige importantes investimentos, tanto na instalação e na manutenção do sistema de captação (por sucção forçada), quanto na instalação e na operação da unidade de beneficiamento do biogás para extração desse gás específico e seu acondicionamento em recipientes sob alta pressão; ou queima direta em caldeiras, para a geração de energia elétrica ou térmica.

O sistema de drenagem e tratamento desses gases constitui-se de:

a) Uma malha de drenos verticais (chaminés) de captação e escoamento, que perpassem o maciço do aterro em toda sua altura, dispostos de tal maneira que preferivelmente coincidam, em sua base, com a rede coletora de chorume, e que a distância desses drenos entre si não exceda 30 m.

b) Queimadores especiais de gases, de construção e operação relativamente simples, dispostos diretamente sobre a extremidade superior de cada um dos referidos drenos verticais, em cada etapa de execução do aterro, destinados a possibilitar a combustão controlada do biogás bruto à medida de sua geração.

6.14.6 Principais parâmetros para elaboração de projetos de aterros sanitários

Os requisitos mínimos para nortear a elaboração de projetos para aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos são:

a) **Informações gerais do empreendimento:**

- Aspectos ambientais.
- Aspectos econômicos.
- Aspectos sociais.

b) **Estudos preliminares:**

- Estudo específico de uma área já selecionada, a qual será analisada visando à obtenção de dados que confirmem sua escolha e deem subsídios para a elaboração dos projetos básico e executivo.

c) **Levantamento topográfico:**

- Possibilita a visualização em planta da área selecionada para implantação do aterro. Deve conter os limites e a localização da área georreferenciada e o levantamento planialtimétrico com a definição das curvas de nível a cada metro.

d) **Estudos ambientais:**

- Meio físico: avaliação preliminar do local em que será implantado o aterro sanitário e sua área de influência, sendo que nesta etapa deverão ser realizados sondagens e ensaios laboratoriais. Os elementos que deverão ser estudados são: clima; recursos hídricos; pedologia; geologia e geotecnia; e hidrogeologia.
- Meio biótico: identificação das espécies da fauna e flora existentes na área do aterro e nas proximidades.
- Meio antrópico: levantamento de aspectos sociais e demográficos da população que será atendida e afetada pelo aterro.

e) **Caracterização física dos resíduos sólidos:**

- Produção e composição gravimétrica dos resíduos sólidos.
- Metodologia de análise gravimétrica.

f) **Concepção do projeto:**

- Descrição sucinta da concepção básica do projeto de aterro sanitário a ser adotado, considerando aspectos como: vias e acessos; movimento de terra; movimentação de veículos; implantação, operação e monitoramento do empreendimento.

g) **Infraestrutura necessária:**

- Descrição sucinta das instalações físicas das estruturas de apoio.

h) **Elaboração do projeto do aterro sanitário:**

- Detalhamento da proposta em níveis básico e executivo.

6.14.6.1 Projeto básico

O projeto básico deve basear-se nos estudos preliminares, que contêm os elementos descritivos e de dimensionamento.

a) **Dimensionamento da estrutura de apoio:** cerca perimetral; cinturão verde; guarita; balança rodoviária; administração, entre outros.

b) **Dimensionamento da estrutura do aterro sanitário:** constando dos elementos que compõem o aterro sanitário, de acordo com as normas e legislações vigentes: movimento de terra; sistema viário (largura das vias e declividade); células de aterramento; sistema de drenagem de águas pluviais; sistema de drenagem de gases e sistema de drenagem de líquidos percolados e seu tratamento, contendo:

- Determinação da vazão de chorume utilizando o método do balanço das águas.
- Dimensionamento dos drenos internos e anelares das células, dos poços de captação e tubulações que escoam o chorume até o tratamento.
- Dimensionamento da estação de tratamento de líquidos considerando a vazão e as características do chorume, com o objetivo de adequar o efluente tratado aos parâmetros da legislação.

c) **Planejamento da ocupação do aterro sanitário:** o plano de ocupação do aterro deve definir as etapas de implantação das células, do sistema viário, dos sistemas de drenagem de águas pluviais, chorume e gases.

A concepção do aterro em células possibilita a implantação em etapas proporcionando a elaboração de um cronograma físico e financeiro compatível com a capacidade do município. Para a ocupação das células, deve-se dimensionar a largura da frente de serviço e do pátio de descarga do lixo.

d) **Dimensionamento da vida útil do aterro sanitário:** o dimensionamento da vida útil do aterro é obtido por meio da estimativa da produção de lixo a cada ano e do cálculo do volume útil de cada célula.

6.14.6.2 Projeto executivo

O projeto executivo deve detalhar o projeto básico, com o objetivo de possibilitar a implantação do aterro.

a) **Memorial descritivo** – documento em que são descritos os elementos que compõem o projeto e as atividades que deverão ser executadas para a implantação do projeto.

b) **Memorial de cálculo** – descrição dos parâmetros adotados e os procedimentos de cálculo utilizados no dimensionamento das estruturas e dos sistemas que compõem o aterro.

c) **Especificações técnicas** – dos serviços e materiais de construção que serão utilizados na operação do aterro.

d) **Orçamento** – orçamentação dos elementos que compõem o projeto, a composição do custo de operação do aterro e um cronograma físico-financeiro para a implantação da obra.

e) **Plano de operação** – procedimentos que deverão ser adotados durante a operação do aterro sanitário. No plano de operação devem ser destacadas as medidas mitigadoras previstas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), quando for o caso, a ser obrigatoriamente elaborado, e os procedimentos de manutenção das estruturas do aterro.

f) **Plano de monitoramento** – estabelece as diretrizes gerais e a sistemática para o desenvolvimento do monitoramento, que deverá ser dividido da seguinte forma:

- Monitoramento de recursos naturais – visa ao acompanhamento da evolução das condições naturais da área, servindo para avaliar a eficiência das medidas mitigadoras;
- Monitoramento do processo de operação – consiste na avaliação constante dos padrões de eficiência do tratamento dos resíduos. O projeto executivo deverá incluir a elaboração de plantas da área do aterro, mostrando a construção inicial e gradual das células de disposição de resíduos sólidos e as plantas da terraplanagem final para o encerramento. Também deverão ser apresentados cortes da área mostrando esses vários estágios da vida do aterro. As plantas e os cortes serão elaborados para diversas finalidades, tais como: 1) auxiliar a equipe de projeto a elaborar solução ótima para a construção, a operação e o encerramento das instalações de disposição de resíduos sólidos na área de cada aterro; 2) revisar o método recomendado para as obras na área, por meio de uma comissão técnica de acompanhamento.

g) **Plano de encerramento do aterro sanitário** – inclui desenhos, especificações técnicas e instruções em um Manual de Operação, necessários para o encerramento da área. Uma vez que a área será operada durante um razoável período de tempo, será elaborado um sistema de encerramento por etapas, semelhante ao programa em etapas para a construção das células de disposição de resíduos sólidos.

h) **Manual de Operação do Aterro Sanitário** – deve incluir uma seção sobre o encerramento do aterro. Esta seção deve descrever o encerramento por etapas de cada célula do aterro, incluindo informações sobre processos de construção, especificação de materiais e cronograma previsto para encerramento. Além disso, esta seção deverá incluir informações

sobre a manutenção de partes encerradas da área, incluindo corte rotineiro da vegetação para evitar o estabelecimento de pequenas árvores que possam danificar a cobertura final. O Manual de Operação também deverá incluir os requisitos de inspeção e procedimentos de reparos para manter a integridade da cobertura final do aterro, como o conserto de áreas atingidas pela erosão e o restabelecimento da vegetação em locais que assim necessitem:

- O Manual de Operação também deverá incluir especificações técnicas dos vários tipos de materiais necessários para o encerramento do aterro, incluindo os materiais para cobertura final, sistema de controle da água de superfície e outros.
- Serão exigidas sondagens tipo SPT e ensaios de permeabilidade do solo na área em que for ser implantado o empreendimento, após o estudo locacional, que selecione a área conforme as restrições legais, os condicionantes ambientais e os condicionantes tecnológicos, de acordo com a legislação vigente.

6.14.7 Recuperação de áreas degradadas por lixões

Visando à correta disposição final e à manutenção do meio ambiente, os antigos vazadouros ou lixões estão sendo encerrados e recuperados ambientalmente. Entretanto, a recuperação total da área para a mesma condição anterior ao descarte irregular é, em geral, impossível, devido ao volume de resíduos descartados ao longo dos anos.

Assim, a recuperação ambiental dessas áreas exige o conhecimento do local e do grau de contaminação do solo e da água da área de abrangência. Desse modo, é possível avaliar quais técnicas serão mais adequadas para a atenuação dos impactos ambientais e sociais provocados pelo descarte irregular dos resíduos sólidos.

6.14.7.1 Conjunto de medidas que devem ser implementadas

a) **Diagnóstico ambiental e social** – nessa etapa são feitos um levantamento e uma análise das informações que caracterizam a área de abrangência, como topografia, sondagens, nível e fluxo da água subterrânea, e suas relações com o meio e com as pessoas. Deverão ser identificados e quantificados os impactos ambientais, e descritos seus mecanismos bio-físico-químicos predominantes.

b) **Controle operacional** – instalações e infraestrutura deverão ser providenciadas de modo a regularizar a área e seu entorno. Suspensão imediata da deposição de resíduos no local, isolamento da área com cerca ou muro, instalação de guarita de controle de acesso e segurança, implantação de vias de acesso e iluminação, instalação de drenagem superficial no entorno e cortina vegetal são algumas dessas medidas.

c) **Recuperação ambiental** – limpeza da área perimetral e dos corpos d'água nas proximidades, remoção de resíduos perigosos aparentes na massa de resíduos, compactação e recobrimento da camada de resíduos, conformação de células e taludes, instalação do sistema de drenos de gases e líquidos percolados nessa camada, descontaminação da área por meio de processos de biorremediação e revegetação da área ou entorno com espécies pioneiras da região:

   - **Biorremediação "*in situ*"** – consiste em promover o crescimento ou a introdução de micro-organismos na área contaminada com o objetivo de acelerar os processos biológicos de descontaminação.
   - **Biorremediação "*ex situ*"** – quando há remoção do material contaminado e o tratamento é realizado fora do local de origem. É mais dispendiosa que a biorremediação *in situ*.

d) **Assistência social aos catadores** – considerados como agentes essenciais à gestão dos resíduos sólidos, os catadores deverão ser ressocializados e requalificados para participar do gerenciamento dos materiais recicláveis.

e) **Monitoramento e controle ambiental** – a instalação de poços de monitoramento e queimadores de gases é requisito para o monitoramento e o controle ambiental. Sua instrumentação vai permitir o acompanhamento sistemático dos indicadores da recuperação ambiental e subsidiar decisões para garantir a sua eficiência.

O Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD) deve constar na forma de um projeto para o uso futuro da área, com a finalidade de: ocupação com equipamentos para destinação social, como atividades de educação, esporte, lazer e recreação; monitoramento da evolução da massa de resíduos; e manutenções periódicas ou corretivas dos taludes e da vegetação.

Referências bibliográficas

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos**. Porto Alegre: ABES, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13230**: simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997a.

_____. **NBR 13896**: aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997b.

_____. **NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 10004:** resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. **NBR 15113**: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

_____. **NBR 9690**: impermeabilização: mantas de polímeros para impermeabilização (PVC). Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 15849**: resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte: diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 12809**: resíduos de serviços de saúde: gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007.

_____. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos 2011**: tabelas de informações e indicadores. Brasília: MCidades, 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 358,** de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília: MMA, 2005.

_____._____. _____. **Resolução nº 404**, de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Brasília: MMA, 2008.

_____. _____. _____. **Resolução nº275**, de 2001. Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em 10 out. 2018.

_____. _____. _____. **Resolução Conama nº358**, de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição fi nal dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: < http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>. Acesso em 10 out. 2018.

_____. _____. **Agenda ambiental na administração pública**. 5. ed. Brasília: MMA, 2009.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 306**, de 7 de dezembro de 2004. Brasília: MS, 2004. Seção 1, p. 49.

_____. _____. _____. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Anvisa, 2006.

_____._____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa 2015. 642p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento**: normas e diretrizes. 3. ed. rev. 1ª reimp. Brasília: Funasa, 2007. 408p.

CAMPOS, H. K. T. Estudos preliminares para seleção de alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos. *In:* ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Disposição final de resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: ABES, 1992. p. 1-12.

CAMPOS, H. K. T. *et al.* **Gestão de resíduos sólidos com ênfase em aterros sanitários, em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Funasa; Assemae, 2013.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B. (coord.). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, 280p.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370p.

EESC – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. **Reciclagem de resíduos de construção**. São Carlos: EESC, 1997.

FRITSCH, P. R. C. **A temperatura como parâmetro acessível e possível de ser utilizado no controle do processo de compostagem em municípios de pequeno e médio porte**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2006.

GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. *In:* CASTILHOS JUNIOR, A. B. (Coord.). **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 280p.

HAMADA, J. Resíduos sólidos: conceituação e caracterização. Bauru: Unesp, 2003. 18 p. (apostila).

JESUS, D. G. **Plano de gestão de resíduos urbanos**. [s.l.]: [s.n.], 2012.

KATAOKA, S. M. **Avaliação de áreas para disposição de resíduos:** proposta de planilha para gerenciamento ambiental aplicado a aterro sanitário industrial. 2000. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004.

LEITE, J. C.; ZUQUETTE, L. V. Prevenção da contaminação e poluição de aquíferos: a utilização de liners. **Geociências**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 167-178, 1995.

LEONEL, M. **Proteção ambiental**: uma abordagem através da mudança organizacional relacionada aos resíduos sólidos para qualidade em saúde. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MASSUNARI, I. S. Pesquisa e seleção de áreas para aterro sanitário. **Revista Limpeza Pública**, v. 54, p. 17-22, 2000.

MONTEIRO, J. H. R. P.; ZVEIBIL, V. Z. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NETO, A. V. S. L.; ONUKI, C. G. **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.** Carrapateira: [s.n.], 2010.

OSÓRIO, S. D. **Apresentação da aula de resíduos de serviços de saúde de ciências e biologia**. Osasco: Escola Estadual Major Telmo Coelho Filho, 2011. Disponível em: <http://santhdalcin.blogspot.com.br/>. Acesso em: 9 fev. 2015.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **Termo de referência para elaboração de projetos básicos e executivos para aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos**. João Pessoa: Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente, [s.d.].

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Londrina: UEL, [s.d.].

REIS, R. N. N. **Uma consultoria sobre resíduos sólidos**. Brasília: Funasa, 1998.

SANTOS, C. B. **Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas, causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de Feira de Santana – BA**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23390>. Acesso em: 4 fev. 2015.

SANTOS FILHO, M. G. **O impacto na qualidade das águas subterrâneas gerado pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos no município de Tatuí-SP**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SÃO PAULO. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação, 2002.

SILVA, N. L. S. **Aterro Sanitário para Resíduos Sólidos Urbanos – RSU:** matriz para seleção da área de implantação Feira de Santana. 2011. Bacharelado (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011. Disponível em: <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/NORMA%20LA%C3%8DS%20DA%20SILVA%20E%20SILVA.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2015.

TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN H. AND VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. New York: McGrall-Hill, Inc., 1993. 949p.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. **Reclamation of Municipal Refuse by Composting**. Technical Bulletin, v. 9, Berkeley, California, 1953

7 Artrópodes

7.1 Introdução

Os artrópodes formam o grupo animal possuidor do maior número de espécies conhecidas. Cerca de 80% da fauna mundial é constituída por estes animais. Desse total, a grande maioria é representada pelos insetos, que perfazem mais de 70% das espécies conhecidas. Vivendo e adaptando-se em grande número de ambientes ecológicos, eles mantêm relações estreitas com os demais seres vivos, entre os quais está o próprio homem.

O filo Arthropoda, do grego *arthros* (articulado) e *podos* (pés, patas, apêndices), pode ser classificado em cinco classes, representado por animais como os gafanhotos (**classe *Insecta***), as aranhas (**classe *Arachnida***), os caranguejos (**classe *Crustacea***), as centopeias (**classe *Chilopoda***) e os piolhos-de-cobra (**classe *Diplopoda***), bastante diferentes entre si. Esses animais apresentam certas características comuns que permitem agrupá-los nesta categoria zoológica, sendo os únicos que apresentam exoesqueleto quitinoso.

Neste capítulo focaliza-se principalmente as classes *Insecta* e *Arachnida*, que apresentam o maior número de espécies de importância médica e veterinária.

7.2 Importância

Muitos artrópodes têm importância médica por causar ou transmitir organismos patogênicos ao homem, e as distintas formas com que os artrópodes podem estar envolvidos com a saúde e o bem-estar do homem podem classificá-los em três grupos:

Grupo (A) – agentes diretos de doenças ou moléstias:

- **Entomofobia:** causam incômodos e preocupações que podem levar ao desequilíbrio nervoso, em ocasiões, com alucinações sensoriais.
- **Mal-estar e perda de sangue:** os ruídos ou a presença de insetos dentro das casas provocam mal-estar aos moradores, e a picada de carrapatos sobre os animais pode levar à perda de sangue.
- **Dano acidental aos órgãos dos sentidos:** alguns insetos podem entrar acidentalmente nos olhos ou ouvidos, causando dores e lesões.
- **Envenenamento:** as substâncias químicas produzidas por artrópodes podem ser introduzidas no corpo humano pela mordedura (aranhas), ferrão (abelhas), contato (pelos urticantes das lagartas) e lançamento ativo (meio de defesa de algumas formigas).
- **Dermatoses:** causam vários tipos de irritações na pele pela picada, mordedura, contato, secreções ou invasões.
- **Miíases e infestações associadas:** invasões de órgãos e tecidos do homem por larvas.
- **Alergias e condições associadas:** os constituintes corporais dos artrópodes causam reações alérgicas nos humanos e em outros vertebrados.

Grupo (B) – artrópodes como vetores:

- O papel como vetores de patógenos, como os mosquitos *Anopheles* em relação à malária, e como hospedeiro intermediário, como certos coleópteros são hospedeiros intermediários de helmintos.

Grupo (C) – artrópodes como inimigos naturais:

- **Competidores:** quando membros de uma mesma espécie têm as mesmas exigências alimentares, eles se tornam naturalmente competidores entre si. O mesmo conceito aplica-se a indivíduos de espécies diferentes, mas com o mesmo tipo de alimentação.

- **Parasitas:** quando o hóspede retira o alimento do organismo do hospedeiro, causando-lhe perturbações no funcionamento e lesões nos tecidos, recebe o nome de ectoparasita aquele que se instala na superfície externa do hospedeiro, e endoparasita aquele que procura localizar-se no interior do corpo do hospedeiro, escolhendo as cavidades naturais, gerais ou a intimidade dos tecidos.
- **Predadores:** processo pelo qual uma espécie animal alimenta-se de outra, destruindo-a. Quando ocorre dentro da mesma espécie, recebe o nome de canibalismo, e quando a alimentação se processa sobre indivíduos mortos, o processo denomina-se necrofagismo ou necrofagia.

7.3 Classe *Insecta*

A classe *Insecta* ou *Hexapoda* é formada por artrópodes com o corpo dividido em três regiões distintas: cabeça, tórax e abdômen; um par de antenas; e três pares de pernas.

A classe *Insecta* é dividida em dois grupos: o dos *Apterygota*, formado pelos indivíduos primitivamente desprovidos de asas; e o dos *Pterygota*, em que se reúnem as formas aladas ou secundariamente ápteras.

O número de ordens da classe *Insecta* apresenta variações de acordo com os diferentes autores, porém neste capítulo trataremos das ordens que encerram representantes de interesse médico e veterinário.

7.3.1 Ordem *Díptera*

A ordem *Díptera* seguramente está entre os grupos taxonômicos com maior diversidade e abundância, ocupando a segunda maior ordem na classe *Insecta*, possuindo mais de 151.000 espécies descritas.

7.3.1.1 Família *Culicidae*

Os mosquitos são insetos dípteros, pertencentes à família *Culicidae*, conhecidos também como pernilongos, muriçocas ou carapanãs. Os adultos são alados, possuem pernas e antenas longas, e, na grande maioria, são hematófagos, enquanto as fases imaturas são aquáticas. Seu ciclo biológico compreende as fases de ovo, quatro estágios larvais, pupa e fase adulta (Figura 1).

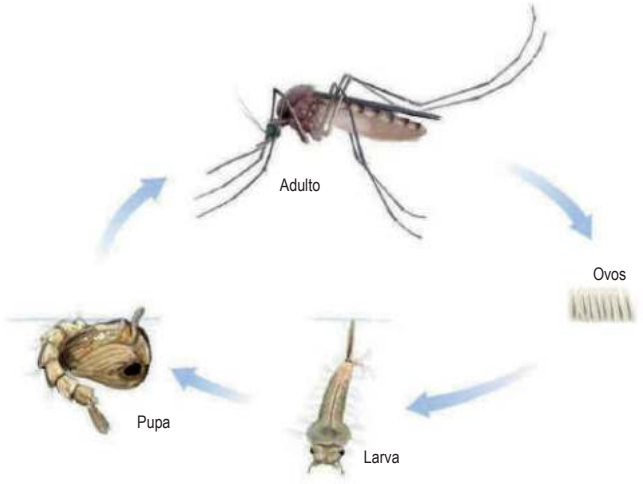


Figura 1 – Ciclo biológico de culicíneos.

Fonte: Santos, 2018.

Antigamente, a família *Culicidae* era composta por três subfamílias: *Culicinae, Anophelinae* e *Toxorhynchitinae*, sendo que somente nas duas primeiras as fêmeas apresentam comportamento hematofágico.

Atualmente os mosquitos da família *Culicidae* estão agrupados em duas subfamílias: *Culicinae* e *Anophelinae.*

Os componentes da subfamília *Anophelinae* são conhecidos como anofelinos, enquanto os da subfamília *Culicinae* são os culicíneos.

7.3.1.1.1 Subfamília Culicinae

A subfamília *Culicinae* compreende 11 tribos, que reúnem 41 gêneros e 3.023 espécies. No Brasil ocorrem oito tribos e 23 gêneros de *Culicinae*, os quais são relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tribos e gêneros de *Culicinae* com ocorrência no Brasil.

Tribos	Gêneros
Aedeomyiini	*Aedeomyia* (Theobald, 1901)
Aedini	*Aedes* (Meigen, 1918)
	Haemagogus (Williston, 1896)
	Ochlerotatus (Lynch-Anibálzaga, 1891)
	Psorophora (Robineau-Desvoidy, 1827)
Culicini	*Culex* (Linnaeus, 1758)
	Deinocerites (Theobald, 1901)
	Galindomyia (Stone e Barreto, 1969)
	Lutzia (Theobald, 1903)
Mansoniini	*Coquillettidia* (Dyar, 1905)
	Mansonia (Blanchard, 1901)
Orthopodomyiini	*Orthopodomyia* (Theobald, 1904)
Sabethini	*Isostomyia* (Coquillett, 1906)
	Johnhelkinia (Zavortink, 1979)
	Limatus (Theobald, 1901)
	Onirion (Peyton e Harbach, 2000)
	Runchomyia (Theobald, 1903)
	Sabethes (Robineau-Desvoidy, 1827)
	Shannoniana (Lane e Cerqueira, 1942)
	Trichoprosopon (Theobald, 1901)
	Wyeomyia (Theobald, 1901)
Toxorhynchitini	*Toxorhynchites* (Lahille, 1904)
Uranotaenini	*Uranotaenia* (Lynch-Arribalzaga, 1891)

Fonte: Adaptado de Harbach, 2007.

- **Gêneros e espécies da subfamília *Culicinae* de interesse sanitário.**

a) **Gênero *Aedomyia*.**

Nesse gênero somente a espécie *Aedeomyia squamipennis* ocorre no Brasil e nas Américas e foi incriminada como vetor de plasmódios de aves.

Essa espécie é ornitófila, com hematofagismo durante a noite, e as formas imaturas são encontradas principalmente em criadouros profundos e vegetação flutuante, como lagoas, bolsões de rios e igarapés.

b) **Gênero *Aedes*.**

As espécies do gênero *Aedes* de importância epidemiológica para as quais daremos atenção são:

1) ***Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762).**

É um mosquito cosmopolita, com ocorrência nas regiões tropicais e subtropicais, oriundo provavelmente da região etiópica (nordeste da África), tendo sido originalmente descrito no Egito, acompanhando o homem em sua migração pelo mundo, e permanecendo onde as alterações antrópicas propiciaram a sua proliferação.

Seus criadouros preferenciais são os recipientes artificiais produzidos pelo homem e preenchidos pelas águas das chuvas ou utilizados para armazenar água para uso doméstico.

Os adultos de *Ae. aegypti* apresentam tórax enegrecido, frequentemente ornamentado com manchas, faixas ou desenhos de escamas claras, geralmente branco-prateadas. A principal característica da espécie é uma nítida faixa curva branco-prateada de cada lado do tórax, e outra mais fina, reta, longitudinal, central, as quais formam a figura de uma lira (Figura 2).



Figura 2 – Fêmea adulta do mosquito *Aedes aegypti*.

Fonte: Valle,2015. <http://ioc.fiocruz.br/dengue/textos;aedesvetoresdoenca.html>

Uma fêmea de *Ae. aegypti* ingere entre 2 e 3 µl de sangue a partir do segundo dia de idade e libera cerca de 50 a 70 ovos, distribuídos aos poucos, em diferentes criadouros. Este tipo de comportamento irá aumentar as chances de sobrevivência dos seus descendentes, garantindo o sucesso reprodutivo e a dispersão.

Os ovos de *Ae. aegypti* são resistentes à dessecação, uma vez que podem permanecer viáveis por mais de um ano, sendo este um dos principais obstáculos para o seu controle, pois esta condição permite que o ovo seja transportado por grandes distâncias em ambiente seco.

2) ***Aedes albopictus* (Skuse, 1894).**

O mosquito *Ae. albopictus*, também conhecido como "tigre asiático", era restrito à Ásia e daí se espalhou para a Europa, a África, as Américas do Norte e do Sul, além da região do Caribe. Acredita-se que sua expansão esteja relacionada com o intenso comércio de pneus usados ao redor do mundo, podendo carrear ovos ou formas imaturas.

Aedes albopictus é uma espécie de mosquito que combina hábitos silvestres e urbanos, com capacidade de ovipor em criadouros naturais ou artificiais (Figura 3).



Figura 3 – Fêmea adulta do mosquito *Aedes albopictus*.

Fonte: Ignasse,2015. <http://www.sciencesetavenir.fr/sante/20100608.OBS5224/une-epidemie-de-chikungunya-est-elle-possible-en-france.html>.

Os ovos de *Ae. albopictus* são depositados em pequena quantidade em cada criadouro, ficam sobre a água ou aderidos à parede do recipiente. Apresentam resistência à dessecação por até 243 dias e a baixas temperaturas, capacidade conhecida como diapausa, caracterizada por estado de suspensão de funções e desenvolvimento. Provavelmente foi este fenômeno que permitiu ao *Ae. albopictus* colonizar rapidamente a região norte dos Estados Unidos.

Vários estudos laboratoriais demonstraram a competência vetora de *Ae. albopictus* para transmitir 23 arbovírus, entre eles destacamos o vírus da Chikungunya, da Zika, do Mayaro, da Encefalite Equina, da La Crosse e da Oroupoche.

- **Febre amarela.**

O *Ae. aegypti* é o principal vetor urbano do vírus da febre amarela, que é uma doença febril aguda de curta duração, com gravidade variável, causada por um arbovírus pertencente ao gênero *Flavivirus*, que se encontra disseminado em países da África e das Américas Central e do Sul. A doença é encontrada sob duas formas: febre amarela silvestre e febre amarela urbana.

Na forma urbana, o homem constitui-se no único hospedeiro. Os animais domésticos não parecem ser suscetíveis ao vírus amarílico.

Na forma silvestre, os primatas não humanos são os principais hospedeiros do vírus amarílico, principalmente os macacos pertencentes aos gêneros *Cebus* (macaco-prego), *Alouatta* (guariba), *Ateles* (macaco-aranha) e *Callithrix* (sagui).

Diversos mamíferos também são suscetíveis à doença, destacando-se os marsupiais e alguns roedores que funcionam possivelmente como reservatórios do vírus na natureza. Em áreas endêmicas e durante epidemias tem-se mostrado a participação do gambá, do porco-espinho e do morcego no ciclo silvestre da doença.

Nas áreas silvestres, os mosquitos do gênero *Haemagogus* (*Hg. janthinomys, Hg. albomaculatus* e *Hg. leucocelaenus*) e os do gênero *Sabethes* são os mais importantes na América Latina.

No Brasil, a espécie *Hg. janthinomys* é a que mais se destaca na manutenção do vírus, e, uma vez infectado, permanece assim por toda a vida (aproximadamente três meses), e pode manter o vírus por meio da postura de ovos infectados. Suas fêmeas podem voar longas distâncias (de até 11 km), inclusive entre áreas de florestas separadas por cerrados. O *Hg. albomaculatus* apresenta maior autonomia de voo que os demais vetores, por isso pode chegar ao domicílio ou peridomicílio para picar o homem.

Na África, 21 espécies de mosquitos africanos são capazes de transmitir o vírus da febre amarela. Os vetores são mosquitos do gênero *Aedes*, particularmente o *Ae. africanus*, que é responsável pela transmissão na copa das árvores, entre macacos, e o *Ae. simpsoni*, responsável pela transmissão da doença dos macacos para o homem (Figura 4).

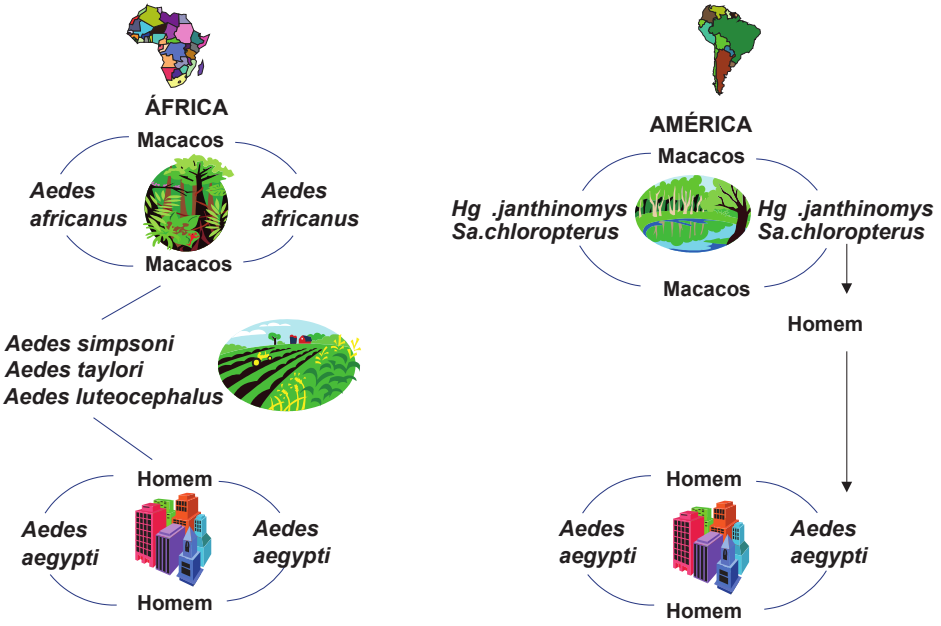


Figura 4 – Representação de ciclo silvestre e urbano da febre amarela e seus principais vetores na África e na América.

Fonte: SVS (Brasil, 2004).

Em relação ao *Aedes albopictus*, ainda não se sabe qual o papel que ele pode desempenhar na transmissão da febre amarela. Por sua ampla valência ecológica, adaptando-se facilmente aos ambientes rural, urbano e periurbano, presume-se que possa servir de ponte entre os ciclos silvestre e urbano da doença. Estudos realizados em laboratório já demonstraram sua capacidade de transmitir o vírus amarílico.

- **Dengue.**

A Dengue é uma doença única com diferentes manifestações clínicas e muitas vezes com evolução e resultados imprevisíveis. A classificação atual da Organização Mundial da Saúde (OMS) considera duas categorias: Dengue e Dengue Grave. As infecções pelo vírus podem ser caracterizadas por febre alta, dores de cabeça, dor atrás dos olhos, dores musculares e articulares intensas e manchas na pele, é possível ocorrer manifestações hemorrágicas, hepatomegalia, insuficiência cardíaca e ocasionalmente choque, podendo levar à morte.

A doença tem como agente etiológico um arbovírus do gênero *Flavivirus* da família *Flaviviridae*, do qual existem quatro sorotipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. A transmissão do hospedeiro vertebrado para o vetor ocorre quando a fêmea contamina-se ao picar um indivíduo infectado que se encontra na fase virêmica da doença, tornando-se, após um período de dez a 14 dias, capaz de transmitir o vírus por toda a sua vida, durante a hematofagia, por meio da saliva contaminada.

- **Febre Chikungunya.**

A Febre Chikungunya é uma doença emergente transmitida por mosquitos e causada pelo vírus Chikungunya (CHIKV), um vírus ARN que pertence ao gênero *Alfavirus* da família *Togaviridae*. Esta enfermidade é transmitida principalmente pelos mosquitos *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, as mesmas espécies envolvidas na transmissão da Dengue.

O nome Chikungunya deriva de uma palavra do idioma Makonde, do grupo étnico que vive no sudeste da Tanzânia e norte de Moçambique. A tradução significa "aquele que se encurva" e descreve a aparência inclinada das pessoas que sofrem da característica e dolorosa artralgia.

O reservatório principal do CHIKV são os seres humanos durante os períodos epidêmicos. Nos períodos interepidêmicos, diversos vertebrados têm sido implicados como reservatórios potenciais, incluindo primatas não humanos, roedores, aves e alguns pequenos mamíferos.

Os mosquitos, ao adquirir o vírus de um hospedeiro em virêmia, passam por um período de incubação extrínseca médio de dez dias. Depois deste período, o mosquito é capaz de transmitir o vírus a um hospedeiro suscetível, como um ser humano. Os sintomas da doença aparecem geralmente depois de um período de incubação intrínseca de três a sete dias (variando de 12 dias) – Figura 5.

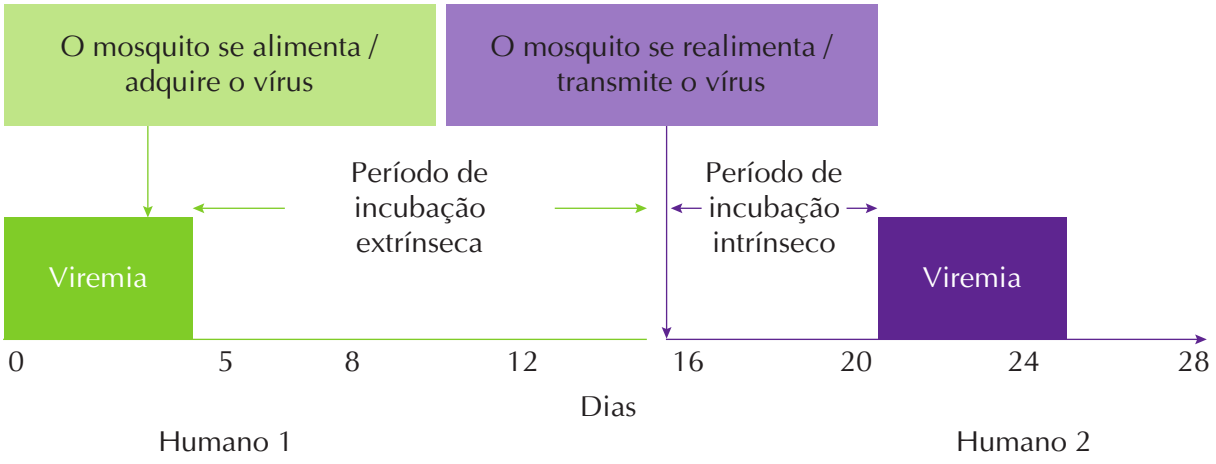


Figura 5 – Períodos de incubação extrínseco e intrínseco do vírus Chikungunya.

Fonte: Brasil, 2014.

Estudos sorológicos indicam que nem todos os indivíduos infectados desenvolvem os sintomas da doença, e que entre 3% e 28% das pessoas têm infecções assintomáticas. Os indivíduos com infecções agudas por CHIKV com manifestações clínicas ou assintomáticas podem contribuir na disseminação da doença se os vetores estão presentes e ativos na área.

O CHIKV pode causar enfermidade aguda, subaguda e crônica. A enfermidade aguda geralmente se caracteriza por início súbito de febre alta (tipicamente superior a 39ºC) e dor articular severa. Outros sinais e sintomas podem incluir cefaleia, dor difusa nas costas, mialgias, náuseas, vômitos, poliartrites, erupções e conjuntivites. A fase aguda dura entre três e dez dias. O vírus Chikungunya pode causar manifestações subaguda e crônica.

Em raras ocasiões podem ocorrer formas graves da enfermidade, com manifestações atípicas. Considera-se que as mortes relacionadas com infecção por CHIKV são raras. No entanto, há registro do aumento nas taxas brutas de mortalidade durante as epidemias na Índia e nas Ilhas Maurício.

O CHIKV pode afetar as mulheres e os homens de todas as idades. No entanto, considera-se que a manifestação clínica varia com a idade, sendo os indivíduos muito jovens (neonatos) e os anciãos mais propensos a desenvolver formas graves. Além da idade, tem-se identificado as comorbidades como fatores de risco para uma evolução desfavorável.

- **Febre do Zika Vírus.**

A febre do Zika Vírus é uma doença viral aguda, transmitida principalmente pelos mosquitos *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, caracterizada por exantema maculopapular pruriginoso, febre intermitente, hiperemia conjuntival não purulenta e sem prurido, artralgia, mialgia e dor de cabeça.

A maior parte dos casos apresenta evolução benigna e os sintomas geralmente desaparecem espontaneamente após um período entre três e sete dias. No entanto, observa-se a ocorrência de óbitos pelo agravo, aumento dos casos de microcefalia e de manifestações neurológicas associadas à ocorrência da doença.

c) **Gênero *Psorophora*.**

O gênero *Psorophora* possui aproximadamente 50 espécies. São mosquitos robustos, os maiores mosquitos hematófagos do Brasil, extremamente vorazes, e sua picada é muito dolorosa. São agrupados em três subgêneros:

1) ***Psorophora*:** as espécies encontradas nas baixadas e áreas rurais brasileiras são *Ps. ciliata* e *Ps. cilipes*, que atacam principalmente ao pôr do sol; não parecem estar comprometidas com a transmissão de patógenos ao homem.

2) ***Grabhamia*:** as espécies *Ps. confinnis* e *Ps. cingulata*, devido ao seu oportunismo em relação à hematofagia, produzem problemas para o trabalho do homem, e não têm sido incriminadas como transmissoras de patógenos ao homem.

3) ***Janthinosoma*:** a espécie *Psorophora ferox* (Figura 6A) tem sido encontrada naturalmente infectada com Encefalite Equina Venezuelana, Encefalite Saint Louis, Rocio, Ilhéus, Mayaro e portando ovos de *Dermatobia hominis*, cujas larvas causam o berne. Outros *Psorophora (Janthinosoma)* têm sido incriminados como vetores de arbovírus; são eles: *Ps. lutzi* e *Ps. albipes* (Figura 6B).

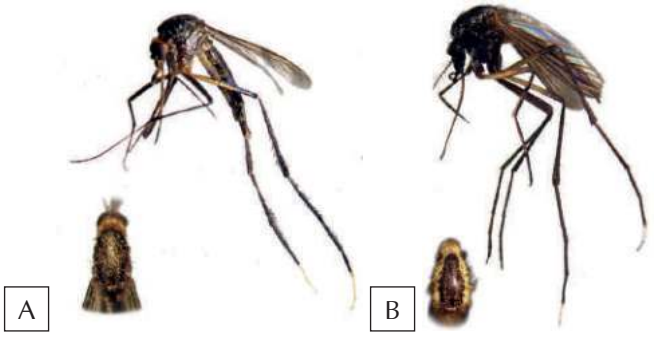


Figura 6 – *Psorophora ferox* e detalhe do mesonoto (A) e *Ps. albipes* e detalhe do mesonoto (B).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

d) **Gênero *Ochlerotatus*.**

As fêmeas desse gênero são vorazes, insistentes em obter sangue e oportunistas com atividade no crepúsculo vespertino, mas atacam, indiscriminadamente, de dia ou de noite. Parte das espécies tem ovos resistentes à dessecação.

Seus criadouros são principalmente os de caráter transitório, no solo. Algumas espécies criam-se em recipientes naturais ou artificiais. As principais espécies com ocorrência no Brasil são:

1) ***Ochlerotatus scapularis*:** encontrada naturalmente infectada com os vírus Caraparu, Ilhéus, Kairi, Maguari, Melao e Mucambo (Figura 7A).

2) ***Ochlerotatus serratus complex***: encontrada naturalmente infectada com os vírus Aura, Caraparu, Encefalite Venezuelana, Encefalite Saint Louis, Guama, Ilhéus, Mirim e Mucambo (Figura 7B).

3) ***Ochlerotatus taeniorhynchus***: encontrada naturalmente infectada com o vírus Encefalite Equina do Leste (Figura 7C).

4) ***Ochlerotatus argyrothorax***: encontrada naturalmente infectada com os vírus Ilhéus e Wyeomyia (Figura 7D).

5) ***Ochlerotatus septemstriatus***: encontrada naturalmente infectada com os vírus Apeu e Wyeomyia (Figura 7E).

6) ***Ochlerotatus fulvus***: encontrada naturalmente infectada com os vírus Melao, Febre Amarela, Encefalite Saint Louis, Ilhéus e Encefalite Equina do Oeste (Figura 7F).

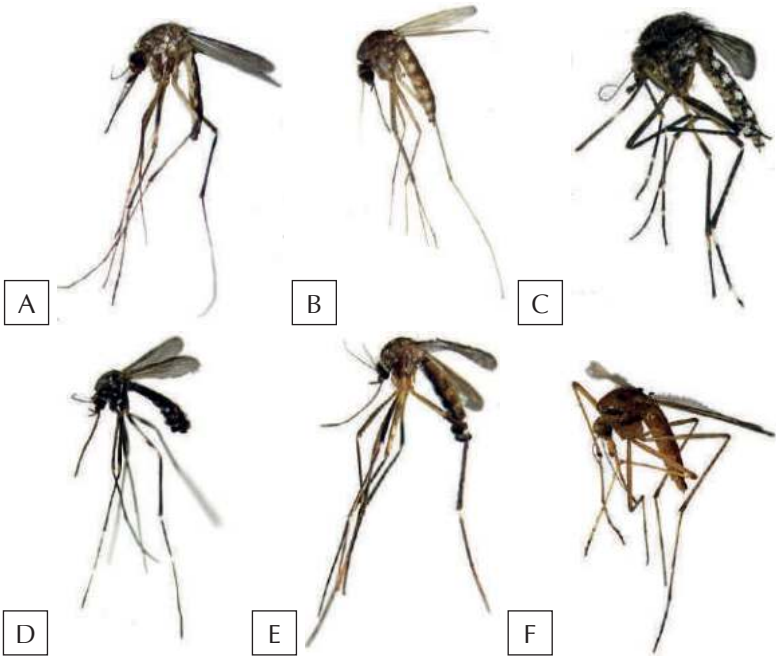


Figura 7 – *Ochlerotatus. scapularis* (A); *Oc. serratus complex* (B); *Oc. taeniorhynchus* (C); *Oc. argyrothorax* (D); *Oc. septemstriatus* (E); *Oc. fulvus* (F).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

e) **Gênero *Haemagogus*.**

São mosquitos de hábitos diurnos, silvestres e acrodendrófilos. Seus ovos resistem à dessecação e são colocados isoladamente, em recipientes naturais, buracos ou ocos de árvores. As principais espécies são:

1) ***Haemagogus janthinomys*:** encontrada naturalmente infectada com os vírus da Febre Amarela, Codajas, Jurara e Mayaro. É um vetor-reservatório da febre amarela silvestre no Brasil (Figura 8A).

2) ***Haemagogus albomaculatus*:** é vetor local da febre amarela, pois foi encontrado naturalmente infectado com o vírus no estado do Pará.

3) ***Haemagogus capricornii*:** é encontrada basicamente nas matas, nas áreas menos úmidas e de clima mais ameno do Sudeste brasileiro.

4) ***Haemagogus leucocelaenus*:** encontrada naturalmente infectada com os vírus da Febre Amarela, Ilhéus, Maguari, Una e Wyeomyia (Figura 8B).

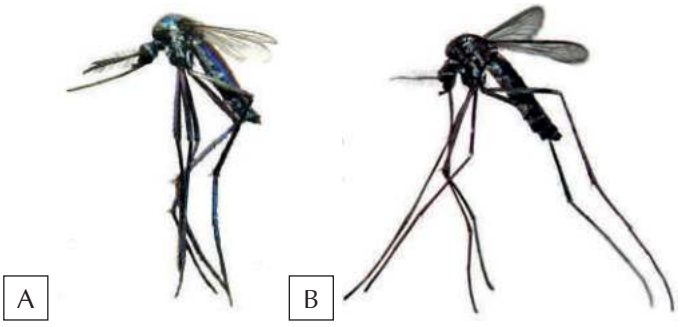


Figura 8 – *Haemagogus janthinomys* (A); *Hg. leucocelaenus* (B).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

f) **Gênero *Sabethes*.**

Os *Sabethes* são mosquitos dotados de colorido variado e de reflexos cintilantes. São exclusivamente diurnos, silvestres, frequentemente acrodendrófilos e criam-se em recipientes naturais, quase sempre em buracos de árvore, internódios de bambu e axilas de folhas.

Das 39 espécies descritas para o gênero, a espécie *Sabethes chloropterus* é o principal vetor secundário da febre amarela silvestre, além de estar associado à transmissão de outros arbovírus, como o da Encefalite de Saint Louis e Ilhéus (Figura 9A).

As espécies *Sa. albiprivus* (Figura 9B), *Sa. belisarioi* (Figura 9C), *Sa. cyaneus* (Figura 9D), *Sa. glaucodaemon* (Figura 9E) e *Sa. soperi* já foram obtidos isolamentos de diversos arbovírus, como Mayaro, vários Buniavírus, Ilhéus, Wyeomyia, Encefalite de Saint Louis e Febre Amarela. Ressalta-se que apenas as espécies *Sa. chloropterus, Sa. albiprivus, Sa. cyaneus, Sa. glaucodaemon* e *Sa. soperi* estão associadas à transmissão de febre amarela.

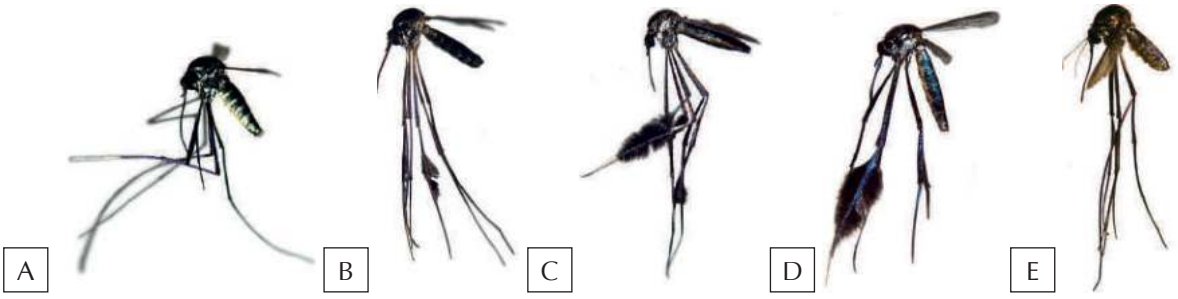


Figura 9 – *Sabethes chloropterus* (A); *Sa. albiprivus* (B); *Sa. belisarioi* (C); *Sa. cyaneus* (D); *Sa. glaucodaemon* (E).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

g) **Gênero *Deinocerites*.**

As larvas vivem nos buracos de caranguejo, com água doce ou salobra, em que também se abriga a maior parte dos adultos. Os adultos são noturnos e crepusculares, voam pouco e têm um dos maiores espectros de hospedeiros, sugando do homem (muito raro) e até de batráquios e répteis (Figura 10B).

Sua importância epidemiológica é restrita ou quase nula. Algumas vezes esses mosquitos foram encontrados com arbovírus, mas não se sabe qual a importância desses achados.

h) **Gênero *Mansonia*.**

As espécies de *Mansonia pseudotitillans* (Figura 10A) já foram encontradas naturalmente infectadas com a Encefalite de Saint Louis e devem ser transmissoras potenciais desses agentes. Também podem tornar certas localidades impróprias à habitação ou à pecuária, por causa de seu hematofagismo agressivo.

Entre as espécies de *Mansonia* que ocorrem no Brasil, a espécie *Ma. titillans* é a mais comum e ocorre durante todos os meses do ano, pois seus criadouros são perenes. Foi encontrada portando vírus da Encefalite Venezuelana, além de veicular ovos de *Dermatobia hominis*, causadora do berne.

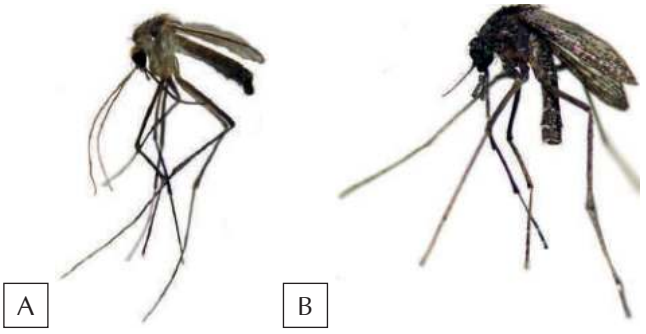


Figura 10 – Exemplar de *Mansonia pseudotitillans* (A) e de *Deinocerites sp* (B).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

i) **Gênero *Coquillettidia*.**

São mosquitos de porte médio, e as fêmeas depositam seus ovos em conjuntos com formatos de jangadas alongadas, que flutuam na superfície do criadouro. São noturnos e crepusculares, zoofílicos e exófilos.

Dentre suas espécies podemos destacar *Cq. venezuelensis* (Figura 11A) e *Cq. chrysonotum,* por serem as mais comuns. São vetores potenciais de arboviroses, tendo sido encontradas naturalmente infectadas com esses agentes, inclusive com Oropouche (*Cq. venezuelensis).* Essas espécies de mosquito representam sério problema para os moradores das áreas próximas aos seus criadouros, pois são geralmente numerosas e muito agressivas.

j) **Gênero *Orthopodomyia*.**

Há apenas duas espécies desse gênero no Brasil: *Or. albicosta* e *Or. fascipes* (Figura 11B), preferem o sangue de pássaros e recusam-se a sugar o homem.

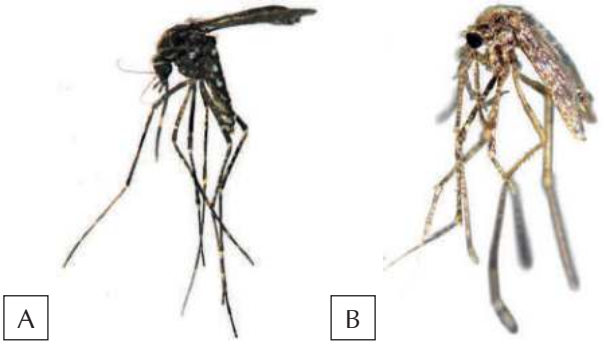


Figura 11 – Exemplar de *Coquillettidia venezuelensis* (A) e *Orthopodomyia fascipes* (B).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

k) **Gênero *Uranotaenia*.**

São mosquitos pequenos, poucas vezes atingindo porte médio, e as fêmeas sugam animais de sangue frio, especialmente os anfíbios. Algumas vezes encontrados dentro do domicílio, porém não se interessando pelo sangue humano. A espécie *Uranotaenia colosomata* ocorre no Brasil (Figura 12A).

l) **Gênero *Trichoprosopon*.**

Os *Trichoprosopon* criam-se em recipientes naturais e a espécie *Tr. digitatum* é a mais comum no Brasil (Figura 12B). É silvestre, mas pode ser encontrada picando o homem e os animais domésticos nos ambientes alterados pelo homem, como nas plantações e no peridomicílio. Está envolvida na veiculação dos arbovírus Pixuna, Bussuquara, Wyeomyia e Ilhéus.

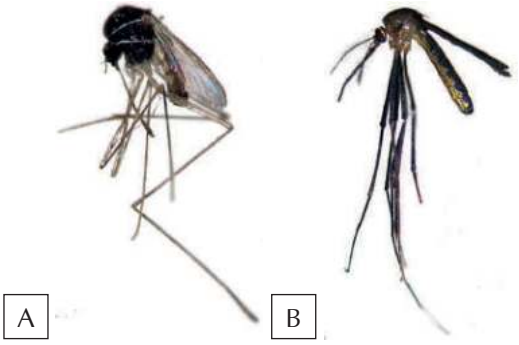


Figura 12 – Exemplar de *Uranotaenia colosomata* (A) e de *Trichoprosopon digitatum* (B).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

m) **Gênero *Wyeomyia*.**

São mosquitos silvestres, diurnos e criam-se em recipientes naturais como bromélias, internódios de bambu, cascas de frutos e axilas de folhas de aráceas e de outras plantas. São ecléticos quanto aos hospedeiros e podem atacar o homem em grande número.

A espécie *Wyeomyia aporonoma* (Figura 13A) foi encontrada naturalmente infectada com os vírus Kairi e Wyeomyia.

n) **Gênero *Limatus*.**

São mosquitos de porte pequeno, recobertos de escamas de reflexos metálicos e de tonalidades que variam do amarelado ao dourado. Suas larvas criam-se em recipientes naturais ou artificiais e os adultos atacam o homem e os animais.

Duas de suas quatro espécies existentes no Brasil, *Li. durhami* (Figura 13B) e *Li. flavisetosus* (Figura 13C) já foram encontradas naturalmente infectadas com os vírus Guama, Maguari e Tucunduba.

o) **Gênero *Shannoniana*.**

São mosquitos que preferem criar-se em internódios de bambu. Seus adultos são diurnos, essencialmente silvestres e não têm relação conhecida com a veiculação de patógenos.

p) **Gênero *Runchomyia*.**

As fêmeas são diurnas e silvestres, sendo que a espécie *Ru. magna* apresenta comportamento de acrodendrofilia e até o momento não foi encontrada naturalmente infectada com arbovírus.

q) **Gênero *Johnbelkinia*.**

As larvas deste gênero são normalmente encontradas em axilas de folhas de aráceas, musáceas, bromélias e em brácteas. Seus adultos são essencialmente diurnos e silvestres, e atacam o homem e outros animais com certa facilidade.

A espécie *Jh. longipes* (Figura 13D) até o momento não foi detectada com arbovírus no Brasil, desconhecendo o real papel dessa e de outras espécies do gênero *Johnbelkinia* como transmissoras de patógenos na natureza.

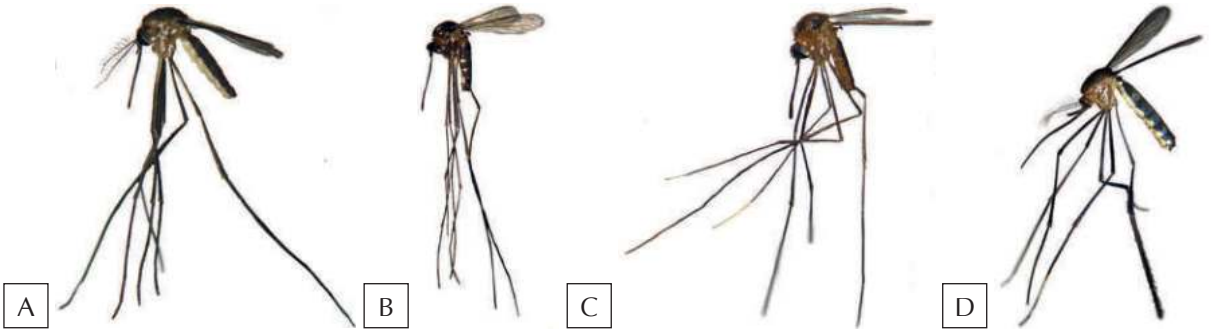


Figura 13 – Exemplar de *Wyeomyia aporonoma* (A); *Limatus durhamii* (B); *Li. flavisetosus* (C); *Johnbelkinia longipes* (D).

Fonte: Segura e Castro, 2007.

r) **Gênero *Culex*.**

São mosquitos que variam de tamanho pequeno a grande e têm coloração geral marrom ou enegrecida. Os *Culex* têm hábitos noturnos e crepusculares, mas algumas espécies podem sugar sangue durante o dia, quando o hospedeiro encontra-se próximo aos seus abrigos e criadouros. Depositam seus ovos em conjuntos com aspecto de "jangada", que flutuam na superfície da coleção líquida.

1) ***Culex quinquefasciatus* (Say, 1823):** é considerado trópico cosmopolita e sua distribuição e abundância são fortemente influenciados pela presença do homem.

Seus criadouros preferenciais são os depósitos artificiais, no solo ou em recipientes, com água rica em matéria orgânica em decomposição e detritos, de aspecto sujo e malcheiroso. Estão sempre próximos às habitações, pois essa espécie é extremamente beneficiada pelas alterações antrópicas no ambiente peridomiciliar.

Cx. quinquefasciatus (Figura 14) é obrigatoriamente noturno e ataca o homem e os animais, dentro das casas e no peridomicílio, durante toda a noite.

É o vetor primário e principal da filariose bancroftiana no Brasil. Sua predileção pelo sangue do homem (único hospedeiro da *W. bancrofti*) e a sua preferência por sugar durante a noite (período de aumento da microfilaremia periférica) facilitam muito o contato das microfilárias com este culicíneo, tornando-o mais eficaz que os outros mosquitos suscetíveis.

Tem sido incriminado como vetor de arbovírus causadores de Encefalites, tipos Saint Louis, Oeste e Venezuelana. No Brasil, é também considerado vetor secundário do vírus Oropouche.



Figura 14 – *Culex quinquefasciatus*.

Fonte: Segura e Castro, 2007.

7.3.1.1.2 Subfamília Anophelinae

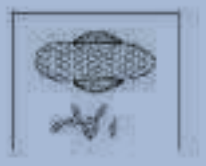
A subfamília *Anophelinae* contém três gêneros: *Chagasia* (com quatro espécies que ocorrem somente na América tropical), *Bironella* (oito espécies que ocorrem apenas na região australiana) e *Anopheles*, que compreende cerca de 455 espécies no mundo e 54 espécies que ocorrem no Brasil.

No gênero *Anopheles* as espécies que ocorrem no Brasil estão agrupadas em cinco subgêneros: *Nyssorhynchus*, *Kerteszia*, *Stethomyia*, *Lophopodomyia* e *Anopheles*. Um sexto subgênero denominado *Cellia* só ocorre no Velho Mundo, e a espécie deste subgênero, o *An. gambiae*, é de enorme importância epidemiológica.

Os mosquitos do gênero *Chagasia* são essencialmente silvestres, associados à existência de pequenos córregos, especialmente aqueles que descem as encostas das montanhas. Suas larvas criam-se, protegidas da correnteza, entre as raízes e os detritos vegetais existentes nas margens de riachos. Não se conhece importância epidemiológica para as espécies de *Chagasia,* embora elas possam ser abundantes em algumas localidades.

Os culicíneos podem ser diferenciados dos anofelinos de acordo com as principais características do ciclo biológico (Tabela 2).

Tabela 2 – Aspectos diferenciais entre os gêneros *Culex*, *Aedes* e *Anopheles*.

	Anophelini ***Anopheles***	**Aedini** ***Aedes***	**Culicini** ***Culex***
Ovos	Postos isoladamente na superfície da água e apresenta flutuadores.	Postos isoladamente e preferencialmente nas paredes dos criadouros.	Postos agrupados sobre a superfície da água, não apresentam flutuadores.
			
Larvas	Não apresentam sifão respiratório; os espiráculos abrem-se em placa situada na superfície do Seg. VIII. Posiciona-se paralela à superfície líquida.	Com sifão respiratório curto e grosso e os espiráculos abrem-se na extremidade desse órgão. Posiciona-se em ângulo com a superfície líquida.	Com sifão respiratório, longo e fino, e os espiráculos abrem-se na extremidade desse órgão. Posiciona-se em ângulo com a superfície líquida.
			
Pupa	Trompeta alongada, geralmente de forma cilíndrica e de abertura estreita.	Trompeta curta e forma cilíndrica.	Trompeta curta, cônica e de abertura larga.
			

Continua

Continuação

	Anophelini *Anopheles*	Aedini *Aedes*	Culicini *Culex*
Adulto	**Cabeça**		
	Machos e fêmeas com palpos longos, com últimos segmentos clavados.	Machos com palpos longos e fêmeas com palpos curtos.	Machos com palpos longos e fêmeas com palpos curtos.
			
	Pouso		
	Pousa com o corpo e a probóscide em linha reta, quase em ângulo reto com o substrato.	Pousa quase paralelamente ao substrato.	Pousa quase paralelamente ao substrato.
			

7.3.1.1.2.1 Anofelinos relacionados à transmissão de doenças

No Brasil, vários anofelinos são considerados capazes de transmitir malária humana na natureza, mas geralmente figurando como vetores secundários, especialmente quando coexistem com o *An. darlingi.*

A seguir serão abordados alguns aspectos biológicos das principais espécies transmissoras da malária no Brasil.

a) ***Anopheles darlingi* (Root, 1926):** é o vetor primário da malária no Brasil e altamente suscetível aos plasmódios humanos.

Utilizam criadouros permanentes como lagoas, açudes, represas e bolsões nas curvas dos rios, águas profundas, limpas, pouco turvas e ensolaradas ou parcialmente sombreadas para o desenvolvimento de suas formas imaturas. Na estação chuvosa, os criadouros de *An. darlingi* (Figura 15) podem ocorrer em uma grande variedade de coleções líquidas de tamanho e profundidade menores, tais como: valas, poças e impressões de patas de animais.

Esta espécie é predominantemente sul-americana e sua distribuição estende por toda área situada ao leste da cordilheira dos Andes. Fora dessa distribuição, foi encontrado na América Central, em regiões que incluem áreas do México, da Guatemala e de Honduras.



Figura 15 – *Anopheles darlingi*.

Fonte: Segura e Castro, 2007.

b) ***Anopheles aquasalis* (Curry, 1932):** os criadouros propícios ao desenvolvimento das larvas de *An. aquasalis* apresentam-se com teor relativamente elevado de cloreto de sódio; sua distribuição é determinada por essa peculiaridade.

Algumas localidades brasileiras distantes mais do que 100 km do litoral são atingidas pelo *An. aquasalis,* mas sempre quando o solo é rico em cloretos, como é o caso de algumas áreas do sertão nordestino, ou quando o terreno sofre invasão das marés, como ocorre na área de Belém, Pará.

Anopheles aquasalis é vetor primário da malária nas zonas áridas do Nordeste brasileiro, em Belém e no Amapá, e vetor secundário da filariose bancroftiana no Brasil, pois foi encontrado com larvas infectantes de *W. bancrofti,* em Belém (Pará).

c) ***Anopheles albitarsis* (Lynch-Arribálzaga, 1878):** é o anofelino mais comum e amplamente distribuído no Brasil; no que se refere aos criadouros, é quase destituído de preferência, criando-se nos mais variados tipos de coleções líquidas, temporárias ou não, naturais e artificiais, expostas à luz ou sombreadas.

A relação desta espécie com a malária pode ser considerada como vetor secundário ou, no máximo, local, visto que em poucas localidades foi encarado como o único transmissor.

d) **Outros *Nyssorhynchus*:** outras espécies, como *Anopheles deaneorum*, *Anopheles braziliensis*, *Anopheles nuneztovari*, *Anopheles triannulatus*, *Anopheles oswaldoi*, parecem ser vetores secundários ou locais do paludismo humano por terem sido achados naturalmente infectados em alguma área endêmica de malária, particularmente na Amazônia.

As espécies como *An. strodei*, *An. evansae* e *An. galvaoi* têm sido esporadicamente detectadas com infecção natural por plasmódio, as quais detêm pouca atenção dos especialistas. Esses mosquitos infectam-se no auge das epidemias promovidas por um vetor primário competente, além do que sua frequência nunca está relacionada com a da malária.

e) **Subgênero *Kerteszia* (Theobald, 1905):**

Os mosquitos deste subgênero foram considerados os vetores primários da malária no Sul do Brasil e responsáveis pelas epidemias no litoral fluminense e paulista, junto à Serra do Mar. As formas imaturas deste anofelino sempre se desenvolvem em criadouros naturais, principalmente em água que se acumula nas axilas das folhas de bromélias.

As espécies *Anopheles cruzii* junto com *Anopheles bellator* e *Anopheles homunculus* são conhecidas como vetores da "malária de bromélias" ou "bromélia-malária", ou seja, paludismo transmitido por anofelinos que se criam em gravatás.

Além dos anofelinos acima citados, as demais espécies pertencentes aos outros subgêneros não têm sido acusadas de comprometimento com a veiculação de malária ou outra enfermidade do homem no Brasil. São anofelinos dotados de elevada zoofilia (preferência por animais) e exofilia (hábito de alimentar fora das casas), preferindo o ambiente silvestre ou rural.

7.3.1.2 Família *Psychodidae*

Os flebotomíneos são pequenos dípteros corcundas e muitos pilosos, possuem asas em forma de ponta de lança, mantidas eretas sobre o corpo, quando pousados. O corpo e as asas são recobertos de espessa pilosidade. O comprimento total é de 2 a 3 mm, com os eixos da cabeça e do abdômen formando ângulo de aproximadamente 90º entre si. A cor geral varia de amarelo a marrom escuro, com várias tonalidades nas regiões do corpo (Figura 16).



Figura 16 – Flebotomíneo macho (à esquerda) e uma fêmea.

Fonte: Marques, 2009.

Os flebotomíneos são insetos holometábolos (a metamorfose é completa), sendo que suas fases larvais desenvolvem-se e alimentam-se de matéria orgânica depositada no solo, enquanto os adultos de ambos os sexos alimentam-se de açúcares de plantas (Figura 17). Somente as fêmeas adultas são hematófagas, sendo o alimento importante para a maturação dos ovos.

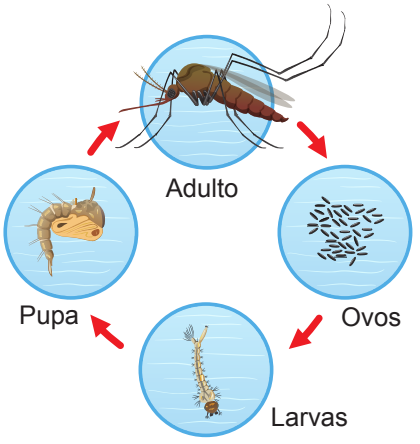


Figura 17 – Ciclo evolutivo dos flebotomíneos.

Embora se conheçam os hábitos alimentares das formas imaturas, pouco se sabe sobre os criadouros naturais das larvas de flebotomíneos no Novo Mundo. As formas imaturas têm sido encontradas em ambientes domésticos (fendas de chão e paredes, porões de casas e construções abandonadas), peridomésticos (tocas de animais, latrinas, debaixo de pedras, aterros) e silvestres (cavernas, formigueiros, raízes tubulares, tocas de roedores).

Eles são popularmente conhecidos no Brasil como asa branca, asa dura, birigui, cangalhinha, mosquito-palha, tatuquira, frebóti, entre outros. São mais comuns em áreas florestais ou próximos destas, mas podem invadir domicílios e anexos. Incomodam o homem com suas picadas e transmitem as Leishmanioses, causadas por protozoários do gênero *Leishmania*.

As formas da doença estão relacionadas à espécie do parasita e diferem em distribuição geográfica, hospedeiros e vetores envolvidos, taxas de incidência e de mortalidade. As formas tegumentares no Brasil são determinadas pela *Leishmania (Viannia) braziliensis*, *L.(V.) guyanensis*, *L.(V.) lansoni*, *L.(V.) naiffi*, *L.(V.) shawi*, *L.(L.) amazonensis*. A forma mucosa, pela *L.(V.) braziliensis* e eventualmente pela *L.(V.) guyanensis*, e a forma visceral por *Leishmania (Leishmania) chagasi*.

Os flebotomíneos são também vetores de diversos arbovírus, como o vírus da estomatite vesicular, os flebovírus e os orbivírus.

A principal forma de transmissão é por meio da picada de fêmeas de *Lutzomyia*, e das espécies que têm sido incriminadas como vetores de leishmânias destacam-se *L. longipalpis* e *L. cruzi*, no Novo Mundo.

Existe também a possibilidade de transmissão, entre humanos, por meio do compartilhamento de seringas infectadas, transplante de órgãos, transfusão sanguínea, transmissão sexual e congênita.

Entre cães a transmissão por meio de transfusão sanguínea e transplacentária é possível, embora seja pouco frequente. Além disso, existe a possibilidade de transmissão por meio de outros artrópodes, como pulgas e carrapatos.

7.3.1.3 Família *Ceratopogonidae*

Os ceratopogonídeos são dípteros muito pequenos com as asas em geral escuras e manchadas. São conhecidos por diversas denominações vulgares, tais como maruim e mosquito-pólvora no Brasil, *jejénes* nos países de língua espanhola e *punkies* ou *sand-flies* na América do Norte e na Austrália.

Após a sucção do sangue, ou mesmo em algumas espécies, sem sugar sangue, fêmeas produzem ovos colocados em ambientes terrestres úmidos ou aquáticos e semiaquáticos. Os criadouros podem ser: areia úmida de praia, no mangue em buracos de caranguejos, solo úmido com estrume, em plantações de cacau e bananeiras em decomposição, ocos de árvores, entre outros. As larvas sofrem mudas e sobem nos criadouros para transformar em pupa. E o ciclo de ovo até adulto tem duração de dois meses (Figura 18).

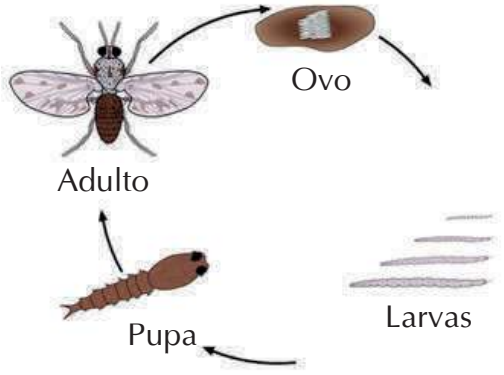


Figura 18 – Ciclo de vida de *Ceratopogonidae*.

Fonte: Adaptado de Hill e MacDonald, 2010.

Dos 102 gêneros que conformam a família *Ceratopogonidae*, apenas as fêmeas de quatro gêneros apresentam hábitos hematógafos: *Austroconops* (somente existe na Austrália), *Leptoconops, Forcipomyia* (*Lasiohelea*) e *Culicoides,* que são neotropicais.

O gênero *Culicoides* apresenta 924 espécies distribuídas no mundo. Destas, 73 são encontradas no Brasil. As espécies brasileiras mais importantes são: *Culicoides maruim, Culicoides acatylus, Culicoides amazonicus, Culicoides insignis, Culicoides debilipalpis* e *Culicoides paraensis.* Dentre estas, a que tem sido mais estudada é a *Culicoides paraensis*, e tem ampla distribuição geográfica que vai desde a Argentina até os Estados Unidos.

No Brasil, *Culicoides paraensis* tem sido registrado como peste sugadora de sangue desde os primeiros exploradores da região amazônica e pode ser encontrado em maior densidade nas regiões quentes e úmidas e em períodos de alta taxa pluviométrica nas proximidades de brejos, mangues e rios. Além de causarem incômodos e problemas cutâneos às pessoas e em seus animais domésticos, são vetores comprovados de agentes infecciosos.

A espécie *Culicoides paraensis* também pode atuar como vetor do *Virus Oropouche* (VORO) (*Bunyaviridae*, *Orthobunyavirus*), causando a febre do Oropouche, uma das arboviroses de maior importância em saúde pública na região amazônica.

7.3.1.4 Família *Simuliidae*

Os simulídeos são pequenos dípteros popularmente conhecidos como "borrachudos" ou "piuns". Em geral são de cor escura, pernas curtas, asas largas e aspecto um pouco corcunda, porque o tórax é abaulado.

Esses insetos têm preferência em realizar a postura em corredeiras ou locais de rápido escoamento de água, como canais ou vertedouros de açudes e barragens. A oviposição é realizada pelas fêmeas em substratos como galhos, folhas e pedras localizados próximos à superfície da água, colocando de 200 a 500 ovos.

Os ovos de algumas espécies podem entrar em diapausa. A eclosão das larvas inicia-se normalmente após o terceiro dia da oviposição, podendo este período chegar a 30 dias em decorrência do fator temperatura. A larva apresenta respiração branquial, é alongada e possui duas ventosas, uma anterior e outra posterior. A duração do período larval pode durar de um a seis meses, com quatro a nove fases larvares, geralmente com sete fases.

Ao final a larva tece uma espécie de casulo, em que se transforma em pupa que dura de quatro a sete dias. O inseto adulto é pequeno, medindo entre 2 e 4 milímetros de comprimento, e possui tórax de aspecto robusto, tendo geralmente coloração escura ou negra. Possui antenas pequenas, asas largas e hialinas, e probóscide curta e robusta (Figura 19).

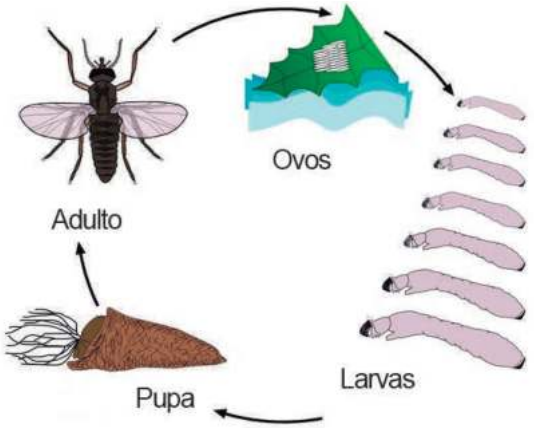


Figura 19 – Ciclo de vida de *Simuliidae*.

Fonte: Adaptado de Hill, Platt e MacDonald, 2010.

Apenas a fêmea é hematófaga, sendo que ela pica a qualquer hora do dia, e ataca preferentemente o tronco e os membros das pessoas, em ambiente domiciliar ou não.

Os piuns são os transmissores das filárias *Onchocerca volvulus* e de diversas espécies de microfilarias do gênero *Mansonella*, agentes da oncocercose e da mansonelose, respectivamente, bem como estão associados à síndrome hemorrágica de Altamira.

A fêmea, além de transmitir essas doenças, causa desconforto e por vezes insônia e irritabilidade, principalmente quando o número de insetos é grande. Terminada a hematofagia, surge no local da picada um pequeno ponto hemorrágico. A picada pode causar prurido insuportável de longa duração e também provocar reações alérgicas oriundas de proteínas e peptídeos presentes na saliva do inseto.

7.3.2 Subordem *Brachycera* (moscas)

A subordem das moscas é composta pelos insetos referidos vulgarmente como dípteros caliptrados, e nas civilizações antigas da Babilônia e do Egito aparecem como amuletos, na forma de deuses (Baal-Zebul, o Senhor das Moscas) e como uma das pragas na história bíblica do Êxodo.

As famílias *Muscidae, Faniidae, Caliphoridae* e *Sarcophagidae* são as mais relacionadas aos seres humanos nas áreas urbanas.

7.3.2.1 Família *Muscidae*

É composta por aproximadamente 4.500 espécies, presente em todas as regiões biogeográficas, destacando a presença aproximada de 846 espécies na região neotropical. A espécie *Musca domestica* é exemplo dessa família.

a) ***Musca domestica.***

Devido à sua facilidade de dispersão a longas distâncias, de 2,3 até 11,8 km em 24 horas, e de seu contato próximo com o homem e seu ambiente, *Musca domestica* é reconhecida como importante agente de transmissão e disseminação de doenças infecciosas de origem alimentar, atuando como vetor mecânico de mais de 100 diferentes patógenos, incluindo vírus até formas parasitárias.

A subfamília *Muscinae* que inclui *M. domestica* (Figura 20) possui indivíduos que na fase adulta podem ser de natureza predadora, hematófaga, saprófaga ou necrófaga, vivendo em *habitat* variados, tais como esterco, vegetais ou animais em decomposição, ninhos, tocas, entre outros, e sua presença pode ocasionar incômodo, contribuir para condições de estresse, podendo, nos locais de trabalho, conduzir a perdas econômicas.

Muitos fatores contribuem para a manutenção e o crescimento populacional de moscas sinantrópicas, entre eles as condições climáticas (temperatura e umidade elevadas), o saneamento básico deficiente, o acondicionamento inadequado do lixo, a falta de conscientização da população e a dificuldade no controle destes insetos, agravada pela utilização indiscriminada de inseticidas.



Figura 20 – Exemplar de *Musca domestica*.

Fonte: UFRGS, 2010.

7.3.2.2 Família *Calliphoridae*

A família *Calliphoridae* é uma das mais importantes no que diz respeito aos dípteros que causam miíases.

Até o momento é representada na região neotropical por aproximadamente 130 espécies distribuídas em 28 gêneros. São dípteros de médio a grande porte (4 a 16 mm), de modo geral azulados, violáceos, esverdeados ou cúpreos, com reflexos metálicos. Conhecidas popularmente como "moscas-varejeiras", têm importante papel ao veicular diversos agentes patogênicos ao homem e aos animais domésticos e atuam como agentes mecânicos ou biológicos, causadores de miíases.

Os califorídeos podem ser atraídos por substâncias em processo de fermentação, decomposição, sangue e feridas. Dessa forma, são encontrados em abatedouros, frigoríficos, curtumes, estábulos de gado leiteiro, aviários, feiras livres, frutos caídos, plantas em decomposição, lixo doméstico, aterros sanitários e em lixões a céu aberto. Vários gêneros são de importância na medicina e na veterinária por serem produtores de miíases, entre eles os gêneros *Cochliomyia*, *Lucilia*, *Chrysomya* e *Calliphora*.

a) **Gênero *Cochliomyia*.**

Uma das mais importantes espécies causadoras de miíases em animais e humanos, *C. hominivorax,* que parasitam obrigatoriamente tecidos vivos do homem e outros mamíferos, são biontófagas, ou seja, desenvolvem-se exclusivamente em tecidos vivos.

O mecanismo de infestação da *C. hominivorax* está relacionado à deposição de ovos em bordos de lesões ou em cavidades do corpo. Dentro de 12 a 24 horas as larvas emergem e imediatamente começam a alimentar-se de fluidos e tecidos subjacentes da ferida, escavando de cabeça para baixo, formando a famosa "bicheira". Feridas infestadas frequentemente liberam um odor característico e atrativo para fêmeas grávidas que estabelecem outros lotes de ovos, de modo a aumentar a extensão da infestação. A infestação grave, que não é tratada, poderá resultar na morte do hospedeiro.

As formas adultas de *C. hominivorax* medem de 8 a 10 mm de comprimento, tendo uma coloração verde ou azul metálica e três listras negras longitudinais no tórax (Figura 21).

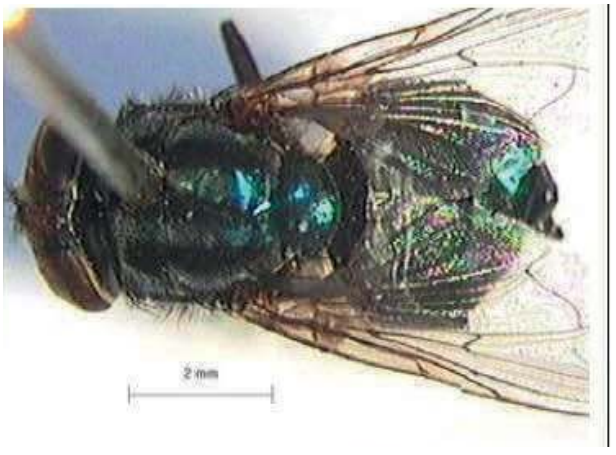


Figura 21 – Adulto de *Cochliomyia hominivorax*.

Fonte: UFGRS, 2010.

b) **Gênero *Chrysomya*.**

As espécies de *Chrysomya* são conhecidas vulgarmente como moscas-varejeiras e de origem indo-africana. A distribuição geográfica original de *Chrysomya* compreendia o Velho Mundo, tendo sido introduzida acidentalmente no Brasil, mais especificamente na região Sudeste, na década de 1970, por meio de embarcações que transportavam refugiados do continente africano.

As espécies de *Chrysomya* adaptaram-se facilmente às novas condições ambientais da região tropical, determinando modificações em sua fauna, criando hábitos de visitação a depósitos de lixo, aterros sanitários e carcaças de animais, ao mesmo tempo em que se aproximava de habitações humanas.

Essas espécies de moscas sinantrópicas apresentam significativa importância médico-sanitária pela veiculação mecânica de patógenos como vírus, bactérias e helmintos, por causarem miíases cutâneas secundárias e serem potenciais veiculadoras de agentes patogênicos.

c) **Gênero *Lucilia*.**

O mecanismo de infestação das moscas desse gênero dá-se por meio da deposição de ovos em cadáveres, em feridas negligenciadas e supuradas. Pode causar miíase secundária em humanos.

A espécie *Lucilia sericata* é de tamanho médio (6 a 9 mm), coloração geralmente desde o verde-amarelo até o azul ou verde-cuprino, com reflexos metálicos. A primeira oviposição ocorre entre três e oito dias após a emergência dos adultos, e as fêmeas estão aptas a produzir entre 2.000 e 3.000 ovos, distribuídos por nove a dez posturas. A larva madura chega a atingir cerca de 14 mm de comprimento, com coloração creme a rósea.

A espécie *L. sericata*, como produtora de miíases em seres humanos, é usualmente de caráter benigno, isto é, as larvas alimentam-se de tecidos necrosados. Culturas de larvas bacteriologicamente esterilizadas foram utilizadas no tratamento da osteomielite, em que elas removiam os tecidos necróticos e, por meio dos produtos da excreção (alantoína), promoviam a cicatrização dos tecidos doentes da ferida. Entretanto, os tecidos sadios também podem ser invadidos, o que aumenta sua importância como produtora de miíases no homem e nos animais domésticos.

d) **Gênero *Calliphora*.**

Neste gênero, a única espécie incriminada como causadora de miíase tegumentar ou cutânea é a *Calliphora vicina*, que se distribui pelo México, pelo Uruguai, pela Argentina, pelo Chile e pela Terra do Fogo. Não ocorre no Brasil. A única espécie do gênero *Calliphora* registrada no Brasil é a *Calliphora lopesi*.

7.3.2.3 Família *Oestridae*

A família tem cerca de 160 espécies em todo o mundo. Existem espécies que apresentam alguma semelhança com as abelhas. Larvas maduras apresentam espinhos longos e robustos, como na espécie *Dermatobia hominis*, ou pequenos ossos em forma de floco, como no gênero *Cuterebra*. Todas as larvas são parasitas de mamíferos.

Dermatobia hominis é uma mosca de tamanho médio, com cerca de 12 mm de comprimento, cabeça amarela escurecida na parte superior, tórax azul-metálico revestido de pelos escuros, asas fracamente testáceas e pernas amarelas (Figura 22).

O ciclo desta mosca é interessante, pois a fêmea grávida utiliza outro inseto para veicular seus ovos. Os ovos de *D. hominis* são literalmente colados no abdômen do inseto veiculador, e, quando ele se alimenta de um mamífero, deixa os ovos na pele deste, e as larvas de primeiro estágio, estimuladas pelo calor do corpo, penetram nesse tecido. Dentro da pele do hospedeiro, a larva alcança os três estágios larvais, e por volta de cinco a dez semanas, em estágio mais avançado, rompe o tecido, ampliando a abertura que havia anteriormente iniciado.



Figura 22 – Adulto de *Dermatobia hominis.*

Fonte: Couto Júnior *et al.*, 2010.

a) **Gênero *Cuterebra.***

Moscas do gênero *Cuterebra* são restritas ao Novo Mundo e algumas espécies ocorrem no Brasil, dentre elas, *Cuterebra apicalis*, *Cuterebra simulans* e *Cuterebra tenebrosa* (Figura 23).

As larvas de *Cuterebridae* criam-se no tecido subcutâneo de uma grande variedade de mamíferos, a maioria *Rodentia* e *Lagomorpha*, desenvolvendo-se individualmente em cistos abertos ou furúnculos na pele.

Os ovos são colocados em folhas, grama e caules de arbustos, durante a primavera e o início do verão. A larva de primeiro estágio pode adentrar em seu hospedeiro por meio das membranas e mucosas do nariz, olhos, boca e ânus, ou pode até mesmo penetrar na pele diretamente.

Em humanos, 85% dos casos têm doença cutânea e 15% têm infestação visceral, sendo 70% nos olhos e 30% no trato respiratório superior.



Figura 23 – Adulto de *Cuterebra tenebrosa* juntamente com pupa.

Fonte: Spencer Entomology Museum, 2015.

b) **Gênero *Gasterophilus.***

Das oito espécies de *Gasterophilus* conhecidas, apenas *G. nasalis* (Figura 24) ocorre no Brasil, sendo a espécie mais comum em regiões neotropicais.

As larvas de *Gasterophilus* são parasitas obrigatórios em humanos, e as miíases são geralmente do tipo migratórias. Raramente pode ocorrer oftalmomiíase externa, miíase oral e miíase pulmonar.



A B

Figura 24 – Adulto de *G. nasalis* (A); Larvas de *G. nasalis* (B).

Fonte: Spencer Entomology Museum, 2015.

7.3.2.4 Família *Sarcophagidae*

Esta família contém mais de 2.500 espécies, amplamente distribuídas em regiões tropicais e quentes. Compreende moscas de tamanho médio, geralmente de cor cinza, abdômen usualmente ornamentado de manchas com reflexos cinzentos ou negros em xadrez. Seus hábitos são variados, comportando-se como necrófagas, coprófagas, predadoras e parasitoides.

A larva cria-se em carcaças, excrementos ou matéria orgânica em decomposição. Algumas espécies são parasitas de *Orthoptera*, *Lepidoptera*, moluscos, anelídeos e outros invertebrados.

Acidentalmente, podem produzir miíases em homens e animais. Um número significativo de espécies alimenta-se de matéria orgânica em decomposição e situa-se dentro dos insetos forensicamente importantes, pois pode ser um dos primeiros organismos a colonizar cadáveres. Além disso, algumas espécies podem se tornar indicadoras de certos estágios de decomposição.

7.3.3 Ordem *Phthiraptera*

A ordem *Phthiraptera* possui atualmente mais de 5.000 espécies descritas. Vulgarmente conhecidas como piolhos sugadores ou mastigadores, anopluros ou malófagos, são ectoparasitas permanentes e obrigatórios de aves e mamíferos, nos quais desenvolvem todas as suas fases de vida.

Exibem um elevado grau especificidade e dependência fisiológica de seus hospedeiros e são incapazes de viver por poucas horas fora deles, sendo transmitidos de um animal a outro por contato direto.

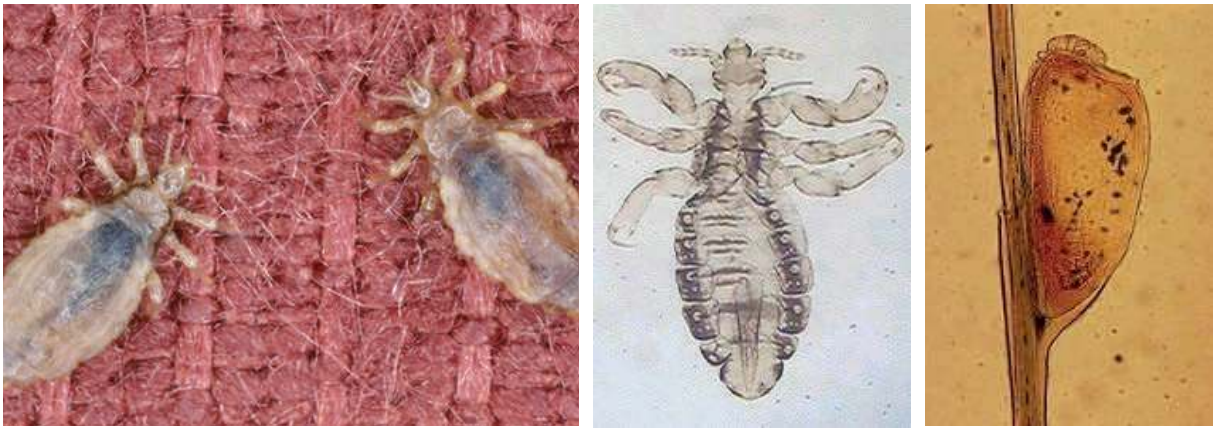
Esta ordem é dividida em quatro subordens – *Anoplura*: piolhos sugadores associados aos mamíferos e ao homem; *Rhynchophthirina*: parasitas de facóqueros (javali africano) e elefantes; *Amblycera*: piolhos mastigadores ou mordedores; e *Ischnocera*: piolhos mastigadores e parasitas de aves, porém há relatos também em alguns mamíferos.

Até o presente momento, o número de espécies conhecidas para cada uma dessas subordens perfaz 532 para *Anoplura*, três para *Rhynchophthirina*, 3.060 para *Ischnocera* e 1.334 para *Amblycera*. Na subordem *Anoplura*, as duas principais famílias de importância médica são *Pediculidae* e *Pthiridae*.

7.3.3.1 Família *Pediculidae*

Na família *Pediculidae*, duas espécies infestam o homem: *Pediculus humanus humanus*, piolho do corpo (Figura 25A); e *Pediculus humanus capitis*, piolho da cabeça (Figura 25B).

Morfologicamente, elas podem ser separadas pelo tamanho, pela coloração e pela proporção entre determinadas estruturas anatômicas do corpo. A principal diferença entre as duas espécies é o seu *habitat*. A fêmea do piolho de cabeça deposita os ovos (lêndeas) junto à base dos cabelos (Figura 25C), enquanto a fêmea do piolho do corpo nas fibras e dobras internas das vestes, especialmente ao longo das linhas de costura e durante sua vida, pode depositar de 50 a 150 ovos por fêmea.



A B C

Figura 25 – Adultos de piolho do corpo (A), piolho da cabeça (B) e lêndea no cabelo (C).

Fonte: UFRGS, 2010.

De um modo geral, a infestação dos indivíduos parasitados está estratificada por grupos etários: *P. capitis* ocorre preferencialmente em crianças e jovens em idade escolar e *P. humanus* em pessoas de idade mais avançada.

Na família *Pediculidae*, após a postura dos ovos ocorre o período de incubação, que varia de cinco a sete dias. Depois de sair dos ovos as ninfas iniciam imediatamente o repasto sanguíneo, durante o dia e a noite, e estas passam por três estádios (ninfas I a III). O ciclo completo de ovo a ovo pode durar em média três semanas (Figura 26).

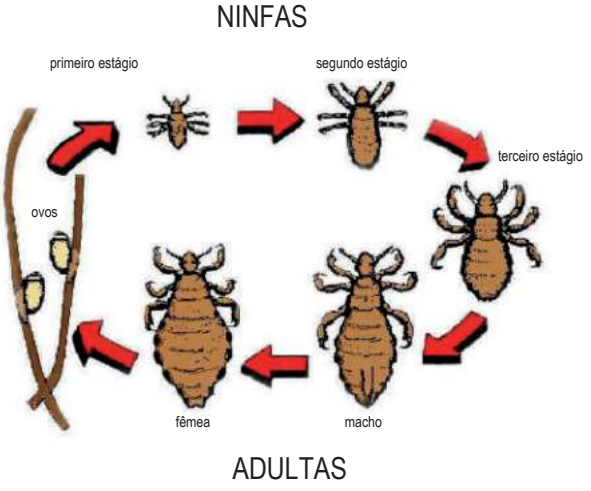


Figura 26 – Ciclo biológico de *Pediculidae*.

Fonte: ANDRADE, 2000.

7.3.3.2 Família *Pthiridae*

Engloba um gênero, *Phtirus*, com duas espécies, *Pthirus púbis*, popular chato (Figura 27), e *Phtirus gorillae*, ectoparasita de gorila. Os adultos medem de 1,5 a 2,0 mm de comprimento e infestam principalmente as regiões pubianas, podendo também infestar as axilas e raras vezes outras partes com pelos do corpo, como bigode, barba e sobrancelhas. As fêmeas de *Pthirus pubis* depositam seus ovos nos pelos e a quantidade por fêmea é de 30 ovos.



Figura 27 – Adultos de *Pthirus púbis*.

Fonte: UFGRS, 2010.

A presença de piolhos em qualquer parte do corpo chama-se pediculose. As picadas dos piolhos podem produzir cansaço, irritabilidade, depressão, pessimismo e erupções no corpo.

Além dessas alterações sistêmicas, podem transmitir doenças como o tifo epidêmico, que é causado pela bactéria *Rickettsia prowazekii*. O piolho da cabeça infecta com a bactéria pela alimentação sanguínea, durante o período febril, quando o paciente é infeccioso ao piolho. A *Rickettsia* multiplica-se nas células epiteliais do intestino do piolho e infecta usualmente o homem por meio das fezes ou quando o piolho é aplastado, permitindo que a bactéria entre na corrente sanguínea.

Os principais sintomas são febre alta e contínua por duas semanas, delírios, dor de cabeça e nas costas, erupção cutânea no quinto e sexto dias no tórax e no abdômen, podendo estender para outras partes do corpo.

A febre recorrente epidêmica é causada por espiroquetas da espécie *Borrelia recurrentis*, e o vetor é o piolho da cabeça.

O piolho pode adquirir a espiroqueta por meio da alimentação sobre uma pessoa infectada, porém não pode transmitir ao homem desta forma. O homem pode adquirir o patógeno ao aplastar o piolho infectado, durante o ato de coçar; desta forma, as espiroquetas penetram por meio da pele escoriada.

A Febre das Trincheiras é causada por *Rochalimaea quintana* e transmitida por meio das fezes ou do esmagamento de *Pediculus humanus humanus*. É uma doença que não provoca mortalidade e de evolução benigna.

7.3.4 Ordem *Siphonaptera*

A ordem *Siphonaptera* compreende os insetos vulgarmente conhecidos como pulgas ("*flea*", "*puce*", "*pulce*", "*flöh*", "*blokha*", "*pulex*" e "*psyllos*", em outros idiomas) e bichos-do-pé, estes também denominados sico, tunga, pulga da areia, jatecuba, bicho-do-porco, entre outros.

Esses insetos têm uma história evolutiva de 60 milhões de anos, sendo já encontrados em mamíferos pré-históricos. Os hospedeiros são animais endotérmicos, especialmente mamíferos. Em primatas, apenas o homem é tido como hospedeiro habitual. A ocorrência em répteis é acidental. A ordem *Rodentia* é a mais importante porque contém o maior número de espécies parasitadas, além de epidemiologicamente

algumas destas espécies funcionarem como reservatórios de infecções transmitidas por pulgas e, ecologicamente, ocuparem diversos nichos em diferentes ecótopos.

Atualmente são conhecidas cerca de 3.000 espécies, agrupadas em 240 gêneros (ou 330 quando incluídos os subgêneros), 44 tribos e 28 famílias, distribuindo-se da região Ártica até a Antártica.

São insetos ápteros, pequenos (2,0 a 3,0 mm em média), de coloração castanha, achatados lateralmente, com as pernas posteriores adaptadas para o salto e o corpo revestido por cerdas dirigidas para trás. A maior parte das espécies conhecidas apresenta ctenídios (= pentes), que são cerdas mais robustas e esclerosadas destinadas à fixação e à locomoção das pulgas entre os pelos dos hospedeiros (Figura 28).

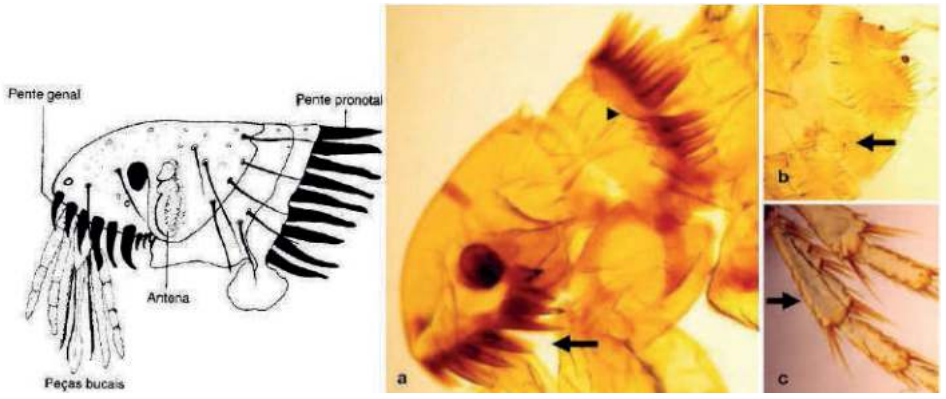


Figura 28 – Cabeça de pulga com presença de ctenídeos genais e detalhes das peças bucais.

Fonte: UFGRS, 2010.

O dimorfismo sexual é acentuado, com as fêmeas maiores que os machos e apresentando a parte posterior arredondada. Os machos, pelo fato de albergarem o aparelho copulador nos últimos segmentos, apresentam a extremidade posterior voltada para cima.

O aparelho bucal é do tipo sugador-pungitivo apenas na fase adulta, com o repasto sanguíneo exercido pelos dois sexos, ainda que nas fêmeas ele também seja importante para a maturação ovariana e posterior oviposição.

O ciclo biológico completa-se em aproximadamente 25 a 30 dias, e a metamorfose é completa (holometábolos). Os ovos são esbranquiçados, ovoides ou elipsoidais (300 a 700 µm em média), e as larvas são vermiformes, esbranquiçadas, ápodas, com aparelho bucal mastigador. Dependendo das condições de temperatura, umidade e alimentação obtidas pelas larvas, a emergência das fêmeas, em algumas espécies, pode anteceder à dos machos. Há três estádios larvários, cada um passando por mudas a cada três dias; exceção para os tungídeos, com apenas dois instares larvários (Figura 29).

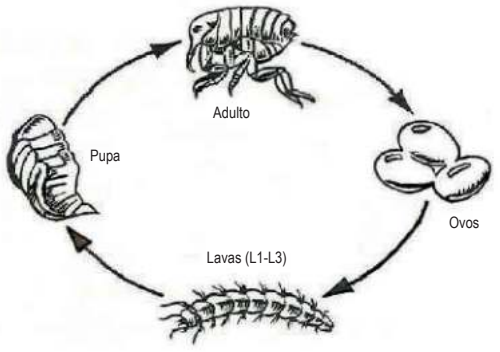


Figura 29 – Ciclo biológico da pulga.

Fonte: Shutterstock.

As pulgas alimentam-se diretamente sobre os capilares (solenófagas), cada repasto durando cerca de 10 a 15 minutos. Na maioria das espécies a hematofagia persiste, mesmo após as fêmeas estarem repletas, uma vez que o sangue digerido e posteriormente eliminado pelo ânus é fundamental para a nutrição e o desenvolvimento das larvas.

Quanto à permanência no hospedeiro, três modalidades de parasitismo são observadas:

a) **Pulgas penetrantes**, cujas fêmeas introduzem a cabeça, o tórax e parte do abdômen nos hospedeiros, lá permanecendo até a expulsão dos últimos ovos, quando então se atrofiam, murchando-se – exemplo: *Tunga penetrans* (Figura 30); ou **semipenetrantes**, em que penetram apenas parte da cabeça nos hospedeiros, deixando o tórax e o abdômen descobertos – exemplo: *Hectopsylla spp.*

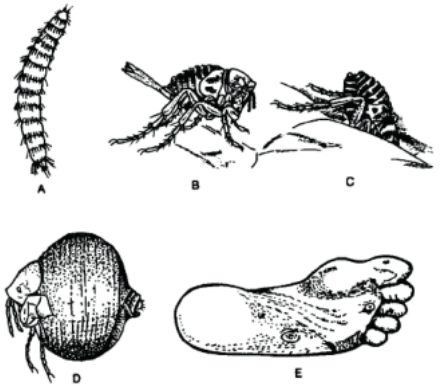


Figura 30 – *T. penetrans*: (A) larva; (B) macho; (C) fêmea penetrando na pele de seu hospedeiro; (D) fêmea grávida, repleta de ovos; (E) lesões no pé causadas pela fêmea grávida (bicho-do-pé).

Fonte: Ahid, 2009.

b) **Pulgas**, cujos adultos vivem e permanecem sobre os respectivos hospedeiros; exemplos são a maioria das espécies *Xenopsylla spp., Ctenocephalides spp.* e *Polygenis spp.*

c) Aquelas nas quais os adultos **não permanecem sobre os hospedeiros**, só os procurando para hematofagia; exemplo são a *Pulex irritans* e as pulgas de aves.

O ecletismo de certas espécies, em razão da diversidade de hospedeiros e polihematofagismo, é um parâmetro importante no estudo de questões epidemiológicas relativas à transmissão de certos patógenos. Em virtude da troca de hospedeiros e da veiculação de moléstias, as pulgas atuam como agentes infestantes ou parasitos propriamente ditos e como vetores de agentes infecciosos.

No primeiro caso são responsáveis por: a) **ações irritativas**, provocando pruridos e outros sintomas clínicos conhecidos como dermatites alérgicas, comuns em cães e gatos, e prurigo de Hebra, ocorrendo no homem; b) **ações espoliadoras**, em função de altas infestações em animais de pequeno porte, podendo conduzir à anemia, já que as pulgas picam os hospedeiros várias vezes ao dia, ingerindo quantidades de sangue que aumentam, significativamente, o seu peso corpóreo; c) **ações inflamatórias** produzidas por fêmeas de pulgas penetrantes (tungíase), cujos orifícios deixados no corpo dos respectivos hospedeiros tornam-se passíveis de infecção por agentes oportunistas, podendo provocar tétano, gangrena gasosa e blastomicoses.

Como vetores ou hospedeiras intermediárias, as pulgas são incriminadas na transmissão de viroses (mixomatose), doenças bacterianas (tifo murino, bartonelose, salmoneloses, tularemia, peste), protozooses (tripanossomíases) e helmintoses (himenolepíases, dilepidiose, filarioses, infecções por tilenquídeos), bem como podem ser infectadas ou infestadas por outros artrópodos.

A peste é tida como a principal moléstia transmitida pelas pulgas, dada a sua morbidade, letalidade e registro histórico. Foi introduzida no Brasil em 1899 pelo Porto de Santos. Daí se expandiu

para outras cidades por meio do tráfego comercial e ferrovias, estando hoje assentada na zona rural em *habitat* natural, correspondendo a uma área de 240.000 km^2 e ocorrendo em 971 localidades, situadas em 189 municípios brasileiros.

Os roedores sinantrópicos ou silvestres são os reservatórios da infecção. Acredita-se que em todo o mundo mais de 200 espécies de pulgas possam potencialmente transmitir a peste e que mais de 20 espécies piquem facilmente o homem. *Xenopsylla cheopis*, *Xenopsylla brasiliensis* e as espécies de *Polygenis* desempenham papel relevante na transmissão de *Yersinia pestis*.

Relativamente às riquetsioses, o tifo murino causado pelo agente etiológico *Rickettsia typhi* (= *R. mooseri*) e os reservatórios são roedores sinantrópicos, com a transmissão do patógeno sendo realizada pelas fezes de *X. cheopis*. Recentemente, diagnosticaram *Rickettsia felis* em *Ctenocephalides felis felis* capturadas de cães e gatos e em *Polygenis* (*Neopolygenis*) *atopus* coletadas de gambás. Também diagnosticaram *Leishmania chagasi* em *C. felis felis* retiradas de cães naturalmente infectados, abrindo, assim, a possibilidade da transmissão mecânica do calazar canino por meio de pulgas. Finalmente, os tripanossomatídeos monoxênicos de pulgas podem causar infecções oportunistas em indivíduos imunodeficientes.

7.3.5 Ordem *Hemíptera*

Os insetos da ordem *Hemíptera* apresentam distribuição ampla, são encontrados nos mais variados ecossistemas e albergam grande diversidade de percevejos com diferentes hábitos alimentares.

Alguns são hematófagos, como os barbeiros, que, com seu rostro (aparelho bucal) curto e reto, alimentam-se exclusivamente de sangue; outros são entomófagos ou predadores, que se alimentam de insetos; enquanto outros são fitófagos, que se alimentam de seiva das plantas (Tabela 3).

Tabela 3 – Diferenças no aparelho bucal de hemípteros hematófagos, predadores e fitófagos.

Rostro formado por três segmentos	Rostro formado por três segmentos	Rostro formado por quatro segmentos
Hematófas	**Predadores**	**Fitófagos**
Rostro retilíneo delgado, usado para sugar sangue	Rostro geralmente recurvado com aspecto robusto, usado para sugar os fluidos internos de outros insetos	Rostro usado para sugar plantas
		

7.3.5.1 Família *Reduviidae*

Os triatomíneos pertencem à família *Reduviidae* (*Hemiptera*: *Triatominae*), de hábitos hematófagos, alimentando-se no período noturno e sendo encontrados desde a Argentina até o Sul dos Estados Unidos. Seus hábitos são variados: uns são silvestres e outros adaptam-se ao convívio domiciliar. Encontram-se abrigados em casas com frestas, sendo mais vulneráveis nas de pau a pique (taipe, estuque). Apresentam resistência a situações diversas, suportando jejum prolongado e ambiente seco.

São insetos hemimetábolos que apresentam cinco estádios imaturos de desenvolvimento (ninfas I a V) após a eclosão do ovo, e os adultos, ambos os sexos, são hematófagos exclusivos, e necessitam de pelo menos um repasto sanguíneo para desencadear a ecdise nos estádios imaturos (Figura 31).

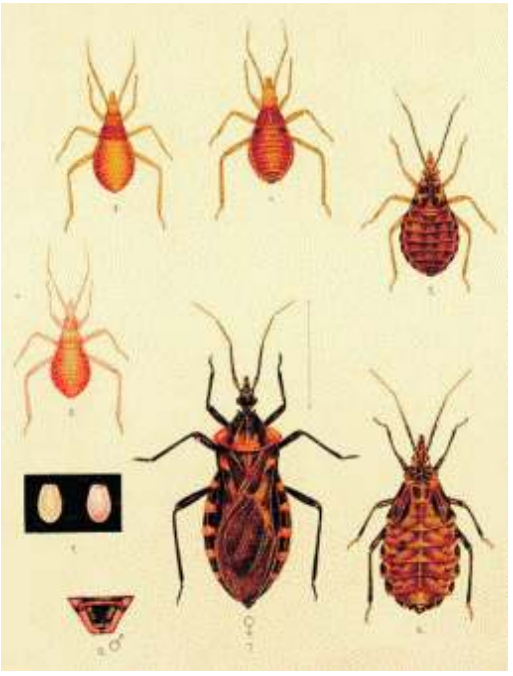


Figura 31 – Ciclo de vida de um triatomíneo (*Panstrongylus megistus*).

Fonte: SAS (Brasil,2009).

Na base da antena dos triatomíneos encontra-se o tubérculo anterífero, que é de grande importância na diferenciação dos três gêneros de maior importância para o homem, por incluírem espécies associadas aos domicílios (*Panstrongylus*, *Rhodnius* e *Triatoma*). A partir da posição dos tubérculos anteníferos é possível diferenciar o gênero *Panstrongylus*, no qual as antenas encontram-se inseridas junto à margem anterior dos olhos (Figura 32A); o *Rhodnius*, no qual as antenas apresentam-se no ápice da cabeça (Figura 32B); e o *Triatoma*, no qual as antenas inserem-se aproximadamente na metade da distância entre o ápice da cabeça e a margem anterior dos olhos (Figura 32C).

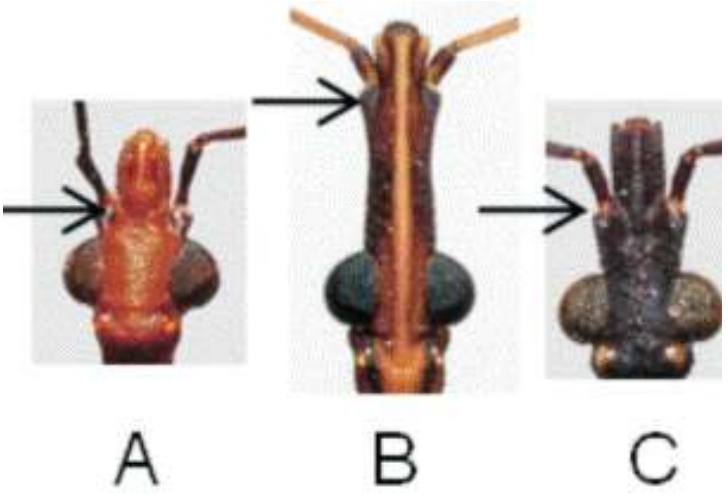


Figura 32 – Diferenciação dos gêneros (A) *Panstrongylus*, (B) *Rhodnius* e (C) *Triatoma*.

Atualmente são reconhecidas 143 espécies de triatomíneos e 62 delas ocorrem no Brasil. Apesar dessa grande diversidade de espécies, os triatomíneos mais importantes na epidemiologia da doença de Chagas são as espécies *Triatoma infestans*, *T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *T. sordida*, *T. dimidiata*, *Panstrongylus megystus* e *Rhodnius prolixus.*

Seus nomes vulgares são: chupões, bicudos, procotós, vum-vum, chupança, barbeiros, entre outros. O nome vulgar de barbeiros é comumente utilizado para os triatomíneos e acredita-se que foi atribuído pelo fato de geralmente picarem a face. Outra possível explicação estaria relacionada com a função do profissional barbeiro que, nos tempos coloniais, praticava sangrias e aplicava sanguessugas.

A doença de Chagas é uma infecção crônica e potencialmente fatal, causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi.* A principal forma de transmissão é a partir da contaminação da pele e mucosas com fezes de triatomíneos infectados. A transmissão também pode ocorrer oralmente, por meio da ingestão de alimentos contaminados por *T. cruzi* ou transfusão sanguínea, transplante de órgãos, transplacentária (congênita) e acidentes de laboratório.

Sem vacina e tratamento antiparasitário eficaz para curar a fase crônica da infecção, a principal estratégia de controle é a prevenção da transmissão vetorial, a partir da redução e/ou eliminação de triatomíneos domiciliados.

Os triatomíneos com base em seu comportamento ecológico e seu grau de relacionamento com o homem e os mamíferos domésticos, comensais e sinantrópicos, podem ser distribuídos em seis grupos:

1) **Triatomíneos totalmente silvestres:** as espécies *Psammolestes coreodes, Psammolestes tertius, Cavernicola pilosa, T. dispar, T. delpontei* e muitas outras cujos hábitos são pouco conhecidos. São encontradas somente em ecótopos naturais e que nunca frequentam as habitações humanas e suas dependências. Entretanto, podem ter papel maior ou menor na manutenção da enzootia tripanossômica silvestre e não entram em contato com o homem e os mamíferos domésticos, a não ser acidentalmente, quando estes penetram nos focos naturais.

2) **Triatomíneos tipicamente silvestres**: os adultos das espécies *Panstrongylus geniculatus, T. rubrovaria, T. arthumeivai, T. patagonica, T. eratyrusiforme, Rhodnius domesticus* e muitas outras cujos hábitos são poucos conhecidos ocasionalmente invadem as habitações humanas e suas dependências sem, todavia, aqui se colonizar. Além do papel que têm no ciclo silvestre de transmissão do *T. cruzi*, podem, ao entrar em contato com o homem e os mamíferos domésticos e domiciliados suscetíveis, transmitir-lhes a infecção, tanto em áreas silvestres quanto em ecótopos artificiais.

3) **Triatomíneos silvestres em fase inicial de adaptação aos ecótopos artificiais:** as espécies *Rhodnius neglectus, T. vitticeps, T. platensis* e outras pouco estudadas formam pequenas colônias, principalmente no peridomicílio, e, mais raramente, na própria habitação humana. Além da importância que têm no ciclo silvestre do *T. cruzi*, podem trazer a infecção para os ecótopos artificiais, e, em determinadas instâncias, participar do ciclo domiciliário do parasita.

4) **Triatomíneos que se criam indiferentemente em ecótopos naturais e artificiais**: as espécies *Panstrongylus megistus, Rhodnius prolixus, Rhodnius pallenscens, T. sórdida, T. brasiliensis, T. maculata, T. pseudomaculata, T. quasayana*, entre outras, embora tenham conseguido adaptar-se à habitação humana e às suas dependências, são encontradas também em diferentes ecótopos naturais. Além de participar do ciclo silvestre do *T. cruzi*, têm importância no transporte do parasita para os ecótopos artificiais e na infestação inicial ou na reinfestação destes ecótopos livres de insetos pelo expurgo, constituindo também elos na cadeia de transmissão domiciliária da infecção.

5) **Triatomíneos bem adaptados aos ecótopos artificiais**: a espécie *T. infestans,* apesar de bem adaptada às habitações humanas, às vezes ainda é encontrada em focos residuais naturais. São os insetos mais importantes no ciclo domiciliário do *T. cruzi*, mas podem, pelo menos em certas áreas, participar do ciclo silvestre da infecção.

6) **Triatomíneos estritamente domiciliados**: a espécie *T. rubrofasciata,* apesar de ser basicamente domiciliada, parece ter menor importância no ciclo domiciliário na transmissão do *T. cruzi* ao homem, porque convive mais com ratos comensais, embora também entre em contato com o homem.

7.3.5.2 Família *Cimicidae*

Alguns insetos da família *Cimicidae*, conhecidos pelo nome genérico de "percevejos", graças à sua hematofagia, constituem-se em incômodos do ambiente humano. Sua presença, de maneira geral, indica condições miseráveis e de baixo nível social. Daí sua importância em saúde pública, uma vez que muito contribui para a deterioração da qualidade de vida do homem. No Brasil, os percevejos têm sido assinalados em várias áreas, e os encontros e expurgos, a maior parte das vezes, não são consequência da execução de programas rotineiros de inspeção domiciliar, mas resultam de iniciativas dos próprios moradores que denunciam a infestação de suas casas. Dessa maneira, não se dispõe de dados seguros passíveis de fornecer ideia da real magnitude do problema.

Os *Cimicidae* possuem o corpo com contorno oval e achatado em sentido dorsoventral, os hemiélitros são curtos e reduzidos e a parte basal esclerotinizada, enquanto estão ausentes as asas posteriores. A cabeça é curta e larga, os olhos são salientes, não se observando a presença de ocelos, e as antenas são curtas e com quatro segmentos (Figura 33).



Figura 33 – Adulto de *Cimex lectularius*.

Fonte: Spencer Entomology Museum, 2015.

Os *Cimicidae* são hematófagos e, mediante regra geral, são restritos nesse relacionamento. Na verdade, os *Cimicidae* não podem ser encarados como parasitos "*stricto sensu*", uma vez que não se instalam no corpo de seus hospedeiros, mas sim os procuram apenas por ocasião do repasto sanguíneo. De maneira geral, habitam o ambiente onde vivem suas fontes alimentares, que é representado por ninhos e domicílios. Ali se escondem em fendas e anfractuosidades em que passam as horas de inatividade alimentar, e das quais saem preferentemente nos períodos noturnos. A permanência nesses ambientes é facilitada pela forma achatada do corpo, que lhes propicia a penetração e a locomoção nesses esconderijos.

As fêmeas de *Cimex lectularius* iniciam a postura cerca de três dias após a fase ninfal e a oviposição é feita isoladamente, e pode sofrer a influência da temperatura, da alimentação sanguínea, da

densidade populacional e do número de cópulas. Os ovos são aderentes ao substrato, graças à fina camada de cimento que os cobre. Nesse período são postos, em média, três ovos por fêmea por dia, e a postura dura cerca de 11 dias. Tem-se observado com este percevejo, em condição de laboratório, postura total de aproximadamente 60 ovos por fêmea (Figura 34).

O desenvolvimento de ovo a adulto está sujeito à influência da temperatura. Em relação a espécies de *Cimex*, as condições mais favoráveis parecem situar-se a 27ºC, quando o desenvolvimento total cumpre-se em cerca de 30 dias.

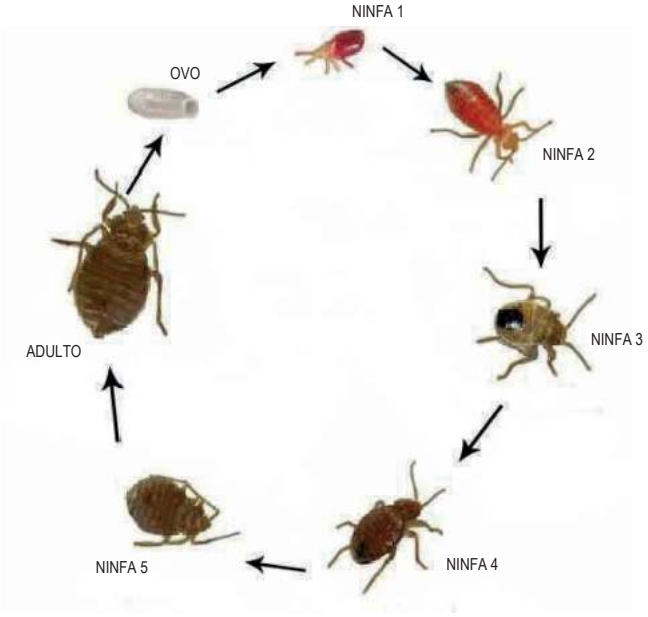


Figura 34 – Ciclo biológico de *Cimex lectularius*.

Fonte: Adaptado de AUSTIN (2000).

Os cimicídeos apresentam mobilidade apreciável, destinada à procura e ao encontro de suas fontes alimentares a partir dos esconderijos em que se abrigam. Em relação às espécies domiciliadas, esse mecanismo de dispersão tem sido registrado para *Cimex lectularius* no interior de transporte urbano, *Cimex hemipterus* em beliche de navio e observações semelhantes em caminhões de mudanças, composições ferroviárias e aviões.

Quanto às populações silvestres, o processo passivo de dispersão realiza-se à custa de aves e quirópteros. Assim, há evidências que revelam o transporte de *Oeciacus* por andorinhas e de *Apharania* e de *Cimex pilosellus* por morcegos.

No atual estado do conhecimento, 12 dos 23 gêneros reconhecidos estão estritamente associados a morcegos, enquanto dez exclusivamente com aves. Provavelmente os morcegos desempenham o papel de hospedeiros originais desses heterópteros. Essa teoria deve-se ao fato de os gêneros mais primitivos, bem como os representantes de *Polyctenidae*, com os quais estes insetos se relacionam, serem encontrados em associação com tais mamíferos. É o que ocorre entre *Primicimex* e *Latrocimex* e morcegos *Molossidae* e *Noctilionidae*, no continente americano.

Quanto às aves, a subfamília *Haematosiphoninae* constitui a que se associa de maneira exclusiva a esses vertebrados. Pouco se sabe sobre o possível caminho que levou à associação desses cimicídeos com aves, e, assim sendo, as hipóteses aventadas não passam ainda do terreno especulativo. Sobre o relacionamento com espécies domésticas, o principal exemplo entre os *Cimicinae* é representado por *Cimex columbarius* em pombos. Especula-se que a evolução do convívio desse cimicídeo com pombos domésticos ocorreu a partir de populações associadas a morcegos ou relacionadas com o homem; é o que aparenta indicar pelo fato de não ter sido ainda encontrado esse percevejo em ninhos rupestres de populações selvagens dessa ave.

A associação dos *Cimicidae* com o homem limita-se, na atualidade, a três representantes, dois pertencentes ao gênero *Cimex* e um ao *Leptocimex.* Provavelmente os dois primeiros acompanharam a espécie humana desde o início de sua história, quando, juntos, habitavam as cavernas em convívio com morcegos. Admite-se, pois, que o *Cimex lectularius* evoluiu associado a quirópteros, acompanhando o homem quando este, ao abandonar o ambiente cavernícola, passou a construir suas próprias habitações. O mesmo aceita-se ter ocorrido com *Cimex hemipterus* e certamente também com *Leptocimex boueti,* este associado com o homem na região da África Ocidental.

A importância dos *Cimicidae* em saúde pública advém essencialmente do hábito domiciliado de *Cimex lectularius* e de *C. hemipterus,* de caráter cosmopolita, e ao qual se pode acrescentar papel semelhante desempenhado por *Leptocimex boueti* nas habitações da região ocidental do continente africano.

A infestação do ambiente humano pode atingir níveis elevados e a hematofagia sobre os habitantes pode causar apreciável espoliação sanguínea, em certas oportunidades causando anemia na população infantil desses locais, e o mesmo pode ocorrer com animais domésticos, quando a colonização faz-se em seus abrigos.

Quanto ao possível aspecto de veiculação de agentes infecciosos por parte desses insetos, grande parte dos relatos refere-se a infecções observadas no ambiente de laboratório. Embora numerosas hipóteses tenham sido levantadas, na maioria dos casos faltam evidências que permitam conclusões definitivas. Podem-se assinalar verificações como a suscetibilidade à infecção por *Bacillus anthracis* e salmonelose animal*;* hipóteses em relação à transmissão de hanseníase; vários agentes bacterianos, espiroquetídeos, rickettsias e vírus. Tais são os da septicemia, pneumonia tipo 2, bruceloses, peste, febre paratifóide, tifo epidêmico, tifo endêmico, febre maculosa, febre Q, febre recurrente, leptospirose icterohemorrágica, poliomielite, varíola, coriomeningite linfocítica e febre amarela.

As observações concernentes ao *Trypanosoma cruzi*, cuja infecção experimental em *C. lectularius* obteve-se também a evolução do parasito no inseto e a reprodução da parasitose em vertebrados, mediante a inoculação do conteúdo intestinal de percevejos infectados.

Os cimicídeos domiciliados têm sido responsabilizados pela transmissão do vírus da hepatite tipo B, em que se suspeita da possível responsabilidade desses insetos em determinadas condições de elevada densidade de infestação.

Em relação a outros *Cimicidae*, ocorreram observações que relacionam alguns representantes com certos arbovírus, como o vírus Kaeng Khoi em cavernas da região central da Tailândia e a infecção natural de *Oeciacus vicarius* a alfavírus do grupo da encefalomielite equina tipo oeste, denominado vírus Forte Morgan.

7.3.6 Ordem *Blattaria*

As baratas constituem um grupo de insetos muito antigo e bem-sucedido, e estão no globo terrestre há aproximadamente 350 milhões de anos. São da ordem *Blattaria*, com cerca de 4.000 espécies pelo mundo, porém, somente 664 espécies ocorrem no Brasil. Apesar de a maioria das espécies ser silvestre e não diretamente associada às pessoas, algumas têm se adaptado a certa proximidade a habitações humanas.

A ordem é dividida em cinco famílias: *Polyphagidae*, *Cryptocercidae*, *Blattidae*, *Blattellidae* e *Blaberidae*, sendo as três últimas compostas por espécies que atingem altas populações.

São insetos hemimetábolos, em que o imaturo é, na maioria das vezes, morfologicamente semelhante a um adulto, exceto pela ausência de asas verdadeiras e pelo fato de os órgãos sexuais não estarem desenvolvidos, e algumas espécies desses insetos podem fazer partenogênese, mas a maioria delas se reproduz de forma sexuada.

As baratas são onívoras e as peças bucais permitiram uma adaptação mais rápida à evolução das fontes de alimento, possibilitando o consumo de uma ampla gama de materiais, os quais produzimos, estocamos, consumimos, descartamos ou excretamos. A alimentação e a seleção do alimento envolvem quimioreceptores, os quais estão localizados nas antenas e partes das peças bucais. As baratas preferem dietas ricas em carboidratos, gorduras e proteínas e o canibalismo pode ocorrer quando a população é exposta a deficiências nutricionais.

As baratas sinantrópicas podem ser vetores de diversos organismos patogênicos, como vírus, bactérias, protozoários, fungos e ovos de helmintos, que podem tanto prejudicar a saúde humana quanto a de outros animais vertebrados. Além da disseminação mecânica de patógenos, as baratas provocam perdas de alimentos pelo consumo direto e a destruição de documentos, ao se alimentarem de papéis. Elas deixam seu odor característico e persistente, ao liberar secreções de sua boca e de glândulas abdominais, excretam e, além disso, têm o hábito de regurgitar parte do alimento parcialmente digerido, defecando em intervalos regulares por onde passam. Desta forma, perdas indiretas ocorrem ao manchar, contaminar ou causar curtos-circuitos com destruição de equipamentos eletrônicos, incêndios em computadores, prejuízos em laboratórios, aeronaves, embarcações, entre outros.

As espécies mais nocivas ao homem e que são frequentemente encontradas em residências são: *Periplaneta americana*, *Periplaneta autralasiae*, *Supella longipalpa*, *Blattella germanica* e *Blatta orientalis,* esta última não encontrada no Brasil.

7.3.6.1 *Periplaneta americana*

É uma espécie comum no ambiente doméstico e conhecida como barata grande, barata voadora, barata de esgoto. Varia de 2,5 a 4,0 cm de comprimento, tendo preferência por ambientes quentes e úmidos (Figura 35). Encontra-se em locais como restaurantes, supermercados, depósitos de garrafas de cerveja e refrigerante, porões, esgotos, bocas de lobo, caixas de gordura e outros lugares nos quais se prepare ou estoque alimentos, preferencialmente na área peridomiciliar. As fêmeas produzem muitos ovos, sendo que cada ooteca contém em média 13 ovos. Estas baratas podem viver aproximadamente 15 meses.



Figura 35 – Adulto de *Periplaneta americana.*

7.3.6.2 *Periplaneta australasiae*

Originária da África tropical, *P. australasiae* prefere regiões quentes e úmidas, embora se estabeleça preferencialmente em regiões tropicais. Esta espécie já foi encontrada em construções aquecidas no Norte do Canadá; todavia, existem referências de sua presença em todos os continentes. *Periplaneta australasiae* apresenta semelhanças morfológicas à *Periplaneta americana*, mas se distingue pelo menor tamanho e pela presença de uma margem amarela no tórax e uma listra amarela clara dos lados e na base da asa (Figura 36).



Figura 36 – Adulto de *Periplaneta australasiae*.

Fonte: Ozwildlife.

7.3.6.3 *Blattella germanica*

A barata alemã *B. germanica* é a espécie mais comum em ambiente urbano e de maior prevalência em apartamentos, açougues, padarias, fábricas de alimentos, lanchonetes, hospitais, cervejarias, banheiros e restaurantes, alojando-se nas frestas de parede, pisos, armários e dentro de motores de equipamentos eletrodomésticos.

Essas baratas possuem tamanho pequeno, medem de 12 a 16 mm de comprimento, e são de coloração castanho-amarelada, com duas faixas longitudinais mais escuras no pronoto, sendo machos e fêmeas alados. Seu ciclo de vida pode ser completado em 100 dias sob condições ambientais favoráveis (Figura 37). A fêmea produz de quatro a oito ootecas durante sua vida, e dentro de cada ooteca existem de 24 a 48 embriões que se desenvolvem em aproximadamente 28 dias (Figura 37B).

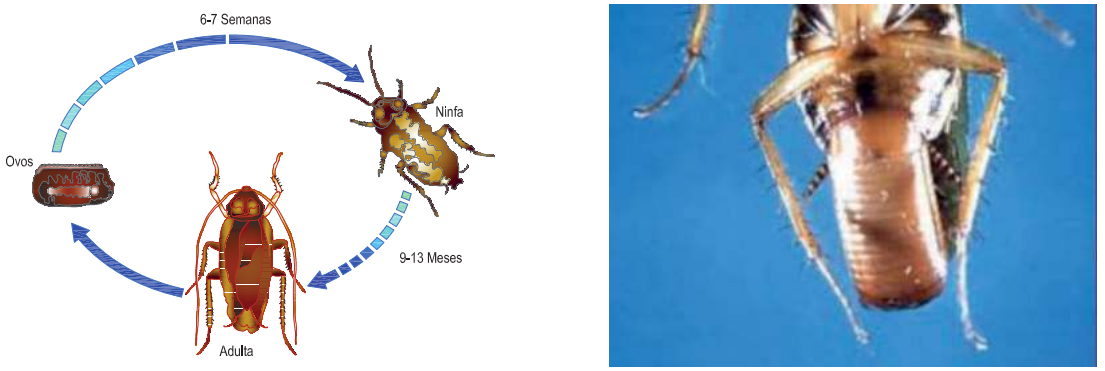


Figura 37 – Ciclo biológico (A) e ooteca de *Blattella germanica* (B).

As ninfas podem sair da ooteca ainda quando está aderida à fêmea ou depositadas em um lugar em que possam facilmente encontrar alimento e abrigo; são de coloração escura e passam por cinco a sete estágios ninfais que podem durar de 50 a 60 dias.

A fase adulta pode durar de três a seis meses, sendo que as fêmeas apresentam maior longevidade do que os machos.

7.3.6.4 *Supella longipalpa*

Originária do continente africano, *Supella longipalpa* é uma barata típica de ambiente intradomiciliar.

É uma das menores baratas urbanas. O macho adulto apresenta corpo alongado, enquanto a fêmea é mais larga, relativamente arredondada na porção distal do abdômen, apresentando variações nos padrões de cores. As asas do macho cobrem completamente o abdômen, mas, no caso da fêmea, raramente atingem a sua extremidade (Figuras 38A e 38B).

São encontradas comumente em residências, hotéis, apartamentos e hospitais, e, com menor frequência, em restaurantes e cozinhas.

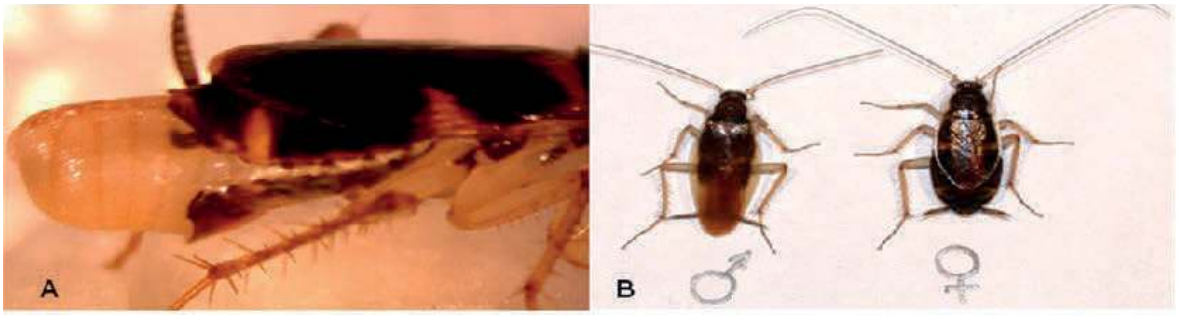


Figura 38 – (A) Ooteca retida na extremidade abdominal da fêmea de *Supella longipalpa;* (B) Dimorfismo sexual de *S. longipalpa.*

7.4 Classe *Arachnida*

A classe *Arachnida*, pertencente ao filo *Arthropoda*, é o segundo maior grupo do reino animal, sendo superada em riqueza de espécies apenas pelos insetos. *Arachnida* encontra-se dividida de acordo com suas relações filogenéticas em 11 ordens, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Ordens da classe *Arachnida*.

Ordem	Exemplos
Acari	Ácaro da poeira
Amblypygi	Escorpião-vinagre sem cauda
Araneae	Aranhas
Opiliones	Opiliões
Palpigradi	Aranha-chicote
Pseudoscorpiones	Pseudoescorpiões
Ricinulei	Pseudoescorpiões
Schizomida	Pseudoescorpiões
Scorpiones	Escorpiões
Solifugae	Escorpião-ventania
Thelyphonida	Escorpião-vinagre

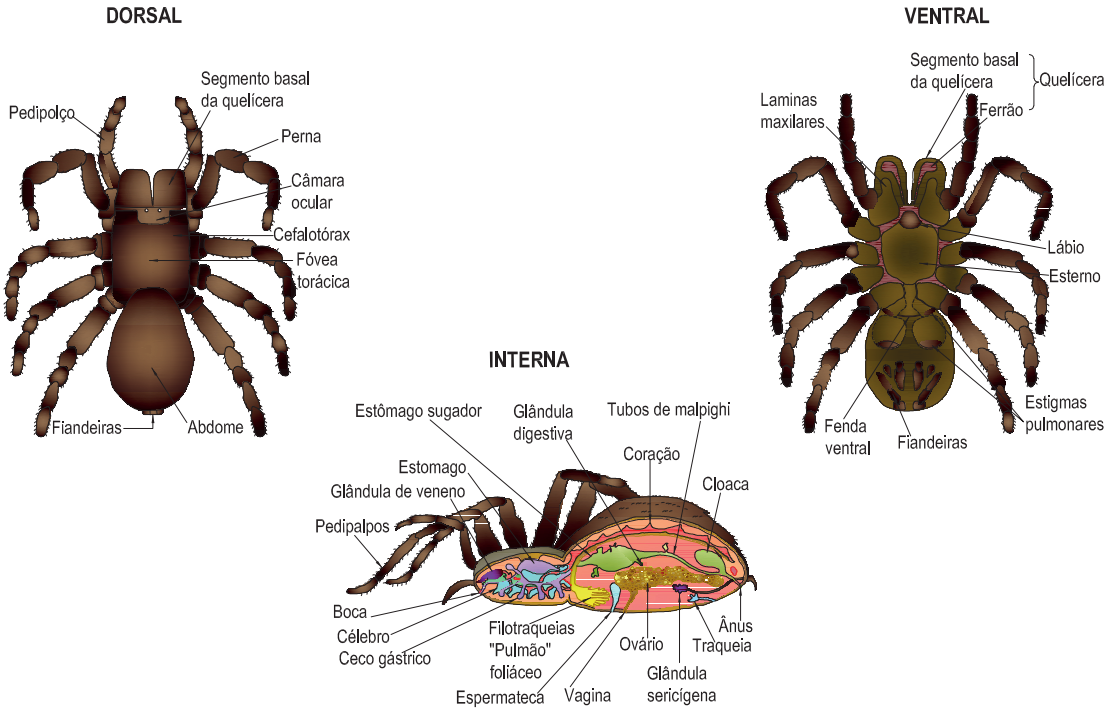
Além dos caracteres morfológicos que permitem o reconhecimento dos aracnídeos (quatro pares de pernas, quelíceras e divisão do corpo), há um conjunto de caracteres como órgãos sensoriais em fenda, túbulos de Malpighi, boca orientada anteriormente, perda da borda pleural da carapaça e pulmões foliáceos que definem *Arachnida* como um grupo natural.

7.4.1 Ordem *Araneae*

As aranhas são animais carnívoros, de vida livre, geralmente solitárias e predadoras, alimentando-se principalmente de insetos. São principalmente terrestres, existindo aproximadamente 36.000 espécies conhecidas, sendo que apenas 20 a 30 são consideradas como tendo veneno tóxico para o homem.

O veneno é uma solução enzimática utilizada para facilitar a decomposição das vísceras de sua presa, uma vez que elas não engolem, mas sim sugam suas "vítimas". Dependendo da espécie e do tipo de alimentação, este veneno varia e alguns são ativos no ser humano.

Quanto à morfologia, apresentam o corpo dividido em prosoma (ou cefalotórax) e opistosoma (ou abdômen), os quais são conectados pelo pedicelo. É no prosoma que estão localizadas quatro pares de pernas, um par de pedipalpos e um par de quelíceras (absorção de alimento), e integração nervosa (olhos, diversos órgãos sensoriais nas pernas, como cerdas, tricobótrias, órgãos em fenda e sensilas). Entretanto, o abdômen comporta funções de digestão, circulação, respiração, excreção, reprodução e produção de seda (Figuras 39A, 39B e 39C).



A B C

Figura 39 – Morfologia externa (A) dorsal, (B) ventral e interna de uma aranha.

No Brasil existem três gêneros de aranhas de importância médica: *Phoneutria*, *Loxosceles* e *Latrodectus*. Os acidentes causados por *Lycosa*, bastante frequentes, e pelas caranguejeiras, muito temidas, são destituídos de maior importância.

a) **Gênero *Phoneutria*.**

São conhecidas popularmente como aranhas armadeiras, em razão do fato de, ao assumirem comportamento de defesa, apoiarem-se nas pernas traseiras, erguerem as dianteiras e os palpos, abrirem

as quelíceras, tornando bem visíveis os ferrões, e procurarem picar (Figura 40A). Podem atingir de 3 cm a 4 cm de corpo e até 15 cm de envergadura de pernas.

Não constroem teia geométrica, sendo animais errantes que caçam principalmente à noite. Os acidentes ocorrem frequentemente dentro das residências e nas suas proximidades, ao se manusear material de construção, entulho, lenha ou calçando sapatos.

As espécies descritas para o Brasil são: *P. fera, P. keyserfingi, P. nigriventer* e *P. reidyi*. A picada pode envolver dor intensa no local, taquicardia e agitação, sudorese e vômitos ocasionais, vômitos intensos, convulsões e coma, edema pulmonar grave e parada cardiorrespiratória.

b) **Gênero *Loxosceles*.**

Conhecidas popularmente como aranhas-marrons, constroem teias irregulares em fendas de barrancos, sob cascas de árvores, telhas e tijolos empilhados, atrás de quadros e móveis, cantos de parede, sempre ao abrigo da luz direta. Podem atingir 1 cm de corpo e até 3 cm de envergadura de pernas (Figura 40B).

Não são aranhas agressivas, picando apenas quando comprimidas contra o corpo. No interior de domicílios, ao se refugiar em vestimentas, acabam provocando acidentes. As principais causadoras de acidentes são: *L. intermedia, L. laeta* e *L. gaucho.* Sua picada produz dor local, que aumenta gradativamente, acompanhada de edema, rubor, equimose regional e, finalmente, necrose do local. A classificação do acidente é denominada loxoscelismo, sendo que seu veneno possui ação altamente necrosante. Nos casos graves, hemoglobinúria, insuficiência renal aguda, havendo necessidade de soroterapia específica e acompanhamento médico.

c) **Gênero *Latrodectus*.**

São conhecidas popularmente como viúvas-negras. As fêmeas são pequenas e de abdômen globular, apresentando no ventre um desenho característico em forma de ampulheta. Constroem teias irregulares entre vegetações arbustivas e gramíneas, podendo também apresentar hábitos domiciliares e peridomiciliares.

Os acidentes ocorrem normalmente quando são comprimidas contra o corpo. As fêmeas apresentam o corpo com aproximadamente 1 cm de comprimento e 3 cm de envergadura de pernas (Figura 40C). Os machos são muito menores, em média 3 mm de comprimento, não sendo causadores de acidentes.

No Brasil, é registrada a ocorrência das espécies *L. curacaviensis* e *L. gemetricus,* principalmente na região Nordeste, e a picada pode provocar sudorese, dor no corpo, taquicardia e desconforto.

d) **Gênero *Lycosa*.**

São conhecidas como aranha-de-grama ou aranha-de-jardim. Os acidentes, apesar de frequentes, não constituem problema de saúde pública. São aranhas errantes, não constroem teia e frequentemente são encontradas em gramados e jardins. Podem variar de tamanho, sendo que as maiores atingem até 3 cm de corpo por 5 cm de envergadura de pernas (Figura 40D).



A B C D

Figura 40 – Exemplares de *Phoneutria spp* (A), *Loxosceles spp* (B), *Latrodectus variolus* (C), *Lycosa spp* (D).

Fonte: Ahid, 2009.

7.4.2 Ordem *Acari*

Inclui ácaros e carrapatos, os quais apresentam corpo pequeno, com cabeça, tórax e abdômen fundidos e não segmentados. Os indivíduos desta ordem podem ser encontrados em quase todos os *habitat* acessíveis à vida de animais (solo, húmus, alimentos armazenados, sobre vegetais, nas águas doces e salgadas), além de serem ecto ou endoparasitas de vertebrados e invertebrados, destacando aqui os carrapatos, parasitas que podem causar, além de incômodo, prejuízo nas criações de animais e doenças graves, também em humanos.

Os ácaros pertencem à subclasse *Acari* e estão entre os grupos mais diversos do planeta, sendo atualmente conhecidas cerca de 50.000 espécies descritas no mundo, estimando-se que possam existir mais de 1 milhão.

Este grupo diverso apresenta predadores, fitófagos, micófagos, saprófagos, coprófagos, necrófagos, foréticos e parasitas.

Os ácaros distinguem-se dos insetos por não apresentarem antenas, mandíbulas e maxilas. Eles possuem três pares de pernas logo após a eclosão e quatro pares nos estágios subsequentes, com exceção dos *Eriophyidae*, que apresentam dois pares em todos os estágios pós-embrionários.

As espécies de ácaros estão distribuídas em três superordens (*Opilioacariforme*, *Acariforme* e *Parasitiforme*), sete ordens e cerca de 400 famílias. A superordem *Opilioacariforme* é representada pela ordem *Opiliocarida*, a *Acariforme* pelas ordens *Prostigmata*, *Astigmata* e *Cryptostigmata*, e a *Parasitiforme* pelas ordens *Holothyrida* (= *Tetrastigmata*), *Mesostigmata* e *Ixodida* (= *Metastigmata*).

7.4.2.1 Ordem Prostigmata

Nesta ordem estão descritas cerca de 17.170 espécies no mundo, estando distribuídas em 1.348 gêneros e 131 famílias. É considerada a ordem mais diversa, possuindo ácaros de tamanho variando de 0,1 a 16 mm, que são encontrados em diversos *habitat* como predadores, parasitas, fitófagos e fungívoros.

7.4.2.1.1 Família Demodicidae

Ácaro dos folículos pilosos e glândulas sebáceas, são muito pequenos (0,1 a 0,4 mm de comprimento), possuem o corpo vermiforme, abdômen alongado e estriado transversalmente; adultos com quatro pares de patas rudimentares (Figura 41).



A B

Figura 41 – Fêmea (A) e ninfa (B) de *D. canis*.

Fonte: Ahid, 2009.

a) **Gênero *Demodex*.**

Entre estes ácaros podemos citar como exemplo a espécie *D. follicularum*, que vive no folículo piloso; e *D. brevis*, que habita as glândulas sebáceas. As infestações de ácaros *D. canis* encontradas

em associação com *Staphylococus pyogene albus* ou bactérias associadas parecem ser a causa real da perda de pelos nos cachorros.

7.4.2.2 Ordem *Mesostigmata*

Nesta ordem foram descritas cerca de 11.615 espécies pertencentes a cerca de 560 gêneros e 72 famílias. Os ácaros deste grupo têm tamanho variável (200 a 1.200 µm), sendo representados por predadores que ocorrem em uma variedade de *habitat* e por parasitas associados a vertebrados ou invertebrados.

7.4.2.3 Ordem *Astigmata*

Nesta ordem foram descritas 4.500 espécies que estão distribuídas em 627 gêneros e 70 famílias. Os ácaros são geralmente pouco esclerotizados, sendo encontrados em uma variedade de *habitat*, possuindo tamanho médio de 200 a 1.200 µm. Esta ordem apresenta duas subordens, a *Acaridia* e a *Psoroptidia*. Em *Acaridia* ocorrem ácaros de vida livre ou parasita, podendo estar associados a insetos ou a crustáceos, mas raramente a mamíferos. Em *Psoroptidia* ocorrem ácaros parasitas de aves e mamíferos, raramente de insetos ou de vida livre.

7.4.2.3.1 Família Sarcoptidae

Os ácaros da família *Sarcopidae* são conhecidos como causadores da sarna ou escabiose. Nesta família incluem-se os gêneros *Sarcoptes* e *Notoedres,* cada um produzindo um tipo particular de dermatoses.

a) **Gênero *Sarcoptes*.**

A escabiose ou sarna é uma ectoparasitose contagiosa, benigna, produzida pelo *Sarcoptes scabiei var. hominis* (Figura 42).

No ciclo biológico deste parasito, a fêmea fertilizada cava túnel na epiderme e deposita os ovos que eclodem em três a oito dias, e as larvas migram para a superfície da pele para mudança de estádio. Isto ocorre duas vezes, dando lugar ao estádio de ninfa e finalmente de adulto. O ciclo completo pode durar de dez a 14 dias. O acasalamento ocorre na superfície da pele, após a maturidade sexual, que se dá em dois dias após a eclosão dos adultos.

A escabiose desenvolve-se em 15 a 17 dias após a infestação. Os adultos perfuram galerias ou túneis na epiderme. A doença causada pelo ácaro decorre da perfuração da epiderme, dos produtos do metabolismo dos parasitos aí depositados e da presença dos ovos, levando à reação inflamatória, a escoriações, a vesículas, à urticária, a prurido intenso, à disseminação e à linfadenomegalia.

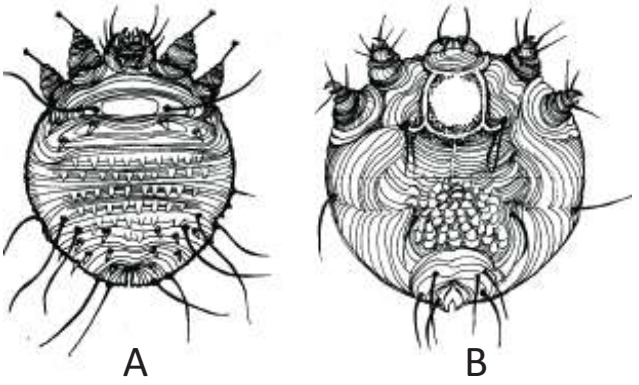


Figura 42 – Vista dorsal da fêmea (A) e vista ventral do macho (B) de *Sarcoptes scabei*.

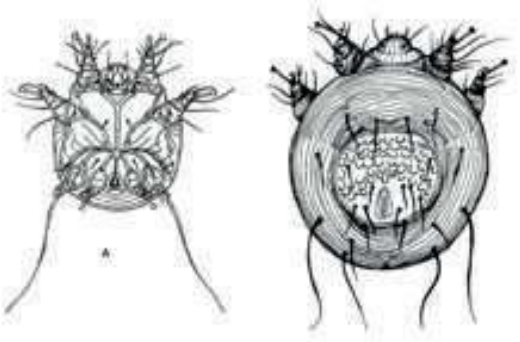
Fonte: Ahid, 2009.

A escabiose é transmitida por contato pessoal, sem preferência por idade, sexo ou raça. Este contágio pode se dar por via sexual ou pelo contato íntimo. Após a contaminação, o indivíduo pode disseminar o parasita junto às pessoas com quem convive. A superlotação dos domicílios e a utilização do mesmo leito e de pertences íntimos são fatores importantes no ciclo da transmissibilidade.

São parasitas permanentes e obrigatórios, localizando-se de preferência onde a pele é mais fina: espaços interdigitais, face anterior do antebraço, dobra do cotovelo, axilas, órgãos genitais, seios, nádegas e faces internas das coxas. Em grandes infecções pode atingir o corpo todo, exceto o rosto.

b) **Gênero *Notoedres*.**

Tem o gato como principal hospedeiro, mas ocasionalmente o cão, o coelho, o rato e os esquilos selvagens. Apresenta tamanho menor e mais circular que *Sarcoptes*; pernas curtas, espessas e cônicas; estrias concêntricas e ausência de espinhos (Figura 43). O ciclo biológico é semelhante ao de *Sarcoptes*, cujas fêmeas são encontradas em aglomerados (ninhos) e a transmissão ocorre por contato direto.



(A) (B)

Figura 43 – Face ventral do macho (A) e face dorsal da fêmea (B) de *Notoedres cati*.

Fonte: Ahid, 2009.

7.4.2.4 Superfamília *Ixodoidea*

A maioria das espécies de carrapatos é silvestre e habita florestas e pastagens, parasitando várias espécies de animais hospedeiros. Poucas espécies são encontradas em ambientes restritos, como ninhos e tocas de seus hospedeiros.

Os carrapatos são primariamente parasitos externos e animais silvestres e a maioria dos vertebrados terrestres está sujeita ao seu ataque. Atualmente, são conhecidas cerca de 800 espécies de carrapatos em todo o mundo, parasitando mamíferos, aves, répteis ou anfíbios. Estas espécies estão divididas em duas famílias principais, *Ixodidae* e *Argasidae*.

7.4.2.4.1 Família Ixodidae

Os ixodídeos, denominados de **carrapatos duros**, caracterizam-se por possuírem o capitulo (= falsa cabeça), na extremidade anterior do corpo; pela presença do escudo dorsal; e pela localização dos estigmas respiratórios após o IV par de patas. Esta família tem aproximadamente 660 espécies distribuídas em 14 gêneros.

a) **Gênero *Amblyomma*.**

O gênero *Amblyomma* inclui 102 espécies de carrapatos no mundo. No Brasil há 33 espécies; em sua maioria, são grandes e muito ornamentadas.

Amblyomma cajennense é a espécie mais importante, por sua distribuição geográfica e por parasitar grande número de animais domésticos e silvestres. Os hospedeiros preferidos da fase adulta

são o cavalo e o boi. Esta espécie comumente ataca o homem nas estações secas e frias, em qualquer fase de sua evolução.

No Brasil é conhecido como "carrapato-do-cavalo" ou **"**carrapato-estrela**"**, devido à mancha prateada que os machos trazem no escudo. É o vetor da babesiose equina no Brasil e da febre maculosa no homem, causada pelo *Rickettsia rickettsi*, uma zoonose que circula entre carrapatos e hospedeiros vertebrados.

O *A. cajennense* necessita de três hospedeiros de espécies iguais ou diferentes para completar seu ciclo de vida, que pode variar de um a três anos, dependendo das condições climáticas. Todas as mudas ocorrem no solo. Após a fixação das larvas no hospedeiro, estas iniciam o repasto, durando esta fase de parasitismo aproximadamente cinco dias. Após este período, as larvas desprendem-se do hospedeiro, caem no chão e buscam abrigo no solo, para realizar uma muda para o estágio ninfal, que ocorre em um período médio de 25 dias.

As larvas ou as ninfas desses carrapatos são denominadas de "micuins", "carrapato-pólvora" e "carrapatinho". As larvas podem permanecer no ambiente até seis meses sem se alimentar (Figura 44).

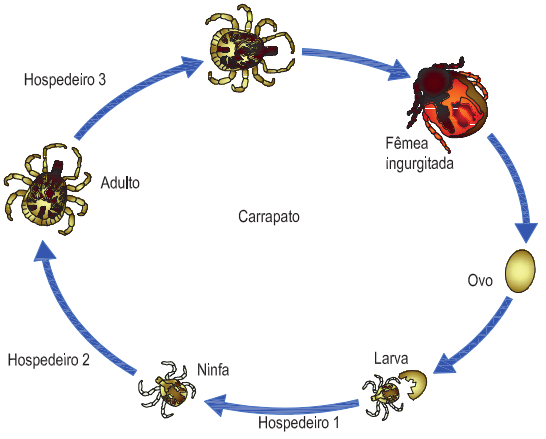


Figura 44 – Ciclo evolutivo de um carrapato de três hospedeiros.

Fonte: Adaptado de Ahid, 2008

A ninfa pode aguardar em jejum pelo hospedeiro por um período estimado de até um ano. Encontrando o segundo hospedeiro, ela se fixa e inicia um período de alimentação de aproximadamente cinco a sete dias, quando, completamente ingurgitada, solta-se do hospedeiro, cai no chão e realiza a segunda muda.

Após um período de aproximadamente 25 dias emerge um macho ou uma fêmea jovem que, em sete dias, encontra-se apto a realizar seu terceiro estádio parasitário. Neste ambiente, pode permanecer sem se alimentar por um período de até 24 meses, aguardando o hospedeiro. Quando isto acontece, machos e fêmeas fixam-se, fazem um repasto tissular e sanguíneo, acasalam e a fêmea fertilizada inicia um processo de ingurgitamento que finda em um prazo aproximado de dez dias.

A quantidade de ovos postos pela fêmea dentro de cada grupo de carrapato está relacionada com o seu respectivo peso. A quantidade de ovos desovados pelas fêmeas de *Amblyomma cajennense* está em torno de 5.000, de cor avermelhada.

b) **Gênero *Dermacentor*.**

São carrapatos de tamanho moderado a grande e, das 31 espécies deste gênero, a maioria necessita de três hospedeiros para completar seu ciclo biológico.

A espécie *Dermacentor nitens* parasita cavalos, asnos e mulas, sendo também registrada em bovinos, ovelhas, cabras, onças, cervídeos e cães. O local preferido de infestação é a orelha e o divertículo nasal, podendo, em fortes infestações, ser encontrada em qualquer parte do corpo. Supurações predispõem ao parasitismo por miíases. É um dos principais vetores da babesiose equina.

As transformações de larva a adulto ocorrem sobre o mesmo hospedeiro (Figura 45).



Figura 45 – Fêmea de *D. nitens* recém-emergida.

Fonte: Ahid, 2009.

c) **Gênero *Rhipicephalus*.**

Este gênero compreende aproximadamente 63 espécies e subespécies, quase todas com origem na região afrotropical, e atualmente *Rhipicephalus sanguineus* é cosmopolita.

A espécie *Rhipicephalus sanguineus,* carrapato marrom do cão, é vetor de diversos patógenos de importância para os cães, incluindo os agentes da babesiose, da hemobartolenose, da hepatozoonose e da erliquiose. Particularmente no que diz respeito à babesiose e à erliquiose, comuns em cães no nosso país, o único vetor, comprovado cientificamente, é o *R. sanguineus*.

Esse é um carrapato típico de três hospedeiros e, na fase parasitária, larvas e ninfas são encontradas notadamente no pescoço e em outras regiões anatômicas do cão; nas fases adultas, no pavilhão auricular e nos espaços interdigitais.

Seu ataque causa grande irritação e desconforto nos animais, com perdas de sangue. Os carrapatos adultos têm uma tendência para escalar muros e cercas, frequentemente abrigando-se em frestas e forro dos canis, em grande número, debaixo de móveis e outros locais. Eles desprendem-se dos cães, em qualquer fase de desenvolvimento, espalhando-se pelas habitações, encontrados às vezes em grandes números, sendo difícil o controle.

d) **Gênero *Boophilus*.**

Este gênero compreende cinco espécies e *Boophilus microplu*s é muito abundante, parasitando predominantemente os bovinos, podendo infestar também búfalos, cervos, camelos, cavalos, ovelhas, burros, cabras, gatos, veados-campeiros, capivaras, coelhos, preguiças, cães e porcos. Apesar de ser encontrado com frequência e em altas infestações em determinados locais, excepcionalmente ataca o homem. O carrapato do bovino é um ectoparasita de enorme importância na pecuária, em virtude das perdas econômicas que causa aos produtores.

- ***Boophilus microplus*.**

O ciclo biológico deste carrapato de um único hospedeiro tem duas fases: a) fase parasitária, na qual se fixa no hospedeiro até o adulto cair no solo depois da fecundação; e b) fase não parasitária, quando está no solo e os ovos e as larvas livres estão sujeitos às pressões ambientais.

A fêmea grávida inicia a oviposição em aproximadamente 72 horas após cair no solo e continua durante oito ou nove dias, com a postura de 2.000 a 4.000 ovos. A incubação dos ovos pode durar de a 19 a 180 dias, dependendo da estação do ano, com média de 40 dias.

As larvas, após a eclosão, são ativas e sobem em folhas do capim e outros objetos, em que se amontoam para fixar em hospedeiro que passe no local.

Em condições normais o ciclo de vida geralmente se completa em aproximadamente 60 dias.

7.4.2.4.2 Família Argasidae

Os argasídeos, também conhecidos como "carrapatos moles", recebem esta denominação porque não possuem escudo. Nesta família a maioria das espécies está associada às aves, sendo mais abundante nas regiões áridas que apresentam longas estações secas.

a) **Gênero *Argas*.**

Os membros deste gênero são aplanados, com margens evidentes, e não têm olhos.

- ***Argas miniatus*.**

É a espécie encontrada parasitando galinhas e também pombos, patos e pássaros silvestres. No ciclo biológico de *Argas sp* os adultos vivem nas frestas e nos buracos dos galinheiros e nos troncos de árvores, saindo à noite para sugar os hospedeiros, voltando aos esconderijos assim que ingurgitados. As fêmeas depositam os ovos nestas fendas em quantidades que variam de 25 a 100 ovos por postura. Em condições favoráveis chegam à fase adulta em 30 dias (Figura 46).

Este carrapato é o vetor da *Borrelia anserina* e *Aegyptanella pullorum* entre as aves, e altas infestações podem levar à morte das aves, podendo atacar o homem, sendo que sua picada causa intensa dor.

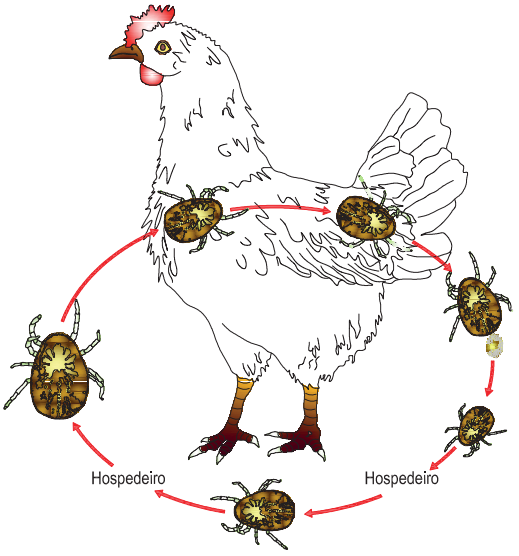


Figura 46 – Ciclo biológico de *Argas sp*.

Fonte: Adaptado de Ahid, 2009.

b) **Gênero *Ornithodoros*.**

Este gênero inclui aproximadamente 90 espécies em sete subgêneros. A espécie *Ornithodorus brasiliensis* é desprovida de olhos e os adultos estão sempre no solo. As ninfas e larvas são hematófagas de mamíferos. Possuem cinco estádios ninfas e geralmente se alimentam na área corpórea que está em contato com o solo.

c) **Gênero *Otobius*.**

Neste gênero a espécie *Otobius megnini,* conhecida como carrapato espinhoso da orelha, devido ao tegumento espinhoso das larvas e ninfas, invade as orelhas dos bovinos, equinos, ovinos, assim como de gatos, cachorros e outros animais domésticos.

O adulto não é parasito e vive em esconderijos, nos quais ocorre a cópula. Não se alimentam e, após a cópula, a fêmea inicia postura parcelada de ovos escuros e grandes no solo, por mais ou menos seis meses. O período de incubação pode durar de 18 a 23 dias em função da temperatura. Possuem

dois estádios ninfas que permanecem na orelha e transformam-se em adultos fora do hospedeiro. As toxinas desses carrapatos podem determinar paralisia nos animais.

7.4.2.5 Ordem *Scorpionida*

A ordem *Scoprpinida* é uma das mais antiga da classe *Arachnida* e surgiu no seluriano entre 425 e 450 milhões de anos atrás. Os escorpiões são animais carnívoros, alimentando-se principalmente de insetos como grilos ou baratas. Atualmente habitam regiões quentes e secas, são de atividade noturna, ocultando-se durante o dia em locais sombreados e úmidos, sob pedras, troncos, dormentes de linha de trem, entulhos, telhas ou tijolos.

Os escorpiões ou lacraus apresentam o corpo formado pelo tronco (prosoma e mesosoma) e pela cauda (metasoma). O prosoma dorsalmente é coberto por uma carapaça indivisa, o cefalotórax, e nele se articulam os quatro pares de pernas, um par de quelíceras e um par de pedipalpos. O mesosoma apresenta sete segmentos dorsais, os tergitos, e cinco ventrais, os esternitos. A cauda é formada por cinco segmentos, e, no final desta, situa-se o telso, composto de vesícula e ferrão (aguilhão) (Figura 47). A vesícula contém duas glândulas de veneno. Estas glândulas produzem o veneno que é inoculado pelo ferrão.

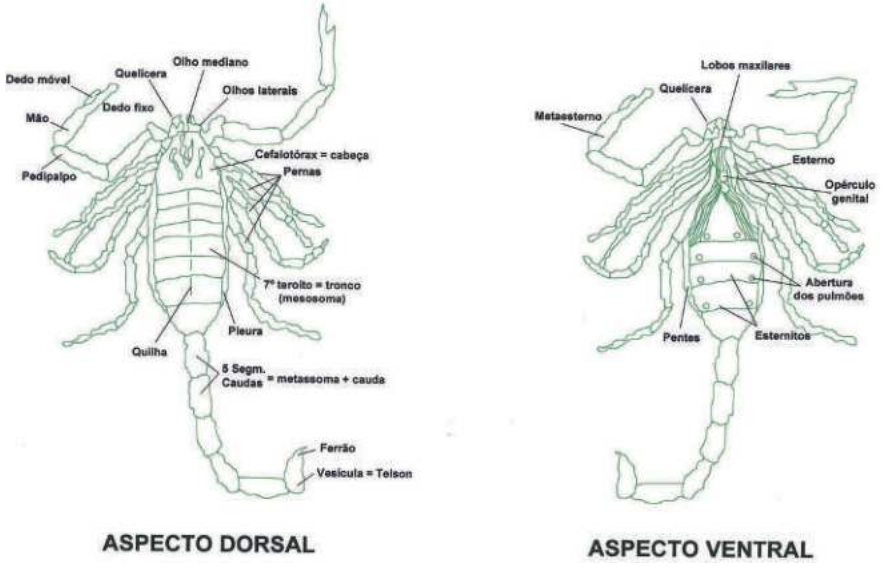


Figura 47 – Morfologia externa de escorpião.

Os escorpiões de importância médica no Brasil pertencem ao gênero *Tityus*, que é o mais rico em espécies, representando cerca de 60% da fauna escorpiônica neotropical.

7.4.2.5.1 Espécies do gênero Tityus

a) ***Tityus serrulatus.***

Apresenta o tronco marrom-escuro, pedipalpos, patas e calda amarelada, e uma mancha escura no lado ventral da vesícula. Comprimento de 6 cm a 7 cm (Figura 48A).

b) ***Tityus bahiensis.***

Apresenta o tronco marrom-escuro, patas com manchas escuras, pedipalpos com manchas escuras nos fêmures e nas tíbias. Comprimento de 6 cm a 7 cm (Figura 48B).

c) ***Tityus stigmurus.***

Apresenta tronco amarelo-escuro, um triângulo negro no cefalotórax, uma faixa escura longitudinal mediana e manchas laterais escuras nos tergitos. Comprimento de 6 cm a 7 cm (Figura 48C).

d) ***Tityus cambridgei.***

Possui tronco e pernas escuros, quase negros. Comprimento de aproximadamente 8,5 cm (Figura 48D).

e) ***Tityus metuendus.***

Possui tronco vermelho-escuro, quase negro, com manchas confluentes amarelo-avermelhadas, patas com manchas amareladas, cauda da mesma cor do tronco apresentando um espessamento dos últimos dois artículos. Comprimento de 6 cm a 7 cm (Figura 48E).



A B C D E

Figura 48 – Adultos de *Tityus serrulatus* (A), *T. bahiensis* (B), *T. stigmurus* (C), *T. cambridgei* (D), *T. metuendus* (E).

Os acidentes por *Tityus serrulatus* são mais graves que os produzidos por outras espécies de *Tityus* no Brasil. A dor local, uma constante no escorpionismo, pode ser acompanhada por parestesias. Nos acidentes moderados e graves, observados principalmente em crianças, após intervalo de minutos até poucas horas (2, 3 horas), podem surgir manifestações sistêmicas como: hipo ou hipertermia e sudorese profusa, náuseas, vômitos, sialorreia e, mais raramente, dor abdominal e diarreia, arritmias cardíacas, hipertensão ou hipotensão arterial, insuficiência cardíaca congestiva e choque, taquipneia, dispneia e edema pulmonar agudo, agitação, sonolência, confusão mental, hipertonia e tremores.

A gravidade depende de fatores como a espécie e o tamanho do escorpião, a quantidade de veneno inoculado, a massa corporal do acidentado e a sensibilidade do paciente ao veneno.

7.5 Controle de artrópodes

A partir das investigações sobre os modos de transmissão da cólera por John Snow em Londres, podemos afirmar que as práticas de saúde desenvolveram duas vertentes. De um lado, a da saúde pública, buscando atuar em todas as etapas do processo saúde-doença, e, de outro, a assistência médica preocupada com fenômenos biológicos individuais da doença.

7.5.1 A erradicação e o controle de doenças

A erradicação de doenças constitui forma particular de controle. Seu significado literal é "arrancar pela raiz", e seu objetivo é a interrupção da transmissão de doenças infecciosas pela eliminação de seus vetores ou agentes biológicos.

A primeira tentativa internacional de erradicação de doenças foi desenvolvida no continente americano, visando à febre amarela. As bases técnicas desse programa consistiram na aplicação da teoria de Finlay relativa à transmissão dessa moléstia por meio de um vetor. A utilização desse novo conceito objetivava livrar portos, grandes cidades e áreas agrícolas economicamente importantes de doenças para as quais as medidas tradicionais de controle sanitário (isolamento e quarentena) não se mostravam suficientes.

Essa iniciativa não obteve êxito em consequência da existência da febre amarela silvestre, fonte permanente de vírus para a reinfecção das áreas urbanas.

No entanto, esse fracasso deu origem ao programa de erradicação do vetor da febre amarela urbana, o *Aedes aegypti*, que, durante algumas décadas, esteve banido das cidades brasileiras. Entre os programas bem-sucedidos de erradicação, podemos citar o do *Anopheles gambiae*, em 1943, na região Nordeste do Brasil.

A erradicação distingue do controle, que é a significativa redução da prevalência de doenças específicas a níveis relativamente baixos de ocorrência, não obstante a transmissão possa ocorrer em frequência suficiente para evitar seu definitivo desaparecimento.

Associados à erradicação, foram incorporados procedimentos e termos militares; um deles é a palavra campanha, e pode ser entendida como uma intervenção institucional temporária e localizada, planejada e centralizada, que parte da concepção de que é possível controlar problemas coletivos de saúde, sejam eles epidêmicos, sejam endêmicos, por meio de ações que interromperiam o processo de contaminação da coletividade pelo bloqueio da cadeia de transmissão.

Conceitos mais recentes de controle de doenças definem como a série de esforços e intervenções integradas, dirigidas à população ou a subgrupos de alto risco nela existentes, visando prevenir, diagnosticar precocemente ou tratar um agravo à saúde, assim como limitar os danos por ele gerados.

Os instrumentos utilizados para as ações de controle dependem do tipo da estrutura do serviço de saúde que as implementarão. Nos casos de estrutura denominada "vertical", cada órgão desenvolve atividades voltadas ao controle de um único agravo, ou, em algumas situações, de um número restrito de doenças cujas medidas de intervenção sejam semelhantes, e, com frequência, utilizem os mesmos instrumentos.

A alternativa é a estrutura "horizontal", organizada de forma descentralizada e hierarquizada com atribuição de implementar programas integrais, isto é, voltados às ações de promoção e recuperação da saúde.

7.5.2 Manejo ambiental para controle de vetores

A influência do ambiente é cada vez mais notória e conduz a medidas preventivas, por meio de técnicas de manejo ambiental para diminuir as doenças transmitidas por vetores.

O manejo ambiental para controle de vetores compreende o planejamento, a organização, a realização e o monitoramento das atividades para a modificação e/ou a alteração de fatores ambientais ou a sua interação com o homem, a fim de prevenir ou minimizar a propagação do vetor e reduzir o contato entre homem, vetor e patógeno. Esta prática deve buscar a intensificação e a expansão dos fatores naturais, de forma prudente e hábil, que limitem a reprodução, a sobrevivência e o contato dos vetores com o homem.

A modificação ambiental é uma forma de manejo ambiental que consiste em transformação física permanente ou de longo prazo do solo, água ou vegetação para prevenir, eliminar ou reduzir os *habitat* dos vetores sem causar efeitos adversos na qualidade do ambiente humano. Tem-se métodos gerais de modificação ambiental, como a drenagem urbana e rural, a terraplanagem, a alteração da velocidade de fluxo da água, entre outros.

A manipulação ambiental consiste em atividades periódicas planejadas para produzir condições temporárias desfavoráveis para a reprodução dos vetores. As mudanças na salinidade da água, na regulação do nível da água nos reservatórios, no controle da vegetação, no sombreamento e a exposição à luz solar são exemplos de manipulação ambiental.

A modificação da habitação ou do comportamento humano é uma forma de manejo ambiental que reduz o contato entre o homem, o vetor e o agente etiológico. São exemplos destas atividades a implantação de assentamentos humanos longe dos criadouros de vetores, casas protegidas contra mosquitos, melhorias sanitárias domiciliares, como abastecimento de água, destino adequado de esgoto e resíduos sólidos, instalações para banho, entre outros.

A avaliação dos impactos dos grandes projetos de desenvolvimento econômico, como a construção de represas, barragens, rodovias, plantas industriais e colonização de novas terras agrícolas, deve avaliar os efeitos potenciais na saúde de uma população, e a distribuição daqueles efeitos dentro da população. Esta avaliação de impacto é uma combinação de procedimentos e métodos para julgar uma política, um programa ou um projeto, e tem quatro elementos-chave que são: a identificação dos parceiros envolvidos e dos perigos; a avaliação dos riscos; e o manejo dos riscos para a saúde pública.

7.5.3 Controle integrado de vetores

As doenças de transmissão vetorial como Malária, Dengue, Chagas, Zika, Chikungunya e Leishmanioses continuam sendo um grave problema de saúde pública, e o controle dos vetores é o único meio de proteger a população da infecção.

O conceito de controle integrado de vetores baseia-se nos ensinamentos extraídos do manejo integrado de pragas do setor agrícola e procura otimizar e racionalizar o uso de recursos e ferramentas para o controle de vetores. O controle integrado de vetores define-se como um processo decisório racional para a utilização ótima dos recursos para o controle de vetores. Procura melhorar a eficácia e a eficiência dos programas de controle de vetores, um método sustentável em longo prazo e ecologicamente adequado, que reduzirá a dependência dos inseticidas.

O manejo integrado dos vetores constitui-se em ações combinadas de manejo ambiental, promoção de proteção pessoal, educação ambiental, controle biológico, controle químico, ações legais e melhoramento da gestão de serviços públicos de controle de vetores.

Referências bibliográficas

AHID, S. M. M. **Apostila Didática em Entomologia Veterinária**. [s.l.]: [s.n.], 2009. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/98/ENTOMOLOGIA/APOSTILA%20ENTOMOLOGIA%20VETERIN%C3%81RIA2009.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. **Arachnida/Acari:** carrapatos e ácaros. [s.l.]: [s.d.]. Apresentação de slides. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/98/ENTOMOLOGIA/CARRAPATOS_AHID.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2015.

ANDRADE, C.F.; et al. Controle da pediculose: um projeto educativo. Unicamp, 2000.

BARNES, A. M.; RADOVSKY, F. J. A. New Tunga (Siphonaptera) from the Neartic region with description of all stages. **J. Med. Entomol.,** v. 6, n. 1, p. 19-36, 1969.

BRASIL. Ministério da Saúde. Superintendência de Campanhas de Saúde Pública. **Resumo dos principais caracteres morfológicos diferenciais do Aedes aegypti e do Aedes albopictus**. Brasília: MS, 1989.

_____. _____. Fundação Nacional de Saúde (Funasa). **Manual de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos**. Brasília: MS, 1998. 131p.

_____. _____. _____. **Manual de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos**. 2. ed. Brasília: MS, 2001. 120p.

_____. _____. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de vigilância epidemiológica de febre amarela**. Brasília: MS, 2004. 70p.

_____. _____. Fundação Nacional de Saúde (Funasa). **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: MS, 2007. 408p.

_____. _____. _____. **Manual de saneamento**. 4.ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

_____. _____. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Vigilância em Saúde**: zoonoses. Brasilia: MS, 2009. 244p. (Cadernos de Atenção Básica, n. 22).

_____. _____. **Cabeça de pulga com presença de ctenídeos genais e detalhes das peças bucais**. Rio de Janeiro: MS; Fiocruz, 2014a. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/media/artropodes_dentro1.jpg >. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. _____. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de vigilância de epizootias em primatas não humanos e entomologia aplicada à vigilância da febre amarela**. 2. ed. Brasília: MS, 2014b. 100p.

_____. _____. _____. **Preparação e resposta à introdução do virus Chikungynya no Brasil.** Brasília: MS, 2014c. 100p.

_____. _____. **Conheça a diferença entre dengue, zika e chikungunya**. Brasília: MS, 2015. Disponível em: <http://www.blog.saude.gov.br>. Acesso em: 11 dez. 2015.

_____. _____. **Flebotomíneo macho**. Rio de Janeiro: MS; Fiocruz, [s.d.]a. Disponível em: <http://www.agencia.fiocruz.br>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. _____. **Diferenciação dos gêneros (A) Panstrongylus, (B) Rhodnius e (C) Triatoma.** Minas Gerais: MS; Fiocruz, [s.d.]b. Disponível em: <http://www.cpqrr.fiocruz.br/laboratorios/lab_triato/figura2c.jpg>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. _____. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Febre do Zika Vírus**. [s.l.]: [s.d.]c. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/zika>. Acesso em: 24 mar. 2017.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Entoology and Ecology**. [s.l.]: [s.d.]a. Disponível em: <http:// www.cdc.gov>. Acesso em: 15 dez. 2015.

_____ Aedes alboripictus. Wikimedia 2003. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aedes albopictus. Acesso em 15 dez.2015.

_____. **Sucking Lice**. [s.l.]: [s.d.]b. Disponível em: <http://phil.cdc.gov/phil/home.asp>. Acesso em: 15 dez. 2015.

COCHRAN, D. G. C. **Their biology, distribution and control**. Genebra: World Health Organization, 1999.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994. Disponível em: <static.sielo.orgs/cielobooks/th.pdf/>. Acesso em: 10 fev. 2015.

COUTO JÚNIOR, A. S. *et al*. Oftalmoniíase externa causada por Dermatobia hominis. **Rev. Bras. Oftalmol.**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 5, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script_sci_arttext&pid-50034-72802010000500010&Ing-en&nrm-iso>. Acesso em: 24 mar. 2015.

FORATTINI, O. P. Comportamento exófilo de Anopheles darlingi Root em Região Meridional do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 21, p. 291-304, 1987.

_____. Os cimicídeos e sua importância em saúde pública (Hemiptera-Heteroptera: Cimicidae). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, n. 24, 1990. Suplemento.

_____. **Culicidologia Médica**, São Paulo, v. 2, 2002. GOUVEIA, S. Culicídeos (Mosquitos). **Look Closer**, 30 out 2013. Disponível em: <http://lookcloser-saudeambiental.blogspot.com.br/2013/10/culicideos-mosquitos.html>. Acesso em: 24 mar. 2013.

HARBACH, R.E. The culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. Sootaxa, 1668:591-638 (2007).

HILDEBRAND, M. **Análise da Estrutura dos Invertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1995. 700p.

HILL, C. A.; MACDONALD, J. F. **Biting midges**: biology and public health risk. West Lafayette: Purdue University, 2010. Disponível em: <http: extension.entm.purdue.edu/publications/E-250.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2015.

HILL, C. A.; PLATT, J.; MACDONALD, J. F. **Black flies**: biology and public health risk. West Lafayette: Purdue University, 2010. Disponível em: <http:extension.entm.purdue.edu/publications/E-251.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2015.

HUIDZIEKTEN.NL. **Adulto de Cimex lectularius.** [s.l.]: [s.n.], 2014. Disponível em: <http://www.huidziekten.nl/afbeeldingen/bedbug-Cimex-lectularius-4.jpg>. Acesso em: 10 fev. 2015.

MARQUES, F. **Cientistas investigam no MS casos de leishmaniose visceral que não exibem sintomas**. Manguinhos: Fiocruz, 2009. Disponível em: <http://www.agencia.fiocruz.br/cientistas-investigam-no-ms-casos-de-leishmaniose-visceral-que-nao-exibem-sintomas>. Acesso em: 23 mar. 2015.

MEDVEDEV, S. G. Specific features of the distribution and host associations of fleas (Siphonaptera). **Entomol. Rev.**, v. 82, p. 1165-1177, 2002.

NEVES, D. P. *et al*. **Parasitologia humana**. São Paulo: Atheneu, 1997. 524p.

OPS – ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. **Preparación y respuesta ante la eventual introducción del virus chikungunya en las Américas**. Washington: OPS, 2011. 148p.

OZANIMALS. Australian wildlife. **Adulto de Periplaneta australasiae**. [s.l.]: [s.n.], 2014. Disponível em: <http://www.ozanimals.com>. Acesso em: 10 fev. 2015.

PINHEIRO, F. P. *et al.* Oropouche vírus IV. Laboratory transmission by Culicoides araensis. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 30, n. 1, p. 172-176, 1981.

PURDUE EXTENSION ENTOMOLOGY. **Ciclo de vida de Ceratopogonidae**. [s.l.]: [s.n.], 2014a. Disponível em: <://extension.entm.purdue.edu/publichealth/images/midges02.jpg>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. **Ciclo de vida de Simuliidae**. [s.l.]: [s.n.], 2014b. Disponível em: <http://extension.entm.purdue.edu/ publichealth/images/blackfly/blackflydiag.jpg>. Acesso em: 10 fev. 2015.

RESENDE, M. C.; GAMA, R. A. Persistência e eficácia do regulador de crescimento pyriproxyfen ein condições de laboratório para Aedes aegypti. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical,** v. 39, n. 1, p. 72-75, 2006.

RESENDE, M. C.; SILCA, I. M.; EIRAS, A. E. Avaliação da operacionalidade da armadilha MosquiTRAP no monitoramento de Aedes aegypti. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 19, n. 4, p. 329-338, 2010.

REY, L. **Parasitologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001. 856p.

ROTRAUT, A. G. B; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998. 228p.

SANTOS, V. S. dos. "Ciclo de vida do Aedes aegypti"; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/animais/ciclo-vida-aedes-aegypti.htm>. Acesso em 09 de outubro de 2018.

SCIENCE PHOTO LIBRARY. **Flebotomíneo fêmea**. [s.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.sciencephoto.com/media/>. Acesso em: 10 fev. 2015.

SEGURA, M. N. D.; CASTRO, F. C. **Atlas de culicídeos na Amazônia brasileira**: características específicas de insetos hematófagos da família Culicidae. Belém: Instituto Evandro Chagas, 2007. 67p.

SLOSS, M. W.; ZAJAC, A. M.; KEMP, R. L. **Parasitologia Clínica Veterinária**. 6. ed. São Paulo: Manole, 1999. 198p.

SPENCER ENTOMOLOGICAL MUSEUM. **Spencer Entomological Collection at The Beaty Biodiversity Museum**. [s.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.biodiversity.ubc.ca/entomology_pictures/Diptera/Oesteridae>. Acesso em: 24 mar. 2015.

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. Departamento de Microbiologia e Parasitologia. ***T. penetrans:*** (A) larva; (B)macho; (C) fêmea penetrando na pele de seu hospedeiro; (D) fêmea grávida, repleta de ovos; (E) lesões no pé causadas pela fêmea grávida (bicho-do-pé). Rio de Janeiro: UFF, 2014. Disponível em: <http://parasitandonaweb.xpg.uol.com.br/crbst_210.jpg>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UFMG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Ciências Biológicas. **Adulto de Cochliomyia Hominivorax**. Belo Horizonte: UFMG, 2012. Disponível em: <www.icb.ufmg.br>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Eletrônico de Parasitologia**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2010. Disponível em: <http:// www.ufrgs.br/para-site/>. Acesso em 24 mar 2015.

_____. **Adultos de piolho do corpo, piolho da cabeça e lêndea no cabelo**. Porto Alegre: UFRGS, 2014a. Disponível em: <www. ufrgs.br>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. **Adultos de Pthirus púbis**. Porto Alegre: UFRGS, 2014b. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/para-site/siteantigo/Imagensatlas/Athropoda/Imagens/pthirus2.jpg>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA. The Biodiversity Research Centre. **Adulto de Cuterebra tenebrosa juntamente com pupa**. Vancouver: University of British Columbia, 2014a. Disponível em: <http://www.biodiversity.ubc.ca/entomology_pictures/Diptera/Oesteridae>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. The Biodiversity Research Centre. **Adulto de G. nasalis**. Vancouver: University of British Columbia, 2014b. Disponível em: <http://www.biodiversity.ubc.ca>. Acesso em: 10 fev. 2015.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Ciências Biomédicas. Departamento de Parasitologia. Laboratório de Biologia Molecular de Coccídias. **Adulto de Dermatobia hominis**. São Paulo: USP, 2012a. Disponível em: <http://www.coccidia.icb.usp.br>. Acesso em: 10 fev. 2015.

_____. Instituto de Ciências Biomédicas. Departamento de Parasitologia. Laboratório de Biologia Molecular de Coccídias. **Larvas de G. nasalis, Larva de G. intestinalis**. São Paulo: USP, 2012b. Disponível em: <http://www.coccidia.icb.usp.br>. Acesso em: 10 fev. 2015.

WEIDHASS DE GRATZ, N. G. **Lice**. Geneva: World Health Organization, 1982.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Report of the seventh meeting of the scientific working group on biological control of vectors**. Geneva: WHO, 1984. 33p.

_____. Resistance of vectors and reservoirs of disease to pesticides. **Technical Report Series**, v. 737, 1986.

_____. Pesticide application equipment for vector control. **Technical Report Series**, v. 791, 1990.

WRIGHT, J. W. The WHO programme for the evaluation and testing of new insecticides. **Bull. Wld. Hlth. Org.**, v. 44, p. 11-22, 1971.

8 Roedores

8.1 Introdução

Os roedores são evolutivamente bem adaptados, pois estão presentes em praticamente todos os tipos de nichos, podendo ser encontrados nos mais diversos tipos de clima, desde os mais quentes e desérticos, passando por regiões tropicais e chegando aos limites mais frios, como a tundra gelada, porém não são observados no continente antártico. Estão adaptados a grandes altitudes, conferindo, assim, uma ocorrência tanto litorânea quanto montanhosa. As espécies de roedores também adquiriram adaptações diversas para sua sobrevivência, podendo, assim, ser: terrestres, arborícolas, fossoriais, saltatórios (formas de desertos) ou semiaquáticos, mas não existem formas marinhas.

A ordem dos roedores apresenta uma diversidade de tamanho bem marcante, sendo normalmente pequenos, quando comparados com outras ordens da classe *Mammalia* (LINNAEUS, 1758). A maior espécie desta ordem é representada pela capivara, *Hydrochaeris hydrochaeris*, pertencente à família *Hydrochaeridae*, encontrada na região neotropical, podendo chegar a 1,3 metro de altura e pesar até 50 quilogramas. As menores espécies são representadas pela família *Muridae*, em que seus exemplares podem apresentar baixo tamanho corporal de até 10 centímetros e pesar até 5 gramas.

A primeira das três espécies de roedores sinantrópicos a alcançar a Europa e as Américas foi o rato de telhado. Provavelmente, sua origem está nas ilhas da Indonésia e das Filipinas, e sua dispersão para a Europa deu-se a partir da Índia, por meio das rotas de comércio de mercadorias e também pelos navios que transitavam entre a Índia e a Pérsia, navegando no Golfo Pérsico e no Mar Vermelho. A partir dessas rotas marítimas de comércio, eles alcançaram a África e o Mediterrâneo, sendo provável que esse animal fosse familiar aos antigos gregos e romanos.

8.2 Importância

Desde o advento da agricultura os roedores têm causado imensos prejuízos, tanto à produção de alimentos quanto, principalmente, à saúde da população humana.

As profundas alterações no meio ambiente pelas populações humanas, principalmente a produção e o armazenamento de alimentos, bem como o estabelecimento de rotas de comércio e transportes, têm permitido a proliferação e a dispersão dos roedores de seu local de origem na Ásia para todos os ambientes que o homem habita, especialmente para os grandes centros urbanos, em que há possibilidades de alimento, abrigo e acesso.

8.2.1 Prejuízos econômicos

Devido ao seu hábito de roer, estes animais podem causar graves acidentes, em função dos danos que ocasionam às estruturas, aos maquinários e aos materiais, podendo, por exemplo, danificar computadores, fios elétricos e cabos telefônicos, provocando curtos circuitos e incêndios.

Os roedores causam prejuízos nas plantações, no transporte e na estocagem de alimentos. Em alguns casos esses prejuízos podem chegar a 70% dos hortifrutigranjeiros. Em outras culturas, como o cacau, até 25%; algodão, 12%; trigo, 10% a 15%; cana-de-açúcar, 2%; e arroz, 10% a 30%.

Os roedores inutilizam em torno de 4% a 8% da produção nacional de cereais, raízes e sementes pela ingestão e pelos estragos em rações e farelos, bem como pela quebra parcial de grãos por meio de roeduras.

8.2.2 Prejuízo na saúde pública e animal

Os roedores transmitem doenças virais, como coriomeningite linfocítica, hantavirose e febres hemorrágicas. Além de doenças bacterianas, como febre por mordedura do rato, salmonelose, leptospirose, peste, tifo murino, brucelose e erisipela bolhosa, transmitem doenças fúngicas, como micoses e parasitoses, a exemplo da doença de Chagas, da toxoplasmose, da verminose, da triquinose, da esquistossomose e da angiostrongilíase abdominal.

Os prejuízos ocasionados pela transmissão das doenças, além de onerarem o sistema de saúde, causam a perda de produtividade dos indivíduos acometidos.

8.2.2.1 Leptospirose

A leptospirose é uma doença causada por sorovares da *Leptospira spp*, que acometem roedores e outros mamíferos silvestres, e constitui um problema veterinário de grande relevância, atingindo animais domésticos, como cães e gatos, além de outros animais de importância econômica, como bovinos, equinos, suínos, caprinos e ovinos.

O rato é o principal reservatório da *Leptospira spp,* pois é capaz de permanecer eliminando o micro-organismo pela urina por toda sua vida, constituindo-se em um portador assintomático universal. Sua ocorrência no mundo inteiro faz com que a leptospirose não conheça limites geográficos.

A *Leptospira spp* é transmitida de animal a animal e de animal ao ser humano. A transmissão humano a humano existe, porém é rara, sendo rara também a transmissão transplacentária, que é comum entre animais.

A precariedade dos sistemas de saneamento ambiental e os baixos níveis de educação e de renda são alguns dos fatores responsáveis pelas infestações por roedores, e, com isso, aumentam o risco de transmissão de doenças.

8.2.2.2 *Capillaria hepatica*

O helminto *Capillaria hepatica* afeta principalmente *Rattus norvegicus, Rattus rattus* e *Mus musculus*, bem como outras espécies de roedores silvestres.

No ciclo parasitário da *C. hepatica* os ovos no meio ambiente necessitam de 28 a 30 dias para tornarem-se embrionados e infectantes. O animal hospedeiro infecta-se ingerindo ovos embrionados, que, ao eclodirem no ceco, liberam larvas. Estas formas intermediárias migram até o fígado, no qual são encontrados vermes adultos e ovos. A liberação dos ovos do fígado ocorre por duas formas: após a morte e a decomposição do hospedeiro, ou por meio das fezes de animais que tenham ingerido fígado (predação ou canibalismo) de animal infectado.

8.2.2.3 *Poxvirus*

Os *Poxvirus* constituem um grupo de vírus capazes de infectar o homem e muitas espécies de vertebrados e invertebrados.

Nos vertebrados, os vírus desse grupo causam, essencialmente, infecções vesículopustulares com diferentes graus de severidade. Dos oito gêneros conhecidos dessa família, quatro infectam o homem: *Orthopoxvirus, Parapoxvirus, Yatapoxvirus* e *Molluscipoxvirus.*

O vírus da varíola humana (*Smallpoxvirus*, gênero *Orthopoxvírus*) infecta exclusivamente humanos. O vírus da varíola dos macacos (*Monkeypoxvirus*), que inicialmente circulava exclusivamente na África, foi introduzido nas Américas por meio de um roedor utilizado como animal de estimação.

No grupo dos *Parapoxvírus* encontra se o vírus *Orf*, transmitido ao homem por ovinos e caprinos. O vírus *Pseudocowpox* (ou *Paravaccinia*), conhecido como nódulo do ordenhador, e o vírus da estomatite papular, são originários de bovinos.

O gênero *Moluscipoxvirus* inclui apenas o vírus do molusco contagioso, que ocorre em todo o mundo, exclusivo de humanos. Causa lesão papular transmitida por contato direto. Este vírus tem surgido como um agente oportunista em síndromes de imunodeficiência adquirida.

8.2.2.4 Outros agravos à saúde pública

A presença desses roedores sinantrópicos pode trazer outros agravos à saúde, como mordeduras, alergias, salmoneloses e verminoses.

Pacientes asmáticos apresentam crises mais frequentes devido à sensibilidade alérgica que essas pessoas apresentam aos pelos, às secreções e às excreções de ratos e camundongos.

A salmonelose, doença que causa complicações gastrointestinais, pode ser transmitida pelas fezes dos roedores, mas esses animais também podem portar e disseminar outros patógenos responsáveis por sérias doenças aos seres humanos, como a criptosporidiose, a toxoplasmose e algumas verminoses.

Uma das principais doenças transmitidas por roedores é a hantavirose, doença viral transmitida pelos roedores ao homem. O modo de infecção é o contato com secreções e/ou excretas de roedores, principalmente por inalação de aerossóis. A enfermidade clínica apresenta-se de forma muito variável, desde uma doença febril inespecífica até uma forma mais grave, denominada síndrome cardiopulmonar por hantavírus.

Devido a mudanças nos hábitos de higiene e nas condições de moradia, uma doença de importância em roedores sinantrópicos é o tifo murino. É uma doença febril aguda causada pela bactéria *Rickettsia typhi*, e o principal agente transmissor é a pulga do rato, *Xenopsylla cheopis*.

Finalmente, a peste bubônica foi importante doença transmitida pelos roedores ao longo da história, especialmente na Idade Média, em que fez centenas de milhares de vítimas fatais. Atualmente esta doença encontra-se em quase todo o mundo, restrita à sua forma silvestre, não tendo, portanto, a participação dos roedores sinantrópicos em sua cadeia de transmissão. Mas, apesar disso, a peste é considerada um problema de saúde pública de grande importância epidemiológica por seu potencial epidêmico e elevada letalidade.

8.3 Aspectos da biologia e comportamento

A ordem *Rodentia* tem se destacado pelo seu sucesso na colonização dos ambientes terrestres em relação aos outros mamíferos. A origem e a disseminação dessa ordem estão baseadas primariamente na especialização dos dentes incisivos, das bochechas e do aparelho musculoesquelético da mandíbula, da maxila e do crânio, para roer e mascar.

8.3.1 Habilidades sensoriais

Os roedores são animais de hábitos noturnos e possuem adaptações sensoriais especiais para se locomover na ausência de luz, obter alimento, água, e evitar os predadores. Destacam-se por seu senso de olfato, paladar, sensibilidade tátil, acuidade auditiva, senso de exploração e localização.

Olfato: os roedores sinantrópicos possuem aguçado senso de olfato; locomovem-se movendo ativamente a cabeça, farejando o ambiente. Por onde passam deixam seu odor, por meio da urina ou de secreções do corpo, para que essas trilhas sejam seguidas por outros indivíduos. O odor é importante na distinção de membros do mesmo grupo, de fêmeas receptivas, de fontes de alimentos, e em muitos outros aspectos do comportamento desses animais.

Tato: este sentido é altamente desenvolvido nos roedores sinantrópicos, sendo as vibrissas, pelos compridos próximos ao focinho, constantemente movimentadas para "sentir" o ambiente. Para ter uma locomoção segura, os roedores sempre se locomovem "tateando" as superfícies verticais, como paredes, com os pelos táteis, mais longos que os restantes e dispostos a intervalos regulares na pelagem, sendo este comportamento conhecido como tigmotaxia. As vibrissas e os pelos táteis são as principais estruturas responsáveis pelo tato, e permitem que sejam localizados e reconhecidos obstáculos, superfícies

planas e horizontais, bem como o relevo do ambiente em que os roedores habitam. Devido a esse comportamento, os roedores sinantrópicos sempre usam os mesmos caminhos e passagens, por isso, onde costumam habitar, formam trilhas características, em que o mato deixa de crescer, ou formam marcas de gordura oriundas do atrito do corpo dos animais com as superfícies das paredes e dos objetos.

Audição: roedores têm senso de audição muito desenvolvido e adaptado para a localização de objetos no escuro, inclusive são capazes de emitir ultrassons (na faixa de 45 Hz), os quais utilizam para ecolocalização.

Visão: roedores sinantrópicos não possuem boa acuidade visual, sendo capazes apenas de enxergar formas simples e detectar movimentos, porém possuem boa percepção de profundidade, importante para o ato de saltar.

Paladar: de modo geral, os roedores possuem excelente paladar, muito similar ao do ser humano. Normalmente optam por ingerir os alimentos mais nutritivos e palatáveis, especialmente os ricos em açúcares, proteínas e gorduras. Podem detectar pequenas concentrações (até 3 ppm) de substâncias desagradáveis nas iscas e nos alimentos, evitando-as.

Orientação: em geral os roedores possuem alto senso de exploração e direção, sendo extremamente ativos na investigação do seu território. A associação desses fatores possibilita que eles tenham um conhecimento apurado da sua área de vida, a qual é totalmente "mapeada" em seu cérebro. Isto possibilita que conheçam a topografia, as rotas de fuga, os esconderijos, os obstáculos e todas as demais características que lhe sejam importantes para a sua sobrevivência. Esse comportamento é denominado cinestésico. Os roedores urbanos também se destacam pelas mais diversas habilidades físicas, como saltar, escalar, cavar, mergulhar, correr, entre outras.

8.3.2 Alimentação

Os roedores urbanos caracterizam-se por serem animais onívoros, comendo qualquer espécie de alimento encontrado. Apesar de cada espécie apresentar peculiaridades quanto aos seus hábitos alimentares em ambiente silvestre e rural, na área urbana eles se valem dos alimentos que são mais abundantes e, portanto, facilmente encontrados. O lixo doméstico constitui-se, talvez, na mais importante fonte de alimento para roedores nesse ambiente. Ali eles encontram os mais diversos tipos de alimento capazes de satisfazer às suas necessidades nutricionais e metabólicas.

O rato de telhado apresenta preferência por alimentos mais úmidos e ricos em açúcares, sua alimentação baseia-se na ingestão de frutas, verduras, folhas, raízes, fungos e pequenos vertebrados. A ratazana, por sua vez, alimenta-se principalmente de grãos, cereais, sementes, além de ter preferência acentuada por alimentos ricos em gordura e proteínas, como carne e ovos.

8.3.3 Reprodução

A principal característica que torna roedores adaptáveis a qualquer ambiente é sua alta taxa reprodutiva, a qual resulta de rápida maturidade sexual, curto período gestacional, estro pós-parto, gestação poliestral e grandes ninhadas. A soma dessas características resulta em uma taxa exponencial de crescimento quando há suficiente oferta de alimento e abrigo para suportar o crescimento contínuo da população. Estima-se que, sob condições teóricas ideais, e presumindo que todos os filhotes sobrevivam, um casal de camundongos geraria, em um ano, 2.000 descendentes.

Das três espécies de roedores sinantrópicos, certamente a mais prolífera é a ratazana, que produz entre oito e 12 ninhadas por ano, com cerca de sete a 12 filhotes por ninhada. Em seguida vem o rato de telhado, com quatro a oito ninhadas por ano, produzindo, também, de sete a 12 filhotes por ninhada. Finalmente, aparece o camundongo, com apenas quatro a seis ninhadas por ano, produzindo de três a oito filhotes por ninhada.

O período gestacional para as três espécies é curto, durando entre 19 e 24 dias. O período de amamentação dura cerca de 30 dias e os filhotes tornam-se maduros sexualmente entre dois e três meses de idade, ou até menos, para o caso do camundongo.

O ciclo estral dura entre quatro e seis dias, com quatro estágios: proestro, estro, metaestro e diestro. Durante o período fecundo, que compreende o estro, uma fêmea de ratazana pode acasalar até 500 vezes. Outra característica que torna os ratos e camundongos altamente prolíferos é o estro pós-parto. Quando as condições ambientais são favoráveis, uma fêmea pode entrar em estro três a cinco dias após ter dado à luz a uma ninhada, sem interromper a amamentação e os cuidados com os recém-nascidos. Um fator que contribuiu evolutivamente com o sucesso adaptativo desses roedores é o cuidado parental dispensado pelas fêmeas com suas ninhadas, já que isto aumenta a chance de sobrevivência dos filhotes, bem como a capacidade de se adaptarem ao ambiente onde vivem.

8.4 Classificação dos roedores

Os roedores pertencem à ordem *Rodentia*, cujo nome deriva da palavra latina *rodere*, que significa roer.

Para identificar um roedor devem ser observadas características morfológicas como:

a) **Dentição**: os roedores não possuem dentes caninos, ficando um espaço entre os incisivos e molares, denominado diástema.

b) **Crânio**: a estrutura dos ossos do crânio difere entre os diversos gêneros, de maneira que a sua observação constitui o meio mais efetivo para determinação do gênero a que pertence o roedor.

c) **Cauda**: a presença ou ausência da cauda permite distinguir entre as famílias de uma subordem, e o comprimento e o seu aspecto (cônica ou afilada, pilosa ou nua, anéis visíveis ou não, distribuição dos pelos quando presentes, seu tipo e coloração) ajudam a distinguir os diferentes gêneros e/ou até as espécies.

d) **Patas**: o comprimento das patas em relação ao tamanho do animal, a presença ou a ausência de pelos, o tipo e a distribuição destes quando presentes, a presença ou a ausência de membranas interdigitais, o número de calos e a cor das patas, constituem detalhes que ajudam a reconhecer o gênero a que pertence o animal (Figura 1).

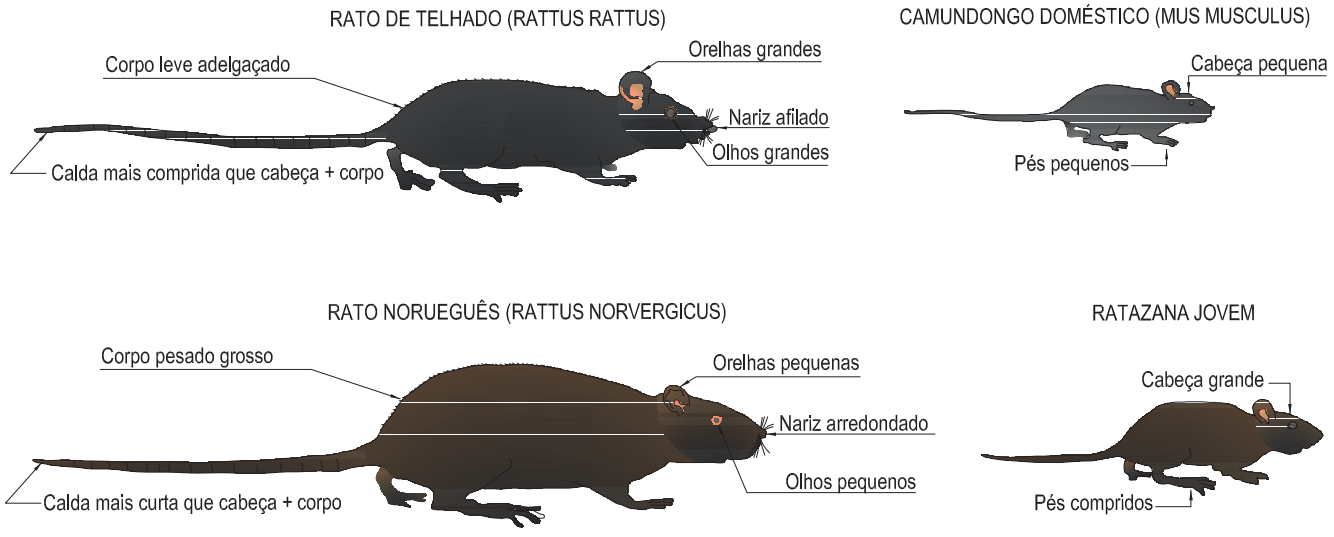


Figura 1 – Espécies de roedores sinantrópicos comensais de importância médica.

Fonte: Adaptado de Funasa/MS (Brasil, 2002).

A ordem *Rodentia*, com 29 famílias, 426 gêneros e 1.814 espécies, perfaz aproximadamente 11% dos mamíferos do mundo, e, devido à sua grande capacidade adaptativa, garante a esta ordem o maior número de espécies na classe *Mammalia*.

8.4.1 Roedores sinantrópicos comensais (domésticos)

Das espécies sinantrópicas comensais, a ratazana (*Rattus norvegicus*), o rato de telhado (*Rattus rattus*) e o camundongo (*Mus musculus*) são importantes por terem distribuição cosmopolita e serem responsáveis por prejuízos econômicos e sanitários ao homem.

8.4.1.1 Gênero *Rattus*

O gênero *Rattus* é o que possui o maior número de espécies entre todos os gêneros de mamíferos. *Rattus norvegicus* (ratazana) (Figura 2A), também conhecido como rato de esgoto, rato-marrom, rato da Noruega ou gabiru, vive em grupos cujo tamanho depende da disponibilidade de abrigo e alimento no território habitado, podendo atingir um grande número de indivíduos em situações de abundância alimentar.

É uma espécie de hábito fossorial, e seu abrigo preferencial fica abaixo do nível do solo. Com o auxílio de suas patas e dentes, as ratazanas cavam ativamente tocas e ninheiras no solo, formando galerias que causam danos às estruturas locais. Encontram-se facilmente em galerias de esgotos e águas pluviais, caixas subterrâneas de telefone, eletricidade, entre outros.

Embora possam percorrer grandes distâncias em caso de necessidade, os indivíduos desta espécie têm raio de ação relativamente curto, raramente ultrapassando os 50 metros. Na área delimitada por feromônios constroem seus ninhos, onde se alimentam, procuram e defendem seus parceiros sexuais. Este território é ativamente defendido de intrusos, que são expulsos por indivíduos dominantes da colônia.

A espécie *Rattus rattus* (Figura 2B), conhecida como rato de telhado, rato-preto, rato de forro, rato de paiol, rato de silo ou rato de navio é o roedor comensal predominante no interior do Brasil.

Por ser uma espécie arvícola, os ratos de telhado cultivam o hábito de viver usualmente nas superfícies altas das construções, em forros, telhados e sótãos, onde constroem seus ninhos, descendo ao solo em busca de alimento e água. Vivem em colônias de indivíduos com laços parentais, cujo tamanho depende dos recursos existentes no ambiente. Seu raio de ação tende a ser maior que o da ratazana, devido à sua habilidade em escalar superfícies verticais e à facilidade com que anda sobre fios, cabos e galhos de árvores.



A B

Figura 2 – Exemplar de *Rattus norvegicus* (A) e *Rattus rattus* (B).

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

8.4.1.2 Gênero *Mus*

A espécie *Mus musculus* (Figura 3) é conhecida por camundongo, mondongo, catita, rato caseiro, rato de gaveta, rato de botica, muricha e outras denominações regionais.

São animais de pequeno porte que raramente ultrapassam 25 g e 18 cm (incluindo a cauda); dessa forma, são transportados passivamente para o interior das residências, tornando-se importantes pragas domiciliares. Uma vez em seu interior, podem permanecer longo período sem serem notados, sendo sua existência detectada quando a infestação já estiver estabelecida. Seu raio de ação é pequeno, raramente ultrapassando os 3 m.

Camundongos costumam fazer seus ninhos no fundo de gavetas e armários pouco utilizados, no interior do forno de fogões e em quintais nos quais são criados animais domésticos. Neste último caso, podem cavar pequenas ninheiras no solo, semelhantes às das ratazanas, podendo formar numerosos complexos de galerias em que houver grande oferta de alimentos.



Figura 3 – Exemplar de *Mus musculus.*

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2007).

A identificação da espécie de roedor infestante é fundamental no sucesso das ações de controle. Algumas características físicas, biológicas e morfológicas de cada espécie são citadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Espécies de ratos sinantrópicos comensais.

Comportamento e características	Ratazana *Rattus norvegicus*	Rato de telhado *Rattus rattus*	Camundongo *Mus musculus*
Peso	150 a 600 g	100 a 350 g	10 a 25 g
Corpo	Robusto	Esguio	Esguio
Comprimento (corpo + cabeça)	22 cm	20 cm	9 cm
Cauda	16 a 25 cm	19 a 25 cm	7 a 11 cm
Orelhas	Relativamente pequenas, normalmente meio enterradas no pelo: 20 a 23 mm	Grandes e proeminentes, finas sem pelos: 25 a 28 mm	Proeminentes, grandes para o tamanho do animal
Focinho	Rombudo	Afilado	Afilado

Continua

Continuação

Comportamento e características	Ratazana *Rattus norvegicus*	Rato de telhado *Rattus rattus*	Camundongo *Mus musculus*
Fezes	Formato de cápsula com extremidades rombudas	Fusiformes	Formato de bastonetes
Habitat	Tocas e galerias no subsolo, beira de córregos, lixões, interior de instalações, comumente fora do domicílio	Forros, sótãos, paióis, silos e armazéns. Podem viver em árvores, comuns no interior do domicílio	Móveis, despensas, armários, geralmente no interior do domicílio
Habilidades físicas	Hábil nadador Cava tocas no solo	Hábil escalador Raramente cava tocas	Hábil escalador Pode cavar tocas
Raio de ação	Cerca de 50 m	Cerca de 60 m	Cerca de 3 a 5 m
Alimentação	Onívoro, prefere grãos, carnes, ovos e frutas	Onívoro, preferência por legumes, frutas e grãos	Onívoro, preferência por grãos e sementes
Neofobia	Apresentam neofobia marcada em locais pouco movimentados	Apresentam marcada neofobia	Possuem hábito exploratório (neofilia)
Trilhas	No solo, próximo das paredes, sob forma de manchas de gordura. Ao ar livre, apresentam trilhas no solo devido ao desgaste da vegetação. Presença de pegadas, fezes e pelos	Manchas de gordura junto ao madeirame de telhados, tubos e cabos. Presença de pelos e fezes	Podem ser observadas manchas de gordura junto aos rodapés, paredes e orifícios por onde passam
Gestação	22 a 24 dias	20 a 22 dias	10 a 21 dias
Ninhadas/ano	8 a 12	4 a 8	Esguio
Filhotes/ ninhada	7 a 12	7 a 12	3 a 8
Idade de desmame	28 dias	28 dias	25 dias
Maturidade sexual	60 a 90 dias	60 a 75 dias	42 a 45 dias
Vida média	12 meses	12 meses	12 meses

Fonte: Adaptado de Funasa, 2002.

8.4.2 Roedores sinantrópicos não comensais (silvestres)

Caracterizam-se por formar colônias no ambiente silvestre longe do contato com o homem. Contudo, em função das modificações ambientais decorrentes dos processos de urbanização e de transformação de ecossistemas naturais em áreas de plantio, a divisão em silvestres, sinantrópicos comensais e não comensais não é permanente, visto que, pela escassez de alimentos, os roedores

acabam expandindo suas colônias por entre e ao redor das plantações e instalações no peridomicílio, como tulhas e silos, e no próprio domicílio em busca de alimentos. Este fato amplia o contato do homem e do roedor silvestre.

Algumas espécies, hoje, apresentam populações com elevado grau de sinantropia. Nestas situações é grande o risco de transferência de agentes infecciosos dessas espécies para os roedores estritamente comensais.

Aspectos do hábito, *habitat* e distribuição geográfica dos gêneros de roedores silvestres da subfamília *Sigmodontinae* com ocorrência no Brasil serão relacionados a seguir:

1) **Gênero *Abrawayaomys***: são terrestres e habitam formações florestais da Mata Atlântica (Figura 4).

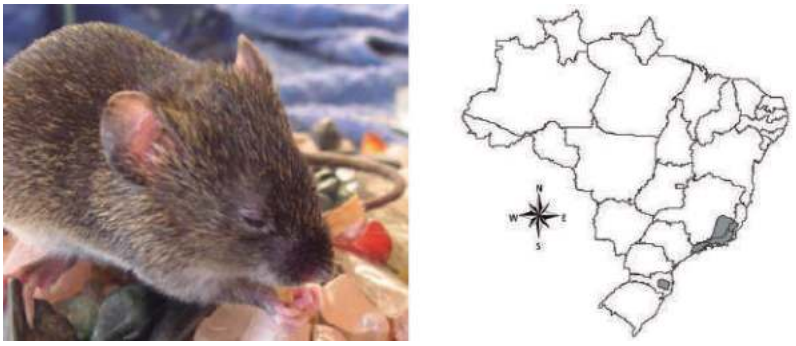


Figura 4 – Exemplar e distribuição de *Abrawayaomys ruschii* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

2) **Gênero *Akodon***: são terrestres e habitam as formações florestais, áreas abertas adjacentes e campos de altitude ao longo de toda a Mata Atlântica, áreas de campos do Sul, áreas florestais da Caatinga e formações vegetais abertas e fechadas do Cerrado (Figura 5).

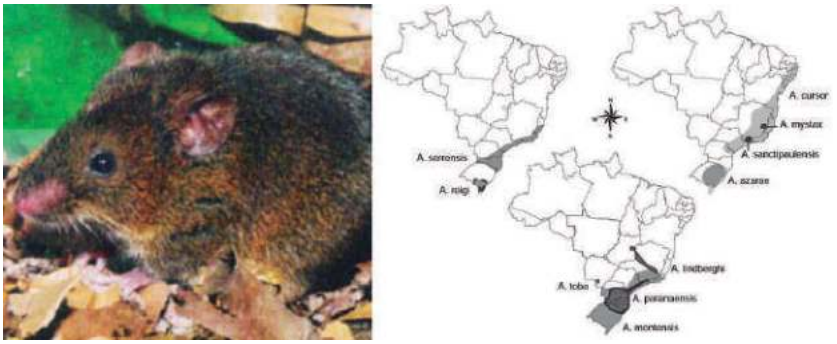


Figura 5 – Exemplar de *Akodon montensis* e distribuição das espécies de *Akodon* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

3) **Gênero *Bibimys***: são terrestres e habitam formações florestais da Mata Atlântica (Figura 6).

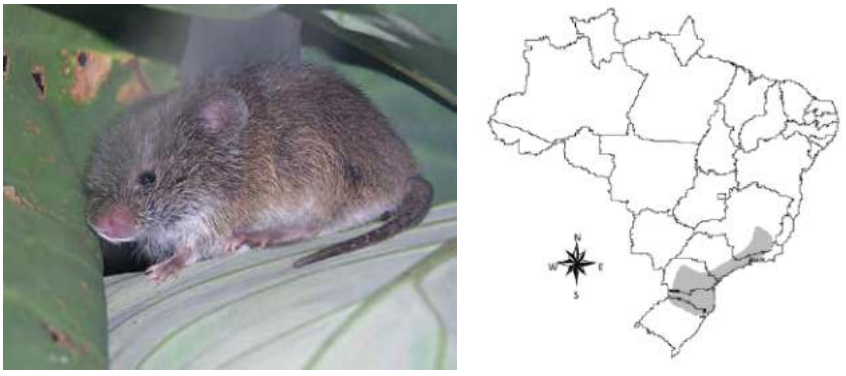


Figura 6 – Exemplar e distribuição da espécie *Bibimys labiosus* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

4) **Gênero *Blarinomys***: são semifossoriais e habitam formações florestais da Mata Atlântica (Figura 7).



Figura 7 – Exemplar e distribuição da *Blarinomys breviceps* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, Oliveira e D'Andrea, 2008.

5) **Gênero *Brucepattersonius***: são terrestres e semifossoriais e habitam formações florestais e campos de altitude da Mata Atlântica (Figura 8).



Figura 8 – Exemplar *Brucepattersonius sp.* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

6) **Gênero *Calomys***: são terrestres e habitam formações florestais e abertas da Caatinga, do Cerrado e do Pantanal, além de algumas formações florestais da Mata Atlântica em seu limite com o Cerrado (Figura 9).

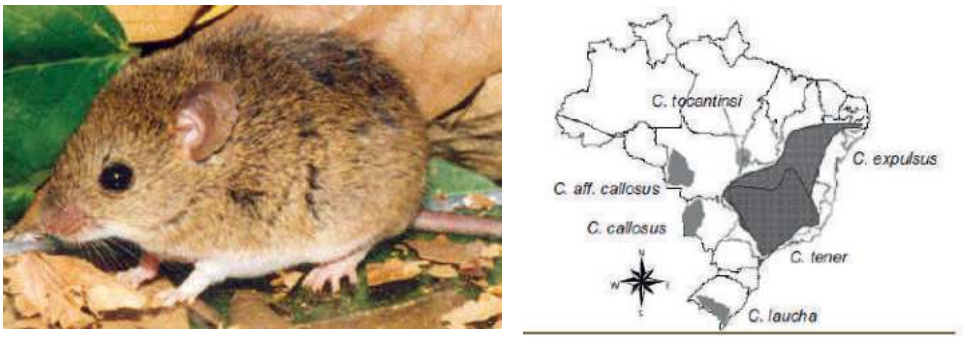


Figura 9 – Exemplar de *Calomys expulsus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

7) **Gênero *Cerradomys***: são terrestres e habitam formações florestadas e abertas da Mata Atlântica, do Cerrado, da Caatinga e do Pantanal (Figura 10).

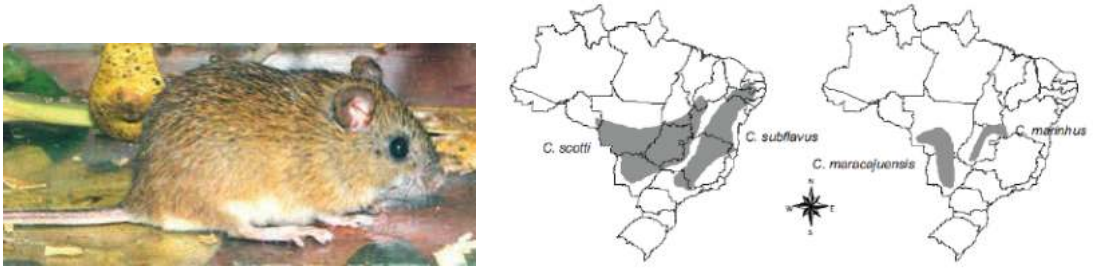


Figura 10 – Exemplar de *Cerradomys subflavus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, Oliveira e D'Andrea, 2008.

8) **Gênero *Delomys***: são terrestres e habitam formações florestais em altitudes elevadas e baixas da Mata Atlântica (Figura 11).



Figura 11 – Exemplar de *Delomys collinus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

9) **Gênero *Deltamys***: são terrestres e habitam ambientes pantanosos, especialmente os limites de banhados e campos inundáveis, usualmente sem árvores (Figura 12).



Figura 12 – Distribuição de *Deltamys kempi* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

10) **Gênero *Euryoryzomys***: são terrestres e habitam formações florestais do Amazonas, da Mata Atlântica e do Cerrado (Figura 13).



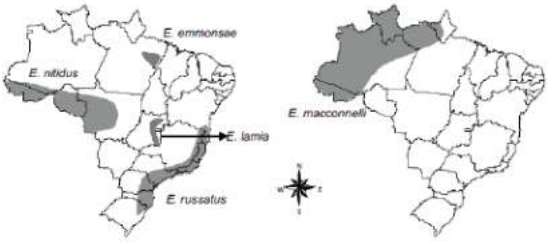


Figura 13 – Exemplar de *Euryoryzomys russatus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

11) **Gênero *Holochilus***: são semiaquáticos e habitam formações florestais da Caatinga, do Cerrado e da Mata Atlântica (Figura 14).



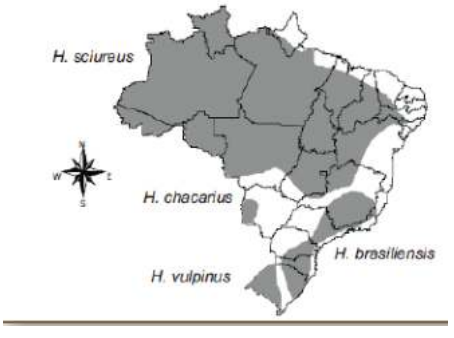


Figura 14 – Exemplar de *Holochilus sciureus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

12) **Gênero *Hylaeamys***: são terrestres e habitam formações florestais e vegetais abertas da Floresta Amazônica, da Mata Atlântica, do Cerrado, da Caatinga e do Pantanal (Figura 15).

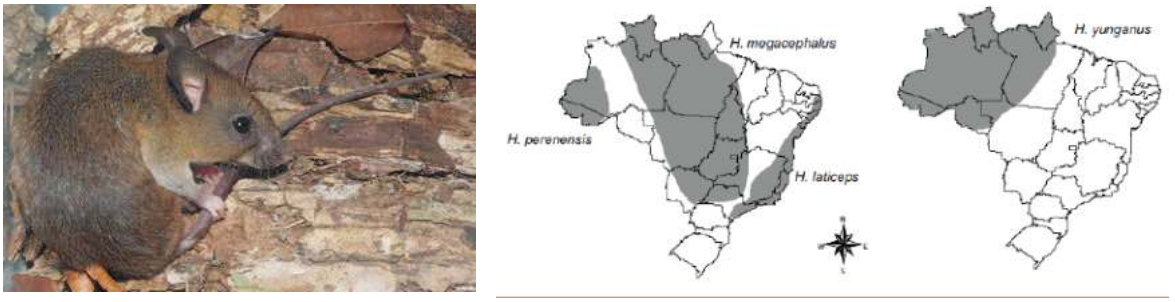


Figura 15 – Exemplar de *Hylaeamys sp.* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, Oliveira e D'Andrea, 2008.

13) **Gênero *Juliomys***: são terrestres e habitam formações florestais da Mata Atlântica. O *J. rimofrons* ocorre no limite da floresta com *Araucaria angustifolia* em manchas de capim, bromélias e em solo arenoso a 2.000 metros de altitude (Figura 16).

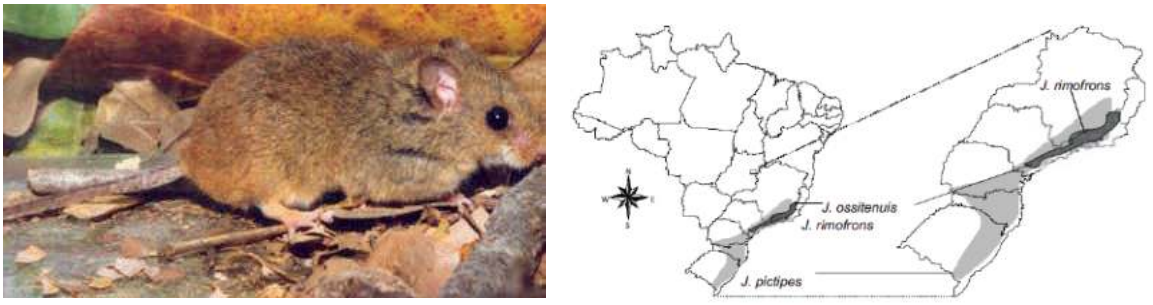


Figura 16 – Exemplar de *Juliomys pictipes* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, Oliveira e D'Andrea, 2008.

14) **Gênero *Juscelinomys***: são semifossoriais, construindo ninhos subterrâneos, e habitam áreas de campos cerrados, com árvores esparsas e revestimento de gramíneas (Figura 17).



Figura 17 – Exemplar de *Juscelinomys candango* e distribuição da espécie no Brasil.

Fonte: Bonvicino, 2008.

15) **Gênero *Kunsia***: são semiaquáticos e fossoriais e habitam campos úmidos, campos sujos e campos fechados do Cerrado (Figura 18).



Figura 18 – Exemplar de *Kunsia tomentosus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

16) **Gênero *Lundomys***: são semiaquáticos e habitam florestas de galeria nos campos do Sul. Constroem ninhos que são suportados sobre a água em juncos (Figura 19).



Figura 19 – Distribuição de *Lundomys molitor* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

17) **Gênero *Microakodontomys***: são terrestres e habita as bordas de campos limpos no Cerrado (Figura 20).



Figura 20 – Distribuição de *Microakodontomys transitorius* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

18) **Gênero *Neacomys***: são terrestres e habitam a Floresta Amazônica, formações florestais e de campo fechado em áreas de transição com o Cerrado, além de formações florestais no Cerrado (Figura 21).

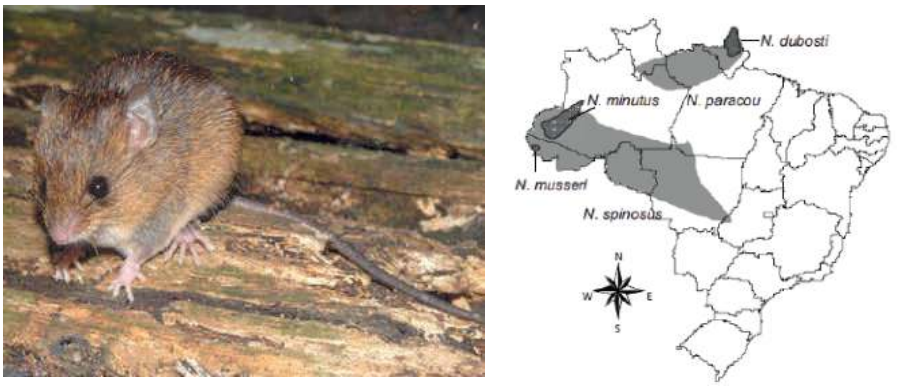


Figura 21 – Exemplar de *Neacomys paracou* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

19) **Gênero *Necromys***: são terrestres e habitam formações abertas e florestais do Cerrado e ao longo do ecótono Mata Atlântica-Cerrado, além de áreas de vegetação aberta no estado do Pará (Figura 22).

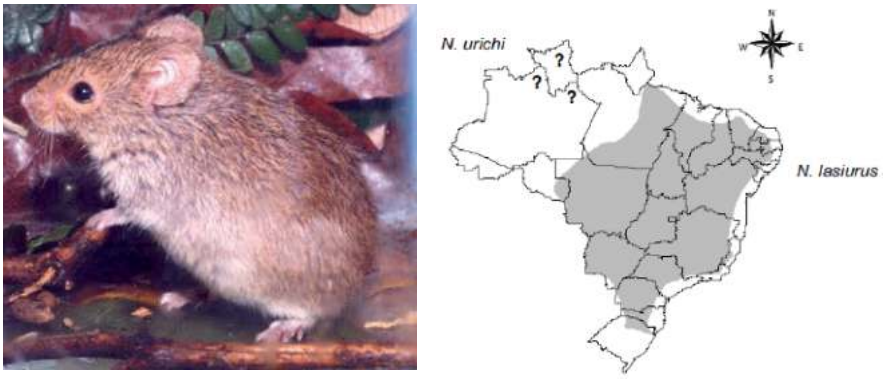


Figura 22 – Exemplar de *Necromys lasiurus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

20) **Gênero *Nectomys***: são semiaquáticos e habitam formações florestais da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica, além de matas de galeria do Cerrado, da Caatinga e do Pantanal (Figura 23).



Figura 23 – Exemplar de *Nectomys squamipes* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

21) **Gênero *Neusticomys***: são semiaquáticos e os poucos indivíduos obtidos até o presente foram coletados nas margens de córregos rasos dentro de florestas (Figura 24).



Figura 24 – Distribuição das espécies de *Neusticomys* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

22) **Gênero *Oecomys***: são arborícolas e habitam áreas florestais da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica, além de matas de galeria e formações florestais do Cerrado e do Pantanal (Figura 25).



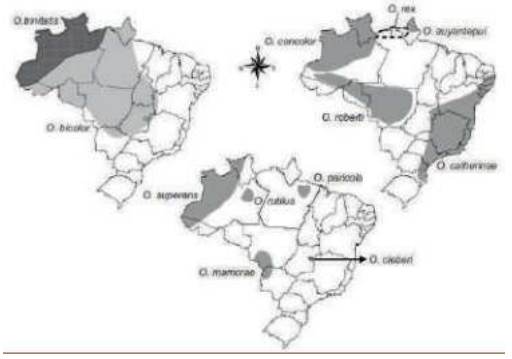


Figura 25 – Exemplar de *Oecomys sp.* e distribuição de espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

23) **Gênero *Oligoryzomys***: são terrestres e habitam formações florestais e abertas da Floresta Amazônica, da Mata Atlântica, do Cerrado, da Caatinga e do Pantanal (Figura 26).



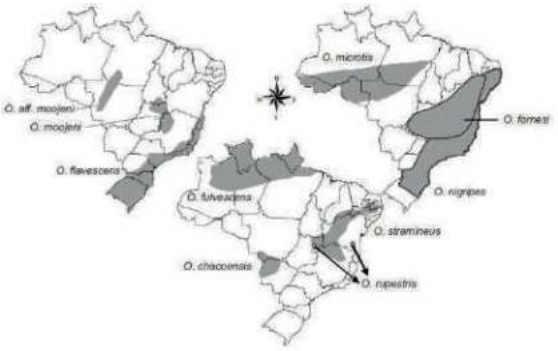


Figura 26 – Exemplar de *Oligoryzomys microtis* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

24) **Gênero *Oxymycterus***: são terrestres, semifossoriais e habitam bordas de mata em formações florestais e áreas abertas, como veredas e campos de altitude no Cerrado, na Floresta Amazônica, na Mata Atlântica e na Caatinga, em que estão restritos às regiões mais férteis, frequentemente nas chapadas e bases de serras (Figura 27).

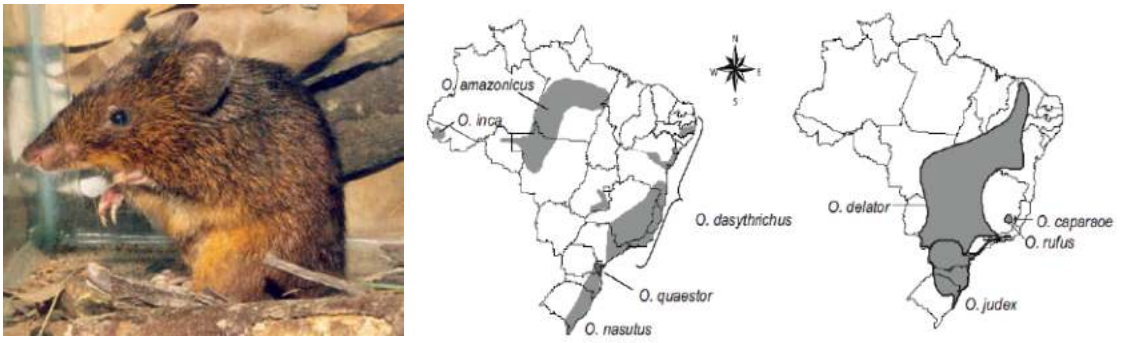


Figura 27 – Exemplar de *Oxymycterus judex* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

25) **Gênero *Phaenomys***: são arborícolas e habitam formações florestais da Mata Atlântica (Figura 28).



Figura 28 – Exemplar e distribuição de *Phaenomys ferrugineus* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

26) **Gênero *Podoxymys***: são terrestres e habitam as cavidades do solo rupestre coberto de musgos das altas elevações do Monte Roraima (Figura 29).



Figura 29 – Distribuição de *Podoxymys roraimae* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

27) **Gênero *Pseudoryzomys***: são terrestres, semiaquáticos e habitam veredas e campos úmidos no Cerrado e na Caatinga (Figura 30).



Figura 30 – Distribuição de *Pseudoryzomys simplex* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

28) **Gênero *Reithrodon***: são terrestres e habitam campos naturais e campos cultivados no Sul do Brasil (Figura 31).

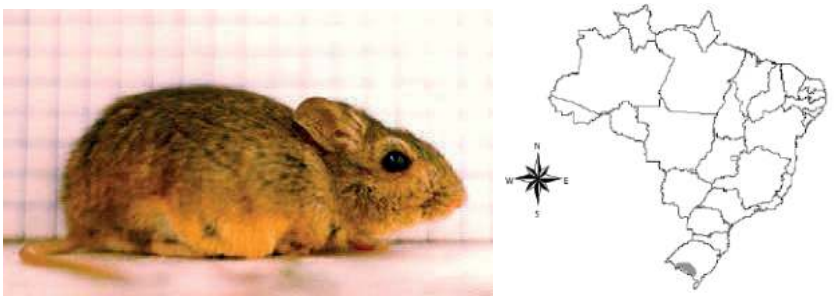


Figura 31 – Exemplar e distribuição de *Reithrodon typicus.*

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008..

29) **Gênero *Rhagomys***: são arborícolas, terrestres e habitam formações florestais da Mata Atlântica e de áreas de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado (Figura 32).



Figura 32 – Distribuição de *Rhagomys rufescens.*

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

30) **Gênero *Rhipidomys***: são arborícolas e habitam formações florestais na Amazônia, na Mata Atlântica, no Cerrado e em áreas úmidas da Caatinga (Figura 33).

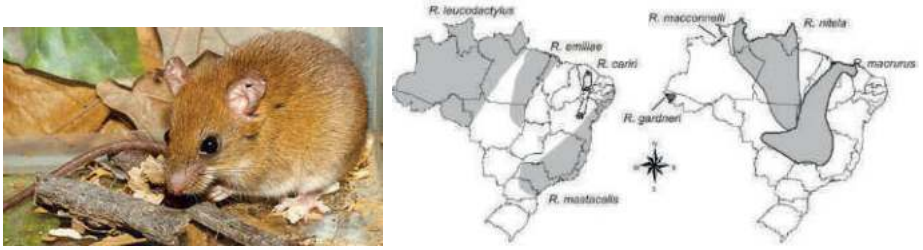


Figura 33 – Exemplar de *Rhipidomys mastacalis* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

31) **Gênero *Scapteromys***: são terrestres, semiaquáticos e habitam áreas próximas a cursos d'água, incluindo regiões alagadas nos campos do Sul (Figura 34).



Figura 34 – Distribuição de *Scapteromys tumidus* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

32) **Gênero *Scolomys***: são terrestres e habitam áreas de terra firme na Floresta Amazônica, tendo sido encontrados em pequenas clareiras naturais resultantes da queda de árvores (Figura 35).



Figura 35 – Distribuição de *Scolomys ucayalensis*.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

33) **Gênero *Sigmodon***: são terrestres e habitam formações vegetais abertas como savanas, campos, pastos e margens de estradas nessas formações vegetais da Floresta Amazônica (Figura 36).



Figura 36 – Distribuição de *Sigmodon alstoni* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

34) **Gênero *Sooretamys***: são terrestres e habitam formações florestais da Mata Atlântica (Figura 37).





Figura 37 – Distribuição de *Sooretamys angouya* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

35) **Gênero *Thalpomys***: são terrestres e habitam formações abertas do Cerrado (Figura 38).





Figura 38 – Exemplar de *Thalpomys lasiotis* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, Oliveira e D'Andrea, 2008.

36) **Gênero *Thaptomys***: são terrestres e habitam formações florestais da Mata Atlântica (Figura 39).

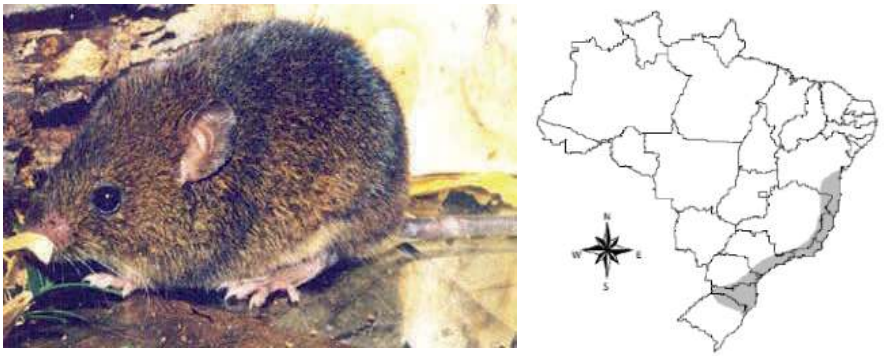


Figura 39 – Exemplar e distribuição de *Thaptomys nigrita*.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

37) **Gênero *Wiedomys***: são arborícolas, terrestres e habitam matas semidecíduas dos domínios morfoclimáticos da Caatinga e do Cerrado (Figura 40).

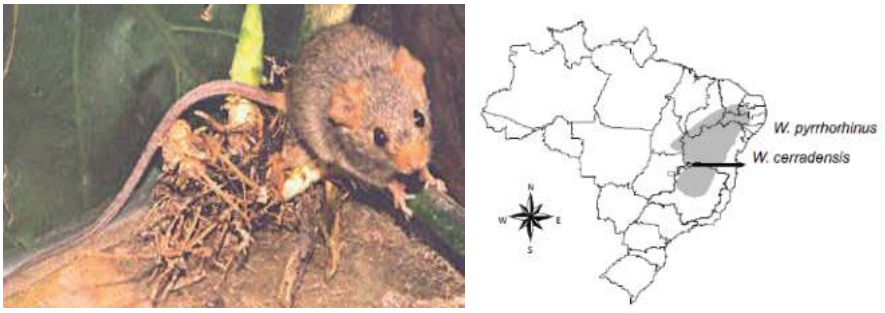


Figura 40 – Exemplar de *Wiedomys pyrrhorhinus* e distribuição das espécies no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

38) **Gênero *Wilfredomys***: são arborícolas e habitam formações florestais da Mata Atlântica no Sul do Brasil (Figura 41).



Figura 41 – Distribuição de *Wilfredomys oenax* no Brasil.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

39) **Gênero *Zygodontomys***: são terrestres e habitam campinaranas e campos de altitude nas savanas da Floresta Amazônica, ao norte do Rio Amazonas (Figura 42).

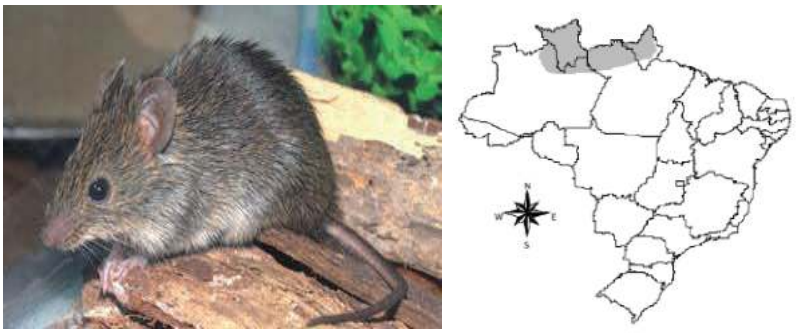


Figura 42 – Exemplar e distribuição de *Zygodontomys brevicauda*.

Fonte: Bonvicino, *et al.* 2008.

8.5 Controle de roedores

O controle de roedores sinantrópicos deve basear-se no manejo integrado, isto é, no conhecimento de biologia, hábitos comportamentais, habilidades e capacidades físicas do roedor, associado ao conhecimento do meio ambiente em que estão instalados.

Manejo integrado é um termo abrangente que compreende um conjunto de ações voltadas à praga a ser combatida e sobre o meio ambiente que a cerca, praticadas de forma concomitante, permitindo a obtenção do efeito de controle ou até mesmo a erradicação (Figura 43).

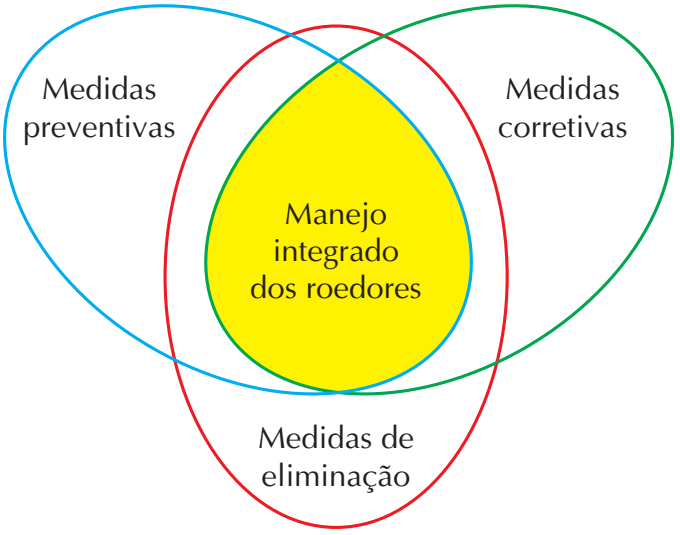


Figura 43 – Ilustração das ações de manejo integrado de roedores.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

O manejo integrado dos roedores pressupõe uma série sucessiva de cinco fases distintas: inspeção, identificação, medidas corretivas e preventivas (antirratização), desratização, avaliação e monitoramento.

8.5.1 Inspeção

Por apresentarem hábitos noturnos, a presença de roedores muitas vezes passa despercebida; porém, há sinais ou indícios da infestação por roedores em um local, tais como a presença de fezes, tocas, ninhos, trilhas de roedores, manchas de gordura nos locais por onde passam, odor característico da urina, presença de ratos vivos ou mortos.

A inspeção da área a ser controlada consiste em levantar informações e dados sobre o tipo de ambiente infestado, fatores condicionantes à instalação e proliferação dos roedores, forma e frequência de uso do ambiente e busca de focos, com a finalidade de conhecer o conjunto de ambientes, infestados ou não, em que a atuação deverá ocorrer e reunir dados ao planejamento das ações (Figura 44).



Figura 44 – Inspeção do ambiente por agente de saúde.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

8.5.2 Identificação

A identificação da(s) espécie(s) infestante(s) na área-alvo é uma necessidade absoluta, visto que, ao identificar qual o roedor-problema, obtém-se informações sobre sua biologia, hábitos e habilidades, facilitando o planejamento das ações de combate.

Essa identificação poderá ser feita, sempre que possível, pelo exame das características físicas de um espécime recolhido na área ou o exame das numerosas fezes (cíbalas) – Figura 45 –, facilmente encontradas na área, que permitirão o diagnóstico no caso das espécies comensais (ver Tabela 1).



Figura 45 – Fezes de roedores indicando uma infestação por roedores.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

8.5.3 Medidas corretivas e preventivas (antirratização)

É o conjunto de medidas implantadas no meio ambiente que visam dificultar e impedir a instalação e a proliferação de roedores.

Entre elas, podem ser adotadas, nas áreas urbanas, as seguintes ações:

a) O manejo adequado do lixo, com acondicionamento, locais de deposição e transporte apropriados e protegidos dos roedores.

b) Manter área verde capinada, aparar os gramados e as plantas, podar os galhos junto às construções e limpar a área peridomiciliar. Recolher os frutos caídos no solo. Evitar uso abundante de plantas espinhosas em projetos de paisagismo.

c) Reparar os danos estruturais que possam estar servindo de via de acesso aos roedores.

d) A modificação de vias de acesso naturais eventualmente existentes.

e) A canalização de córregos a céu aberto é por si só uma medida que dificulta extraordinariamente a instalação de ratazanas nas barrancas de suas margens.

Outro conjunto de medidas, de caráter preventivo, para evitar a penetração ou a presença de roedores na área, é:

a) Construção de edificações de forma a impedir a penetração ativa dos roedores.

b) Aplicação de defensas nas estruturas de sustentação (pilotis, vigamento do telhado) e nas fiações aéreas que chegam à edificação. Essas defensas são discos de lata com forma de "chapéu chinês", que, ajustados em torno das colunas e vigas, impedem a ultrapassagem dos roedores, quando colocados a, no mínimo, 1,50 m do solo. Em torno de fios e cabos, discos planos de lata com raio mínimo de 40 cm constituem barreiras intransponíveis para os roedores em geral.

c) Criação de barreiras físicas nas galerias subterrâneas de água, esgotos, águas pluviais ou de cabeamento.

d) Aplicação de dispositivos unidirecionais no primeiro segmento de manilha conectada ao vaso sanitário, dispositivos esses que impedem o acesso dos roedores por essa via.

e) Uso de ralos metálicos chumbados ao piso com grade permanente.

f) Uso de fortes telas metálicas de 6 mm vedando os respiradouros (especialmente dos porões) e no bocal das calhas e condutos de águas de chuva.

g) Evitar o acúmulo de entulhos, de materiais de construção ou inservíveis e outros materiais próximos às residências.

h) Construção de lixeiras de alvenaria vedando o acesso dos roedores.

i) Reflorestamento com espécies nativas ou reconhecidas como pertencentes àquele bioma, o que visa recompor o ecossistema antes perdido da região.

As ações necessárias para controle de roedores em áreas rurais devem contemplar o seguinte:

a) **Armazenamento**: proteger o depósito contra entrada de ratos, usando ratoeiras, telamento, vedação de frestas.

b) **Estábulos:** limpeza geral. Remover os materiais. Cimentar o piso. Se possível, não deixar alimentos no cocho durante a noite.

c) **Pocilgas**: cimentar o piso. Limpar e lavar as instalações diariamente.

d) **Aviários**: limpar as instalações e proteger o aviário contra a entrada de ratos; de preferência, ficar afastado do solo.

e) **Lavoura e hortaliça**: remover resíduos encontrados. Capinar. Inspecionar a área, para detectar sinais de roedores. Preservar os animais predadores.

f) **Fontes de água**: proteger, com telas ou tampas apropriadas, reservatórios, cisternas e outras fontes de abastecimento de água.

g) **Destino final dos dejetos humanos**: tampar as aberturas de acesso, as fossas e as redes de esgoto.

8.5.4 Desratização

A desratização é a utilização de medidas para a eliminação dos roedores por meio de métodos mecânicos, biológicos e químicos.

Para maior eficiência, a desratização deve ser realizada paralelamente aos trabalhos de limpeza e saneamento, a fim de se evitar a disseminação da população de roedores.

Os métodos de combate visam à diminuição rápida dos níveis de infestação encontrados em uma área-problema.

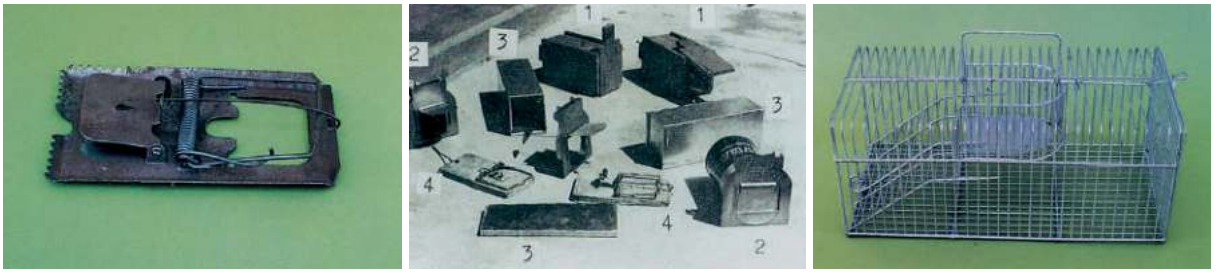
8.5.4.1 Técnicas de controle

8.5.4.1.1 Métodos mecânicos e físicos

a) **Armadilhas.**

Há uma infinidade de tipos e conceitos de armadilhas, engenhosas e variadas para roedores (Figura 46).

Algumas capturam o animal vivo (incruentas), como as gaiolas, e as que produzem a morte do animal durante a captura (cruentas), mais conhecidas como ratoeiras "quebra-costas", são de ótimos resultados contra camundongos, mas limitadas contra ratazanas ou ratos de telhado.



(A) (B) (C)

Figura 46 – Ratoeira quebra-costas (A), diversidade de armadilhas (B), gaiola de captura (C).

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

Os melhores resultados do emprego de ratoeiras no combate aos roedores são obtidos quando: (a) empregam-se muitas ratoeiras de uma só vez, em vez de poucas ratoeiras muitas vezes; (b) dispõem-se os artefatos ao longo das trilhas dos roedores, previamente localizadas, perpendiculares a uma superfície vertical; (c) são mantidas sem tocar, na mesma posição durante pelo menos uma semana; (d) As ratoeiras que foram bem-sucedidas são lavadas cuidadosamente com água, sabão e escova. O objetivo é tentar eliminar completamente os resquícios da urina eventualmente deixados pelo roedor em agonia sobre o artefato que o capturou, possivelmente contendo algum feromônio específico para perigo, capaz de alertar os demais roedores da colônia, inviabilizando por completo novas capturas.

b) **Ultrassom.**

Os roedores, em geral, ouvem e produzem sons de frequência altíssima, entre 10 e 20.000 hertz. Partindo desse princípio, surgiram os dispositivos ultrassônicos para combate aos roedores sinantrópicos que, fortemente incomodados com os agudíssimos sons produzidos pelos dispositivos, buscam outras áreas para estabelecer suas colônias, abandonando aquelas em que o ultrassom estaria sendo empregado. É, portanto, um dispositivo destinado apenas a afugentar os roedores e não destinado a eliminá-los.

Esses dispositivos ultrassônicos exibem resultados em certos tipos de áreas e sob certas condições, ainda que limitados em alcance. Todavia, apresentam alguns problemas, como a formação de "áreas de sombra" atrás de objetos sólidos, os quais, em não havendo o som agudo produzido pelo aparelho, permitem aos roedores uma confortável permanência. Outro problema é que os roedores da área rapidamente acostumam-se ao incômodo dos sons agudos e ali prosseguem vivendo normalmente.

c) **Aparelhos eletromagnéticos.**

Esse dispositivo elétrico gera um campo de força eletromagnética concêntrico ao nível do piso e nas primeiras camadas do solo, capaz de provocar distúrbios variados no sistema nervoso central dos animais que adentrem a esse campo. Roedores e outros animais, sob ação desse campo, sentirão tonturas, náuseas e mal-estar e serão afugentados da área. Também é um aparelho destinado a afugentar os roedores e não para induzir sua eliminação.

Os aparelhos eletromagnéticos são eficazes dentro de seu raio de ação de cerca de 4 metros. Contudo, são limitados por seu próprio raio, demandam constante manutenção e afetarão igualmente seres humanos e animais domésticos que permaneçam em contato com o campo.

8.5.4.1.2 Métodos biológicos

Ao se pensar em controle biológico de ratos, o gato surge como primeira opção, por os localizar com facilidade (visão noturna e olfato), aproximar-se de forma sorrateira, capturar e matar para dos roedores se alimentar. No entanto, é fato que os gatos domésticos parecem não representar grande perigo aos roedores, já que são alimentados à fartura pelos humanos.

Em área rural predadores naturais, como algumas aves, carnívoros e ofídios, exercem certa atuação no controle de pequenos roedores.

Na prática, apenas os gatos rueiros ainda conservam seus instintos e os exercitam constantemente. Todavia, utilizá-los de forma maciça como método de controle da população murina é medida arriscada em virtude do próprio potencial de transmissão de doenças à espécie humana, como a raiva e a toxoplasmose.

A utilização de bactérias patógenas no controle de roedores, como produtos raticidas à base de *Salmonella enteritidis*, segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS),

> (...) presume-se que todas as cepas de *Salmonella* sorotipo *enteritidis* são patógenas ao homem (...). A tomada de decisão deve levar em conta que há outras alternativas como raticidas anticoagulantes de segunda geração. Além disso, o controle de roedores não é eficaz somente mediante o uso de raticidas, desde que se mantenham as condições propícias para a sua instalação e reprodução.

Métodos alternativos que utilizam quimioesterilizantes ou radiações têm sido estudados para controle de roedores. No entanto, a esterilização dos roedores machos foi abandonada porque as fêmeas no cio, na maioria das espécies, acasalam com mais de um macho. Dessa forma, suas chances de acasalar com um macho não esterilizado são grandes. As substâncias quimioesterilizantes estudadas para as fêmeas de roedores, além de produzirem resultados extremamente variados, têm seu sabor facilmente detectável pelos roedores, que passam a evitar as iscas com essas substâncias.

8.5.4.1.3 Métodos químicos

O controle químico consiste no uso de substâncias naturais ou sintéticas, capazes de provocar a morte dos roedores que as ingerirem.

Os raticidas, quanto à rapidez de sua ação, podem ser classificados em agudos (provocam a morte dentro das primeiras 24 horas após sua ingestão) e crônicos (a morte ocorre após as primeiras 24 horas de sua ingestão).

a) **Raticidas agudos.**

Foram proibidos no Brasil em 1982, pois são inespecíficos, alguns deles não possuem antídoto e principalmente pelos incontáveis acidentes fatais com humanos ocorridos em todo o território nacional. São exemplos de raticidas agudos: estricnina, arsênico, monofluoracetato de sódio (1080), fluoracetamida (1081), sulfato de tálio, piridinilureia, sila vermelha, fosfeto de zinco, norbomida, castrix e antú (alfa-naftil-til-ureia) (Figura 47).



Figura 47 – Raticidas líquidos e inseticida de uso agrícola utilizado como raticida agudo, popularmente conhecido como “chumbinho”.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

Com as substâncias fumigantes, como o monóxido de carbono, o bissulfeto de carbono, a cloropicrina, o brometo de metila, o fosfeto de alumínio, entre outras, além de estas apresentarem sério problema operacional, podem ocorrer escapes acidentais pela rede de tocas e túneis dos roedores, com consequências imprevisíveis, razão pela qual o uso de fumigantes não é permitido em território nacional.

b) **Raticidas crônicos.**

A partir da casca de uma árvore africana, cumaru (*Haba tonka*), um composto com ação anticoagulante denominado *warfarina* (cumafeno no Brasil) foi o primeiro de uma série de substâncias do grupo dos hidroxicumarínicos amplamente utilizados como rodenticidas.

Mais tarde, foi sintetizado um segundo grupo de anticoagulantes, os derivados da indandiona (pindona, isovalerilindandiona, difacinona e clorofacinona).

Com o advento dos raticidas anticoagulantes, foi aberta uma nova e promissora era no combate massivo aos roedores, em função dos notáveis resultados proporcionados por esses novos raticidas, de sua relativa segurança de uso e, principalmente, pela existência de antídoto confiável (a vitamina K1 injetável).

Os raticidas anticoagulantes agem por inibição da síntese de protrombina, um dos fatores essenciais no mecanismo da coagulação sanguínea. Dessa forma, o sangue do roedor não coagula mais e sua morte ocorre em decorrência de hemorragias internas (pulmonares e/ou mesenteriais). Além disso, esses compostos têm uma ação danosa sobre a parede dos vasos capilares, proporcionando o início das hemorragias.

Os hidroxicumarínicos, segundo sua forma de ação, são divididos em dois subgrupos: dose múltipla e dose única.

1) **Hidroxicumarínicos de dose múltipla (primeira geração).**

São aqueles com baixa toxicidade, apresentando efeito cumulativo no organismo, necessitando ser ingeridos mais de uma vez para que os sintomas de envenenamento apareçam.

Por serem de baixa toxicidade, porém eficazes, são ideais para se manter nos postos permanentes de envenenamento (PPE) durante o ano todo, para controlar ratos invasores em áreas indenes sob risco ou áreas já tratadas e controladas. O efeito destes raticidas nos roedores é retardado, ocorrendo o óbito em um período de dois a cinco dias após a ingestão da dose letal, o que impede que os demais membros da colônia percebam o que os está eliminando, principal fator de sucesso desses compostos.

O cumafeno (warfarina) é eficaz contra roedores em iscas a 0,05% e pó de contato a 1%, e constituiu-se no composto raticida mais empregado em todo o mundo. Apesar de ser bem tolerado por aves e ovelhas, exige cuidados em sua utilização em locais de acesso de cães, suínos e gatos, animais altamente sensíveis ao composto. São também comercializados raticidas (iscas a 0,05% e pó de contato a 0,75% e 1%) à base de cumatetralil e cumacloro, ambos com as mesmas vantagens e algumas limitações do cumafeno.

2) **Hidroxicumarínicos de dose única (segunda geração).**

São os que, com a ingestão de apenas uma dose, causam a morte do roedor entre três a dez dias após sua ingestão. Recomenda-se uma nova aplicação após oito dias da primeira, no sentido de atingir os roedores que eventualmente não tenham ingerido o raticida da primeira vez.

Os raticidas de dose única surgiram após o aparecimento dos casos de resistência aos raticidas de dose múltipla, sendo eles o bromadiolone e o brodifacoum. Posteriormente, surgiram outros compostos, como o flocoumafen e a difetialona, com características muito próximas dos dois compostos já mencionados.

Por serem mais concentrados, esses raticidas são mais tóxicos que os anticoagulantes de dose múltipla, devendo ser empregados com bastante cuidado, critério e técnica para se evitar intoxicações.

8.5.4.2 Tipos de formulações

Iscas: geralmente constituídas por uma mistura de dois cereais, pelo menos. Alimento este mais apreciado pelo roedor (milho, arroz, cevada, centeio, entre outros). Essas iscas podem ser moídas na forma de farináceo, peletizada, formando pequenos grânulos, ou integrais, contendo apenas grãos quebrados. Devem ser necessariamente (por imposição legal) coradas, em cor que as diferenciem de alimentos. Não custa lembrar que os roedores não identificam cores, de forma que a cor da isca raticida não tem o menor efeito sobre eles. Alguns fabricantes adicionam substâncias atrativas às iscas, como óleo de coco e açúcar. Essas iscas devem ser colocadas de tal modo a serem facilmente encontradas pelos roedores (Figura 48).



Figura 48 – Raticida granulado aplicado diretamente na toca do roedor.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

As iscas raticidas comerciais são de pronto uso e, em sua maioria, vem acondicionadas em saquinhos plásticos, papel celofane ou outro material, contendo uma certa quantidade do produto (de 20 g a 200 g). Esses invólucros protegem o produto, evitam a umidade ambiental e alguns são resistentes aos gorgulhos, carunchos e outras pragas de grãos armazenados que podem infestar a isca nas prateleiras. Contudo, esses saquinhos também impedem que o odor da isca possa ser captado até mesmo pelo aguçado olfato dos roedores, que, desta forma, não serão atraídos. Portanto, na maioria das iscas comerciais, é preciso romper, de alguma forma, o invólucro para permitir que o odor dos cereais exale e atraia algum roedor infestante. Em locais secos e com baixo teor de umidade ambiental pode-se despejar o conteúdo dos saquinhos em pequenos pratos plásticos ou caixas porta-isca, e, assim, ofertar a isca aos roedores, aumentando a atratividade do produto.

As iscas precisam ser dispostas em pontos nos quais os roedores tenham pleno e fácil acesso, e, principalmente, por onde já estejam passando. No combate às ratazanas, deve-se dispor as iscas junto (ou mesmo dentro) de suas tocas e trilhas ao nível do solo.

No combate aos ratos de telhado, as iscas deverão ser oferecidas em anteparos adequados atados junto às estruturas de sustentação dos telhados ou no forro, locais por onde esses ratos caminham. Combater essa espécie colocando iscas ao nível do solo somente produzirá fracos resultados. No combate ao camundongo, deve-se localizar por onde estão passando e ali colocar a isca, repartindo o conteúdo do saquinho em vários montículos distantes cerca de um palmo um do outro. Inquieto por natureza, os camundongos apenas mordiscam o alimento e já partem em busca de outra porção.

Pó de contato: raticida formulado em pó finíssimo, para ser empregado nas trilhas e nos ninhos. O pó adere aos pelos do roedor, que lambe o corpo ao proceder sua higiene, ingerindo, assim, o raticida. São mais eficazes e concentrados que as iscas. Os raticidas pó de contato não são específicos e exclusivos para os roedores, de forma que todo o cuidado e atenção devem ser tomados quando de sua utilização, a fim de evitar intoxicações acidentais com outros animais, e também para que não ocorra contaminação de gêneros alimentícios que possam estar estocados nas proximidades (Figura 49).



Figura 49 – Raticida pó de contato colocado em trilha de roedor.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

Para esse tipo de raticida, sua aplicação deve ser feita apenas nos locais nos quais possivelmente os roedores infestantes estejam passando, ou seja, ao longo de suas trilhas e pontos de passagem. No interior das tocas, quando for o caso, é um ótimo ponto de aplicação. A maioria das apresentações comerciais desses produtos vem acondicionada em frascos aplicadores que facilitam a aplicação do raticida e minimizam o contato físico com o operador.

Blocos impermeáveis: são constituídos por cereais granulados ou integrais envoltos por uma substância impermeabilizante, formando um bloco único; geralmente, emprega-se a parafina para este fim. São utilizados em galerias subterrâneas de esgoto, de águas pluviais, canais de irrigação, canalizações fluviais, de fiações elétricas, na orla marítima ou ribeirinha, nas áreas inundáveis, em que a disponibilidade de alimento não seja muito grande. Em condições adversas esses blocos também sofrem a ação do mofo, deteriorando-se ao longo do tempo; porém, sua vida é bem maior do que as iscas comuns.

Quase todos os blocos disponíveis no mercado contêm um orifício por onde pode-se passar um arame destinado a fixá-lo a alguma estrutura próxima à passagem dos roedores infestantes (Figura 50). Nos esgotos, uma boa técnica é fazer um colar de cinco ou seis blocos e dispô-los ao alcance dos roedores. Os pontos de aplicação devem ser reinspecionados semanalmente para reposição eventual.

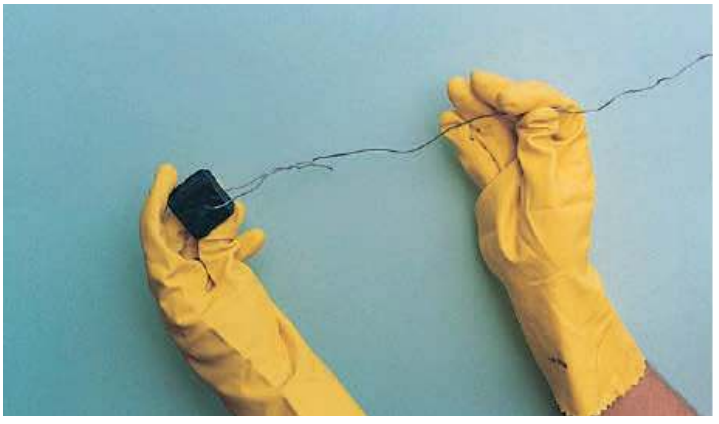


Figura 50 – Amarração em bloco impermeável.

Fonte: Funasa/MS (Brasil, 2002).

A repetição e a periodicidade das aplicações dos raticidas vão depender de uma série de fatores, entre os quais ressalta-se o tipo do raticida utilizado (se de dose única ou múltipla).

No caso dos raticidas anticoagulantes de dose múltipla (cumafeno-warfarina, cumacloro, cumatetralil, cumafuril, difacinona, clorofacinona e difenacoum), é preciso que o mesmo roedor ingira no mínimo uma segunda dose dentro de 48 horas após a ingestão da primeira para que o efeito letal ocorra. Se isso não acontecer, a primeira dose será metabolizada e excretada, com nenhum efeito adverso ocorrendo ao roedor. Portanto, ao empregar um raticida desse grupo, deve-se adotar a técnica de "iscagem saturante", na qual colocar-se-á uma grande quantidade de pontos de iscagem na área, de forma que todos os roedores dessa colônia tenham a oportunidade de voltar a ingerir o produto na noite seguinte. Dentro de três dias no máximo é preciso repor as iscas desaparecidas, repetindo o processo tantas vezes quanto necessárias até baixar ou desaparecer o consumo das iscas, sinal que significa um possível controle daquela população.

No caso dos raticidas anticoagulantes de dose única (brodifacoum, bromadiolone, flocoumafen e difetialone) basta a ingestão de uma só dose para verificar-se o efeito, o qual, contudo, instala-se em um período variável entre dois e sete dias após a tomada do raticida. Durante esse período não se deve reaplicar o raticida, mesmo que ele tenha desaparecido completamente logo na primeira noite (sinal de que a infestação era bem maior do que foi calculada). Decorridos oito dias da primeira aplicação, deve-se efetuar uma segunda aplicação, objetivando apanhar os roedores que não tiveram a chance de obter uma porção da isca para si. Se necessário, repetir uma terceira aplicação novamente oito dias após a segunda. Esta técnica é denominada de iscagem pulsante ou binária.

8.5.5 Avaliação e monitoramento

A avaliação dos resultados com um acompanhamento para evitar seu recrudescimento, por meio de inspeções periódicas da área, deve ser programada e executada, visando identificar os clássicos sinais da presença de roedores: materiais roídos, trilhas, manchas de gordura, fezes, entre outros.

Pequenos segmentos de tábuas planas polvilhadas com talco, se colocadas nos pontos mais prováveis de circulação dos roedores, evidenciarão claramente suas pegadas e deflagrarão a intensificação do programa de controle.

O manejo integrado dos roedores é o método mais eficaz para atingir-se níveis de controle e até a erradicação de uma infestação murina, porque combate o roedor em três frentes ao mesmo tempo, por meio de medidas preventivas, corretivas do meio ambiente e da eliminação do roedor já instalado na área. Contudo, como todo método, não é infalível e é fortemente dependente da ação de seus executores, além da participação efetiva da comunidade envolvida.

Se mal-empregado ou conduzido de forma inapropriada, o controle dos roedores pode desembocar em outra vertente, desta feita indesejável, que é o chamado "efeito bumerangue", um fenômeno caracterizado pelo aumento do número de roedores infestantes de uma determinada área, na qual, alguns meses antes, foi praticada uma operação de desratização. Esse fenômeno tem base biológica e é resultante de uma intervenção errada feita pelo homem.

8.6 Medidas de segurança no uso de raticidas

8.6.1 Sobre o meio ambiente

Os compostos raticidas são substâncias tóxicas sem exceção. Alguns necessitam ser acumulados no organismo, outros não. Tem antídoto confiável e seguro e as intoxicações acidentais, seja com humanos, seja com outros animais, podem ser revertidas, se atendidas a tempo e de forma adequada.

Os raticidas anticoagulantes, sejam de primeira geração, sejam de dose única, não são seletivos. Agem, portanto, sobre os roedores em geral, mas também atuam sobre outros animais, especialmente

cães, gatos, pássaros, suínos, ovinos, caprinos, primatas, entre outros. Dessa forma, deve-se empregá-los adotando-se uma série de cuidados preventivos, visando preservar a integridade da biodiversidade.

As iscas, por exemplo, não devem ser armazenadas nem dispostas em locais que possam ser alcançados por crianças ou outros animais. Essas iscas não devem apresentar forma ou cor que possam confundi-las com alimentos, especialmente guloseimas. O uso de caixas protetoras é recomendável em situações de dúvida, ainda que provoque queda na aceitação das iscas. A introdução da isca no interior da toca é medida que aumenta a margem de segurança do seu uso. Proteger as iscas da vista pelo emprego de anteparos, como telhas de meia cana, manilhas, pedaços de tábua, entre outros, são artifícios que também aumentam a segurança no uso de iscas raticidas.

Deve-se também evitar a contaminação ambiental de cursos d'água ou coleções hídricas, uma vez que na água as iscas desfazem-se, liberando seu princípio ativo com consequências imprevisíveis.

O pó de contato, ainda que dê resultados interessantes em virtude de suas próprias características físicas, deve ser empregado com muito cuidado e somente por operadores devidamente treinados. Cães e gatos, animais que praticam largamente a auto-higiene por lambedura, são vítimas especialmente expostas ao pó de contato descuidadamente aplicado.

Alguns tipos de pó de contato são densos o suficiente para dificultar serem carreados pelo vento, mas outros não apresentam essa característica, de forma que devem ser empregados somente em áreas protegidas. Alguns raticidas pó de contato não se misturam com a água; outros sim, requerendo todo cuidado no seu uso próximo a cursos d'água. Cuidados especiais devem ser tomados igualmente ao serem utilizados em áreas em que alimentos sejam armazenados para evitar que possa ocorrer contaminação pela passagem dos roedores sobre os alimentos, após terem caminhado sobre o raticida.

8.6.2 Sobre os operadores

Embora não haja absorção dérmica do pó de contato, estes devem ser manipulados com luvas e máscara nasal simples, que evite a inalação do produto inadvertidamente aspergido em nuvem. As iscas apresentam maior segurança para o operador por ser um produto sólido mais grosseiramente particulado. O mesmo acontece com os blocos impermeáveis.

Não obstante, os operadores devem fazer uso de uniformes de trabalho e estes devem ser trocados diariamente. Devem, igualmente, fazer uso de calçados fechados de couro em virtude dos locais acidentados nos quais devem trabalhar durante as desratizações.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, C. R. *et al.* Estudo do roedor Akodon arviculoides, Wagner, 1842 (Cricetidae). Importância nos focos pestosos do Brasil. **Memórias do Instituto Osvaldo Cruz**, v. 8, n. 4, p. 407-414, 1986.

BONVICINO, C. R.; CERQUEIRA, R.; SOARES, V. A. Habitat use by small mammals of upper Araguaia River. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, n. 4, p. 761-767, 1996.

BONVICINO, C. R.; OLIVEIRA, J. A.; D'ANDREA, P. S. **Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos.** Rio de Janeiro: OPAS/OMS, 2008. 120p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de leptospirose**. 3. ed. Brasília: MS, 1997.

_____. _____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa 2015. 642p.º

_____. _____. _____. **Normas operacionais de Centro de Controle de Zoonoses:** procedimentos para o controle de roedores. Brasília: Funasa, 1993.

_____._____._____. **Guia de vigilância epidemiológica.** 5. ed. Brasília: Funasa, 1998a.

_____._____._____. **Manual de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos.** Brasília: Funasa, 1998b. 131p.

_____._____._____. **Manual de controle de roedores**. Brasília: Funasa, 2002.

_____._____._____. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa 2015. 642p.

CARVALHO NETO, C. **Manual prático de biologia e controle de roedores**. São Paulo: CIBA-GEIGY, 1987.

DELLATORRE, M. M. Programa de controle integrado dos roedores em áreas rurais. **MilkPoint**, 10 jun. 2011. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/anuncie/novidades-dos-parceiros/programa-de-controle-integrado-dos-roedores-em-areas-rurais-72389n.aspx>. Acesso em: 28 ago. 2014.

LINNAEUS, C. 1758. Tomus I. Syst. nat., ed. 10. Holmiae, Laurentii Salvii: [1-4], 1-824. Disponível em: <https://gdz.sub.uni-goettingen.de/id/PPN362053006?tify={%22view%22:%22info%22}>

OMS – ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. **Ecología y lucha contra los roedores de importancia sanitaria**. Ginebra: OMS, 1974. (Série de Informes Técnicos, n. 553).

PEREIRA, L. A.; CHAGAS, W. A.; COSTA, J. E. Ecologia de pequenos mamíferos silvestres da Mata Atlântica, Brasil: I. ciclos reprodutivos de Akodon cursor, Nectomys squamipes e Oryzomys nigripes (Rodentia, Cricetinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 10, n. 3, p. 389-398, 1993.

STORER, T. I. **General Zoology**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1951. 832p.

SUCAM – SUPERINTENDÊNCIA DE CAMPANHAS DE SAÚDE PÚBLICA. **Instruções para auxiliares em epidemiologia da peste**: campanha contra a peste. Brasília: SUCAM, 1973.

VILEE, C. A.; WALKER. J. R.; BARNES, R. D. **Zoologia geral.** 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 683p.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Report of the WHO meeting on rodent ecology, population dynamics and surveillance technology in Mediterranean countries**. Geneve: WHO, 1992.

_____. **Plague manual**: epidemiology, distribution, surveillance and control. Geneve: WHO, 1999.

9 Informações geográficas para o saneamento

9.1 Introdução

O ser humano, por questões de sobrevivência, orientação, segurança, guerras, navegação, construção, entre outras, sempre necessitou conhecer o meio em que vive. No princípio, a representação do espaço baseava-se na observação e na descrição do meio. Alguns historiadores sustentam que o homem já fazia mapas antes mesmo de desenvolver a escrita. Com o tempo surgiram técnicas e equipamentos de medição que facilitaram a obtenção de dados para posterior representação do espaço geográfico. Esse espaço é objeto de estudo da geografia, que abrange o estudo da Terra, de tudo o que ela contém, da vida na sua superfície e do homem que a transforma.

A partir de uma visão crítica da geografia, a compreensão do espaço geográfico evoluiu para além das dimensões físicas, abrangendo as relações sociais, políticas e econômicas que as pessoas estabelecem entre si e com o próprio espaço, enquanto processo e como produto. Assim, o espaço geográfico passou a ser definido como um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações, no qual se desenvolve a história.

As ciências geográficas fornecem importantes ferramentas para compreensão das relações entre a sociedade e a natureza e para o estudo do espaço geográfico, dentro de um contexto epidemiológico.

Existe uma relação estreita entre os estudos das ciências geográficas e da saúde pública. Os fatores determinantes e condicionantes da saúde, tais como a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais são também objetos de estudo da geografia. Como ferramenta essencial e de intersecção a essas duas grandes áreas de estudo, geografia e saúde pública, situa-se a cartografia.

A representação do espaço, por meio da produção e da interpretação de mapas, serve não só para localização e orientação, mas também como forma de demonstração da expressão espacial de determinadas variáveis e como ferramenta para análises.

No Brasil, os programas de combate à febre amarela, à malária e à peste, iniciados ainda na primeira metade do século XX, sucedidos pelo Departamento Nacional de Endemias Rurais (DENERu) em 1956 e posteriormente pela Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM) em 1970 utilizavam o chamado reconhecimento geográfico, que consistia no mapeamento pioneiro das localidades a serem trabalhadas. Esse mapeamento, de caráter expedito, resultava nos chamados croquis de localidade, posteriormente redesenhados no escritório pelo setor de cartografia, formando mapas consolidados que serviam de base para a programação das operações de campo, tais como a identificação de casos, a busca ativa de pacientes, a pesquisa entomológica e o tratamento químico. Tais serviços tiveram grande capilaridade e penetração territorial em todo país, mesmo nas comunidades e nos povoados de mais difícil acesso, que eram cuidadosamente representados e tinham seus domicílios e população periodicamente recenseados. Para algumas localidades rurais, os dados demográficos da SUCAM chegaram a ser considerados mais precisos e confiáveis que os do próprio Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O desenvolvimento dos recursos de informática propiciou estudos que utilizam as tecnologias de geoprocessamento que consistem no tratamento e na manipulação de dados geográficos por meio de técnicas computacionais – sensoriamento remoto, digitalização de dados, automação de tarefas cartográficas, Sistemas de Posicionamento Global (GPS, do inglês *Global Position System*) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG, do inglês *Geographic Infomation System* – GIS).

A representação e a análise do espaço geográfico são também fundamentais para as ações de saneamento nas fases de planejamento, projeto, construção, fiscalização e gestão dos serviços. Assim, em função da importância do conhecimento e da representação do espaço geográfico para as ações de saneamento e saúde pública, pretende-se, neste capítulo, abordar os conceitos básicos

relacionados à geodésia, à cartografia, ao GPS, ao SIG e à topografia que possibilitem o levantamento expedito, permitindo a representação gráfica. Considerando as localidades em áreas rurais, nas quais ainda não existe sistema de numeração de imóveis, são mantidas neste capítulo as orientações básicas para numeração predial.

Neste capítulo são também enfatizados os procedimentos mínimos necessários para o levantamento sumário que dispensem a utilização de aparelhos mais sofisticados de medição mas que, entretanto, serão sucintamente abordados.

9.2 Conceitos

A forma de nosso planeta (formato e dimensões) é um tema que vem sendo pesquisado ao longo dos anos em várias partes do mundo. Muitas foram as interpretações e os conceitos desenvolvidos para definir qual seria a forma da Terra. Pitágoras, em 528 a.C., introduziu o conceito de forma esférica para o planeta, e, a partir daí, sucessivas teorias foram desenvolvidas.

A superfície terrestre é irregular e sofre constantes alterações naturais (movimentos tectônicos, condições climáticas, erosão, entre outros) e pela ação do homem. A fim de simplificar o cálculo de coordenadas da superfície terrestre foram adotadas algumas superfícies matemáticas simples.

No século XVII, o inglês Newton e o holandês Huygens afirmaram que a Terra era um pouco achatada nos polos, e não perfeitamente redonda. Esse achatamento é devido à combinação da força da gravidade (que atua de fora para dentro) e à força do movimento de rotação (que atua de dentro para fora). Assim, passou-se a considerar que a forma da Terra seria como de uma figura geométrica gerada pela rotação de uma elipse em torno do eixo menor, chamada elipsoide biaxial de revolução em torno do eixo menor polar. Em 1828, Gauss introduziu um modelo aperfeiçoado da figura da Terra, como de um tipo de elipsoide irregular definido pelo prolongamento do nível médio, não perturbado dos mares. Esse modelo foi chamado de geoide por Listing, em 1873.

O geoide corresponde a uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que coincide com o nível médio não perturbado dos mares. É a forma adotada para a Terra e é sobre esta superfície que são realizadas todas as medições de altitude. Como o geoide é uma superfície irregular de difícil tratamento matemático, buscou-se um modelo mais simples representado pela figura geométrica chamada elipse que, ao girar em torno do seu eixo menor forma um volume, o elipsoide de revolução, achatado no polos. Assim, o elipsoide é a superfície de referência utilizada nos cálculos que fornecem subsídios para a elaboração de uma representação cartográfica (Figura 1) (IBGE, 1999).

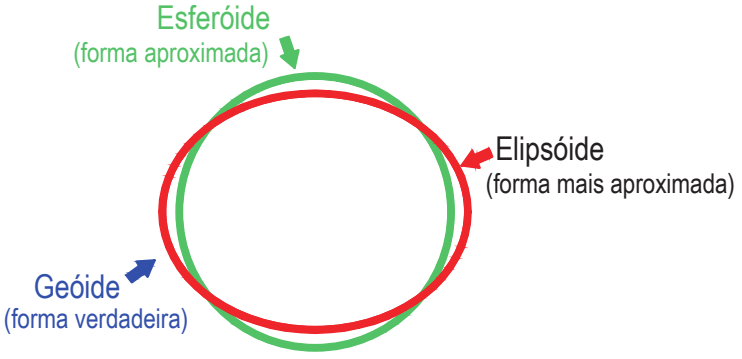


Figura 1 – Representação esquemática dos modelos para a forma da Terra.

Fonte: Adaptado de Cruz e Pina, 2002.

Muitos foram os intentos realizados para calcular as dimensões do elipsoide de revolução que mais se aproxima da forma real da Terra, e muitos foram os resultados obtidos. Em geral, cada país

ou grupo de países adotou um elipsoide como referência para os trabalhos geodésicos e topográficos, que mais se aproximasse do geoide na região considerada. A forma e o tamanho de um elipsoide, bem como sua posição relativa ao geoide, definem um sistema geodésico (também designado por *datum* geodésico).

A geodésia (do grego *geo*, terra, e *d(ai)esia*, medir, dividir) é a ciência que estuda a forma, as dimensões, a posição de pontos sobre sua superfície e o campo de gravidade da Terra. Embora a finalidade primordial da geodésia seja científica, ela é empregada como estrutura básica do mapeamento e dos trabalhos topográficos, constituindo estes fins práticos a razão de seu desenvolvimento e realização, na maioria dos países.

Os levantamentos geodésicos compreendem o conjunto de atividades dirigidas para as medições e observações que se destinam à determinação da forma e das dimensões do nosso planeta (geoide e elipsoide). É a base para o estabelecimento do referencial físico e geométrico necessário ao posicionamento dos elementos que compõem a paisagem territorial.

A cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, voltam-se para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização.

O processo cartográfico, partindo da coleta de dados, envolve estudo, análise, composição e representação de observações, fatos, fenômenos e dados pertinentes a diversos campos científicos associados à superfície terrestre.

A topografia é a ciência que estuda a representação detalhada de um trecho limitado da superfície da terra, sem levar em consideração a curvatura resultante de sua esfericidade. Assim sendo, podemos sempre representar em um plano horizontal a imagem do terreno em estudo, com suas formas, seus limites, suas dimensões, seu relevo, bem como todas as particularidades de importância, tanto naturais quanto artificiais.

A topografia está presente nas obras de engenharia, agricultura e arquitetura, nas quais se necessita da representação gráfica do terreno ou da superfície. A evolução instrumental nessa área, aliada aos avanços tecnológicos em geral, principalmente de informática, permitiu o aparecimento de novas teorias e técnicas que transformaram completamente a área de mensuração. Abriu-se um interessante campo com a fusão da topografia e da tecnologia da informação (TI) no que concerne à automatização da coleta e à sistematização dos dados coletados, dos cálculos topométricos, da edição gráfica do trabalho, do gerenciamento das informações e da apresentação dos resultados.

Um salto significativo nas tecnologias de informações geográficas deu-se com o GPS, com a constelação NAVSTAR (*Navigation System with Timing and Ranging*), que ocupa o primeiro lugar entre os sistemas e métodos utilizados pela topografia, pela geodésia, pela aerofotogrametria, pela navegação aérea e marítima e quase todas as aplicações em geoprocessamento que envolvam dados de campo.

9.3 Sistemas de referência

Para determinar com exatidão a posição de um ponto sobre a superfície da Terra, são utilizados os chamados sistemas de referência, que são compostos de:

- Um sistema de coordenadas.
- Uma origem para esse sistema.
- Um plano fundamental.
- Uma orientação.
- Uma unidade de comprimento.

Por exemplo, para o sistema de referência de coordenadas geográficas:

- Um sistema de coordenadas (geográficas – latitude e longitude).
- Uma origem para esse sistema (centro da terra – geocêntrico).
- Um plano fundamental (Equador).
- Uma orientação do eixo xy (Meridiano de Greenwich).
- Uma unidade de comprimento (p.e. km).

9.3.1 Localização de pontos na superfície da Terra

A localização de pontos na superfície da Terra é feita a partir de sistemas de coordenadas, que podem ser esféricos ou planos, compostos por linhas imaginárias que cobrem toda a superfície terrestre. O sistema mais usual é o sistema esférico de coordenadas geográficas (latitude e longitude). As coordenadas são medidas em graus, minutos e segundos. Usam-se como referências as linhas imaginárias do Equador, que dividem a Terra em Hemisfério Norte (N) e Hemisfério Sul (S), e do Meridiano de Greenwich, que divide a Terra em Hemisfério Oeste (W – *West*) e Hemisfério Leste (E – *East*) (Figura 2).

Essa rede de linhas imaginárias é constituída por:

a) Meridianos (latim: *meridien*, meio-dia), arcos que contêm o centro do elipsoide e passam pelos polos. Determinam, juntamente com os antimeridianos, elipses máximas iguais:
   - Meridiano de Greenwich: linha que passa pelos polos e pela cidade inglesa de Greenwich.
   - Antimeridiano de Greenwich: Linha Internacional de Mudança de Data (*International Date Line*).

b) Polos: locais de convergência dos meridianos.

c) Paralelos: planos perpendiculares à reta que une os polos Sul e Norte aos meridianos:
   - Equador: círculo máximo, paralelo aos meridianos, cujo centro é o próprio centro da Terra.
   - Trópicos: situam-se, respectivamente, a 23º23’ do Equador a Norte (Trópico de Câncer) e a 23º23’a Sul (Trópico de Capricórnio).

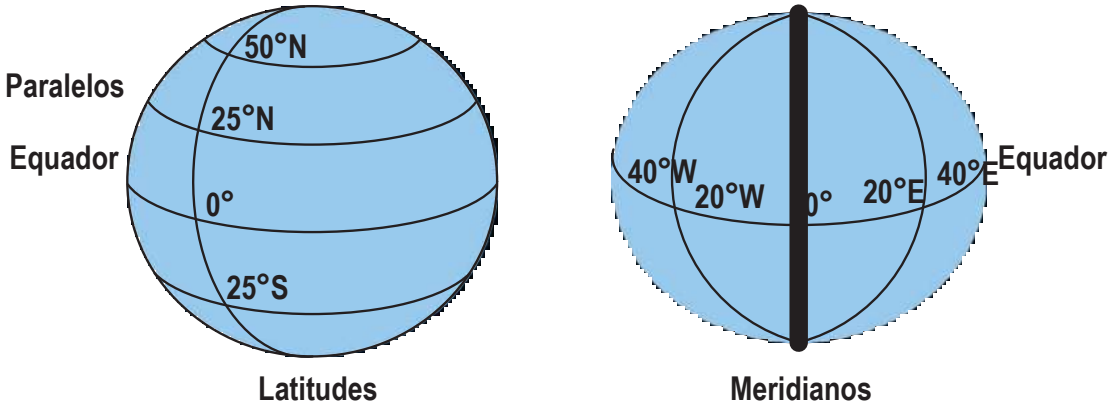


Figura 2 – Paralelos e meridianos.

Fonte: Adaptado de Ciência Viva, 2015.

A posição dos pontos na superfície da Terra é dada por (Figura 3):

a) Latitude (φ), ângulo entre o paralelo de origem (Equador) e paralelo do ponto. A latitude é medida de 0^0 a 90^0 acima (Norte ou +) e abaixo (Sul ou -) do Equador.

b) Longitude (λ), ângulo entre o plano do meridiano de origem (Greenwich). A longitude é medida de 0^0 a 180^0 à direita (Oeste ou -) e à esquerda (Leste ou +).

c) Altitude (h) é a distância vertical, medida sobre a vertical do geoide, entre o ponto na superfície topográfica e sua projeção sobre o geoide.

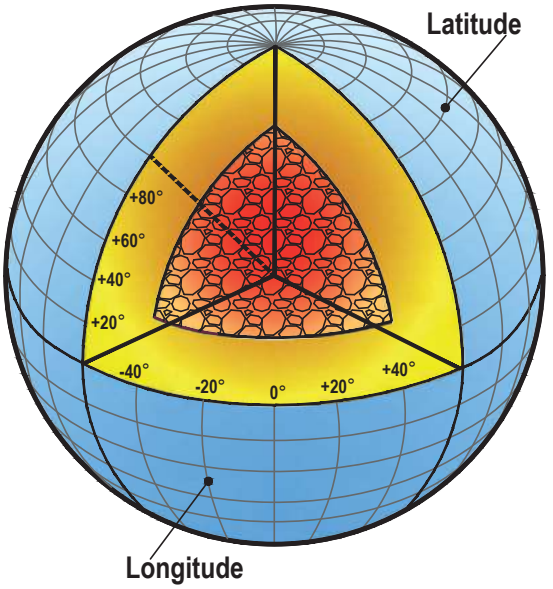


Figura 3 – Coordenadas geográficas: latitude e longitude.

Fonte: Adaptado de Cruz e Pina, 2002.

Numericamente, as coordenadas geográficas podem ser representadas das seguintes formas:

a) Sexagesimal: em graus, minutos e segundos, que é a forma mais comum.

Ex.: 31^0 35’ 15”S – latitude e 57^0 28’ 15,5”W – longitude.

b) Centesimal: em graus e centésimos de segundo.

Ex.: 31^0 35,0041’S – latitude e 57^0 28,0043’W – longitude.

c) Decimal: em décimos de grau.

Ex.: $31{,}5875^0$S – latitude e $57{,}4709^0$W – longitude.

A transformação de coordenadas sexagesimais em coordenadas decimais, mais utilizadas em sistemas computacionais, pode ser feita da seguinte maneira:

Latitude: 31^0 35’ 15’’ = 31 + 35/60 + 15/3600 = $31{,}5875^0$S

Longitude: 57^0 28’ 15,5’’ = 57 + 28/60 +33,5/3600 = $57{,}475972^0$W

A Figura 4 ilustra a convenção adotada para cada hemisfério.

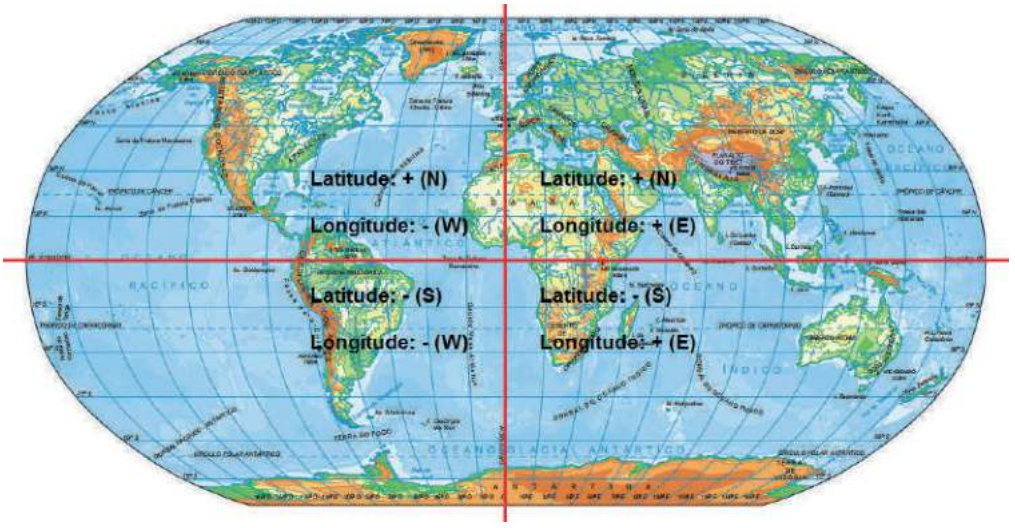


Figura 4 – Representação das coordenadas geográficas por hemisfério.

Fonte: IBGE, 2015.

9.3.2 Sistemas geodésicos

Os sistemas geodésicos são modelos que buscam uma melhor correlação entre o geoide e o elipsoide, elegendo um elipsoide de revolução que melhor se ajuste ao geoide local, estabelecendo a origem para as coordenadas geodésicas referenciadas a este elipsoide, por meio do *datum* horizontal e *datum* vertical (Figura 5). Como o geoide não é regular, não existe um único elipsoide e cada país adota aquele que melhor se ajuste à sua área.

- *Datum* horizontal: ponto na superfície da Terra onde o desvio da vertical é nulo ou mínimo.
- *Datum* vertical: ponto na superfície da Terra onde a altitude é conhecida. Tem altitude zero, situa-se no litoral.

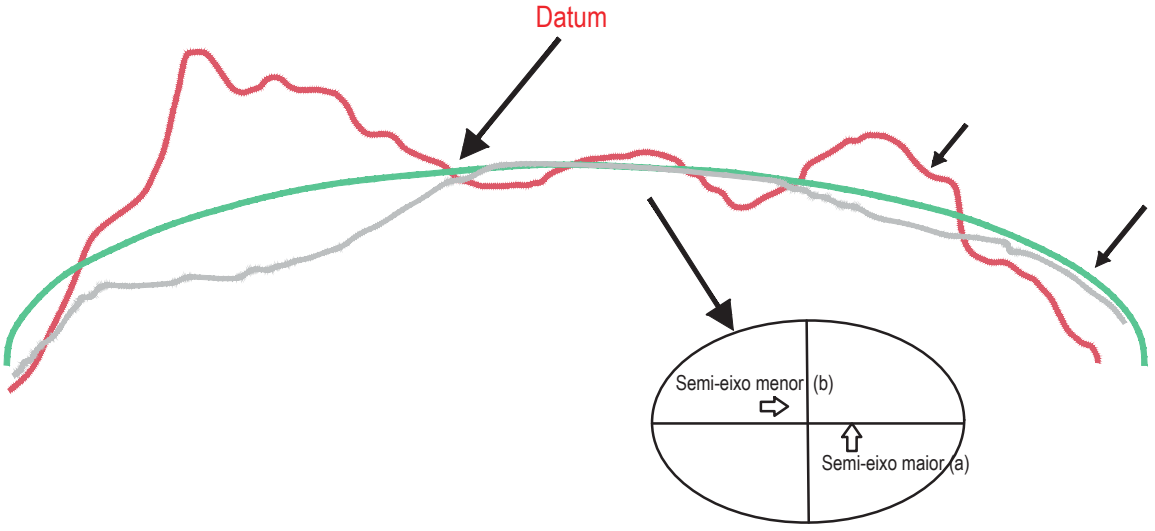


Figura 5 – Representação do *datum* horizontal em relação ao geoide e ao elipsoide.

Fonte: Adaptado de UFG, 2015.

O sistema geodésico de referência adotado no Brasil é o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS, 2000), criado em outubro de 1993 com o objetivo de estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul. A adoção do SIRGAS segue uma tendência atual, tendo em vista as potencialidades do GPS e as facilidades para os usuários, pois, com esse sistema geocêntrico, as coordenadas obtidas com GPS, relativamente a esta rede, podem ser aplicadas diretamente aos levantamentos cartográficos.

Outro sistema de referência bastante usado é o WGS84, que corresponde à quarta versão do sistema de referência geodésico global estabelecido pelo Departamento de Defesa Americano (DoD) desde 1960, com o objetivo de fornecer posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo. Ele é a referência do GPS. Daí a importância do WGS84 diante dos demais sistemas de referência.

A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros dos elipsoides de referência dos modelos matemáticos desenvolvidos para a forma da Terra.

Tabela 1 – Parâmetros dos elipsoides de referência dos modelos matemáticos desenvolvidos para a forma da Terra.

Elipsoide	Semieixo maior = a (m)	Semieixo menor = b (m)	Inverso do achatamento = 1/f (f=a-b) (m)
Bouger (1738)	6.379.300	6.349.875	216,7986406
UGGI-67 (SAD-69)	6.378.160,00	6.356.774,72	298,246943
WGS-72 (1972)	6.378.135,00	6.356.750,50	298,2597208
WGS-84 (1984)	6.378.137,00	6.356.752,31	298,2571644
IERS (1989)	6.378.136	6.356.751,302	298,257006

9.4 Noções de cartografia

O desafio da cartografia resume-se na transferência de uma rede geográfica sobre uma forma esférica para uma superfície plana com a maior exatidão possível e com as maiores vantagens possíveis para o fim a que se destinam. Assim, a confecção de uma carta ou mapa exige, antes de tudo, o estabelecimento de parâmetros para correlacionar cada ponto da superfície da Terra a um ponto da carta e vice-versa. Os diversos métodos empregados para se obter essa correspondência de pontos constituem os sistemas de projeção.

Entre outras razões para se obter uma representação sobre uma superfície plana, o mapa plano é mais fácil de ser produzido e manuseado. O problema básico das projeções cartográficas é a representação em um plano de objetos ou elementos localizados sobre uma superfície curva – o globo terrestre. Podemos dizer que ainda não existe nenhuma solução perfeita para o problema. Para alcançar um contato total entre as duas superfícies, a "esfera" terrestre teria que ser distorcida. É impossível uma projeção livre de deformações. Podemos dizer que todas as representações de superfícies curvas em um plano envolvem "expansão" ou "contração", que resultam em distorções ou "rasgos". Diferentes técnicas de representação são aplicadas no sentido de se alcançar resultados que possuam certas propriedades favoráveis para um propósito específico. A construção de um sistema de projeção será escolhida de maneira que a carta venha a possuir propriedades que satisfaçam às finalidades impostas pela sua utilização.

9.4.1 Tipos de projeções cartográficas (classificação das projeções cartográficas)

As projeções cartográficas classificam-se:

a) **Quanto ao método:**

- Geométricas: baseiam-se em princípios geométricos projetivos. Podem ser obtidas pela interseção, sobre a superfície de projeção, do feixe de retas que passa por pontos da superfície de referência, partindo de um ponto de fuga (ponto de vista).
- Analíticas: baseiam-se em formulações matemáticas obtidas com o objetivo de se atender às condições previamente estabelecidas (é o caso da maior parte das projeções existentes).

b) **Quanto à superfície de projeção:**

- Planas: podem assumir três posições básicas em relação à superfície de referência: polar, equatorial e oblíqua (ou horizontal).
- Cônicas: podem ser desenvolvidas em um plano sem que haja distorções, e funcionam como superfície auxiliar na obtenção de uma representação. A sua posição em relação à superfície de referência pode ser normal, transversal e oblíqua.
- Cilíndricas: tal qual a superfície cônica, também podem ser desenvolvidas em um plano e suas possíveis posições em relação à superfície de referência podem ser equatorial, transversal e oblíqua.
- Polissuperficiais: caracterizam-se pelo emprego de mais do que uma superfície de projeção (do mesmo tipo) para aumentar o contato com a superfície de referência e, portanto, diminuir as deformações (plano-poliédrica, cone-policônica, cilindro-policilíndrica).

c) **Quanto às propriedades:**

Na impossibilidade de se desenvolver uma superfície esférica ou elipsoidal sobre um plano sem deformações, na prática buscam-se projeções que permitam diminuir ou eliminar parte das deformações conforme a aplicação desejada. As projeções cartográficas, de acordo com as propriedades que conservam, podem ser classificadas em:

- Equidistantes: não apresentam deformações lineares para algumas linhas em especial, isto é, os comprimentos são representados em escala uniforme.
- Conformes: representam sem deformação todos os ângulos em torno de quaisquer pontos e, em função desta propriedade, não deformam pequenas regiões.
- Equivalentes: não alteram as áreas, conservando, assim, uma relação constante com as suas correspondentes na superfície da Terra. Seja qual for a porção representada em um mapa, ela conserva a mesma relação com a área de todo o mapa.
- Afiláticas: não possuem nenhuma propriedade dos outros tipos, ou seja, as projeções em que as áreas, os ângulos e os comprimentos não são conservados.
- Tangentes: a superfície de projeção é tangente à de referência.
- Secantes: a superfície de projeção secciona a superfície de referência.

d) **Quanto ao tipo de contato entre as superfícies de projeção e referência:**

- Tangentes: a superfície de projeção é tangente à de referência (Figura 6).
- Secantes: a superfície de projeção secciona a superfície de referência.

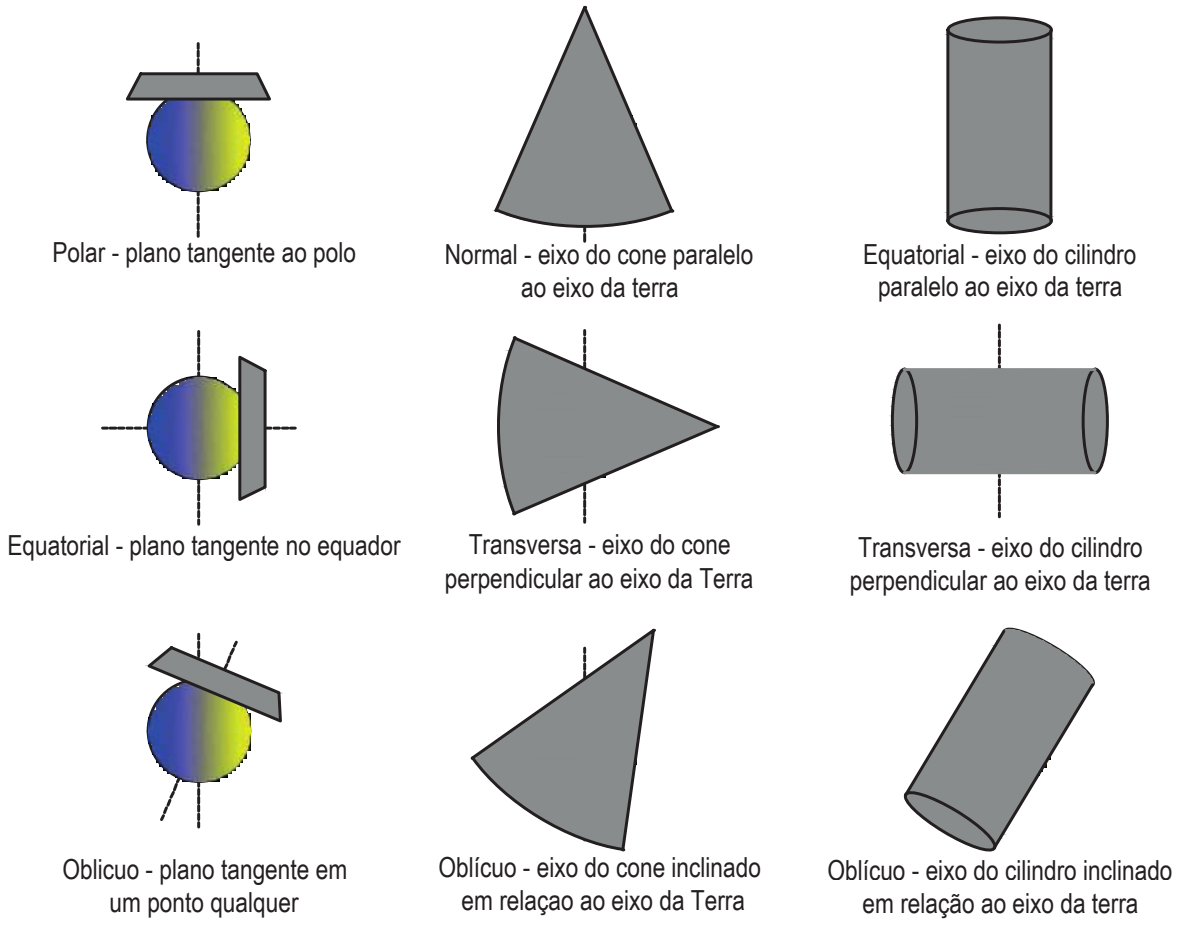


Figura 6 – Representações dos tipos de contatos entre projeções e referências.

Fonte: IBGE, 1998.

Embora não sejam geradas a partir de superfície plana, o produto resultante da projeção sobre o cilindro e sobre o cone permite a representação no plano sem distorções (Figura 7).



Figura 7 – Planificação do cilindro e do cone.

Fonte: IBGE, 1998.

A representação gráfica sobre uma superfície plana dos detalhes físicos, naturais e artificiais, de parte ou de toda a superfície terrestre – mediante símbolos ou convenções e meios de orientação indicados – permite a avaliação das distâncias, a orientação das direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. Alguns exemplos de representação gráfica:

- **Mapa** – representação no plano, em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de determinada área destinada aos mais variados usos.

- **Carta** – representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de determinada área, subdividida em folhas articuladas de maneira sistemática. No Brasil costuma-se diferenciar mapa de carta em função ou da escala ou da fidedignidade das informações. No tocante à escala, costuma-se chamar de carta quando a escala é maior do que 1/5.000.000, e de mapa quando a escala é menor que este valor. Com respeito à confiabilidade das informações, costuma-se chamar de carta os produtos elaborados com rigor geométrico e de mapa aqueles que funcionam apenas como ilustração.
- **Planta** – é um caso particular de carta. A área é muito limitada e a escala é grande. Ex.: plantas de sistemas de abastecimento de água, escala: 1:1000, 1:2000, 1:5000.
- **Foto aérea** – obtida por voo ou por imagem de satélite, é muito utilizada em estudos de concepção e como base para detalhamento em campo ou restituição aerofotogramétrica. A precisão e a escala da foto variam conforme altitude do voo e resolução da câmera (Figura 8).



Figura 8 – Foto aérea e respectiva restituição aerofotogramétrica.

Fonte: Adaptado de Mundogeo, 2015.

9.4.2 Projeção cilíndrica transversa de Mercator

É um sistema de coordenadas planas, utilizado na produção das cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional.

No sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) o globo é dividido em 60 fusos, cada um com amplitude de 6^0 de longitude. Cada um dos fusos é considerado uma Zona UTM, numeradas de uma a 60 a partir do meridiano 180^0 em direção Leste.

No sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) compreende a área entre os meridianos 180^0W e 174^0W. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro, de forma que o Meridiano de Tangência divide o fuso em duas partes iguais de 3^0 de amplitude. O cilindro transverso adotado como superfície de projeção assume 60 posições diferentes, já que seu eixo mantém-se sempre perpendicular ao Meridiano Central de cada fuso.

A projeção é cilíndrica, conforme e secante. Apenas o Meridiano Central e o Equador são linhas retas. Os outros meridianos e os paralelos são curvas complexas.

Cada fuso possui um Meridiano Central que o divide exatamente ao meio, sendo o seu valor igual ao do limite inferior do fuso mais 3^0. A contagem de coordenadas é idêntica em cada fuso e tem sua origem a partir do cruzamento entre a linha do Equador e o Meridiano Central do fuso. A cada fuso é associado um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema as coordenadas 500.000 m para contagem de coordenadas perpendiculares ao Equador (coordenada), e 10.000.000 m ou 0 m, para contagem de coordenadas perpendiculares ao Meridiano Central, para os Hemisférios Sul e Norte, respectivamente (coordenada). Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.

A simbologia adotada para as coordenadas UTM é:

E = para as coordenadas Leste-Oeste.

N = para as coordenadas Norte-Sul.

Logo, um ponto qualquer P será definido no sistema UTM pelo par de coordenadas E e N.

Exemplo: 340000 E, 6700000 N (Fuso 22).

É importante salientar que o conhecimento acerca do fuso é fundamental para o posicionamento correto das coordenadas do sistema UTM. A fórmula abaixo permite encontrar o fuso a partir da longitude.

$$\text{Fuso} = \text{inteiro}\ ((180 \pm \lambda) / 6) + 1$$

Exemplo:

Qual o fuso de um ponto de longitude 43^0?

Fuso = inteiro ((180 – 43) / 6) + 1

Fuso = 23

A Figura 9 exemplifica o sistema UTM.

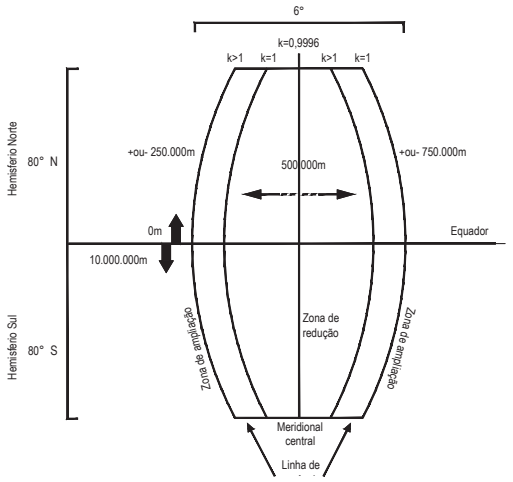


Figura 9 – Representação esquemática do sistema UTM.

Fonte: Adaptado de UFSM,2015.

9.5 Noções de topografia

Etimologicamente a palavra *topos*, em grego, significa lugar, e *graphen* descrição. Assim, de uma forma bastante simples, topografia significa descrição do lugar. Pode também ser entendida como arte de fazer figurar em um papel um trecho da superfície da Terra e tudo o que existe neste: rios, estradas, casas, cercas, entre outros, utilizando métodos próprios. É a base para diversos trabalhos de engenharia, em que o conhecimento das formas e dimensões do terreno é importante. Alguns exemplos de aplicação: a) projetos e execução de estradas, pontes, viadutos, túneis e portos; b) monitoramento de estruturas; c) planejamento urbano; d) sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e irrigação; e) reflorestamento, entre outros.

Em diversos trabalhos a topografia está presente na etapa de planejamento e projeto, fornecendo informações sobre o terreno; na execução e no acompanhamento da obra; realizando locações e fazendo verificações métricas; e, finalmente, no monitoramento da obra após a sua execução.

A dificuldade de representar as curvas e os relevos da Terra no papel plano fez com que se idealizasse o plano topográfico, horizontal e imaginário, passando pela área a ser focalizada, em que se projetam todos os acidentes do lugar (rios, estradas etc.) exatamente como são representados no papel, daí se originando a planta.

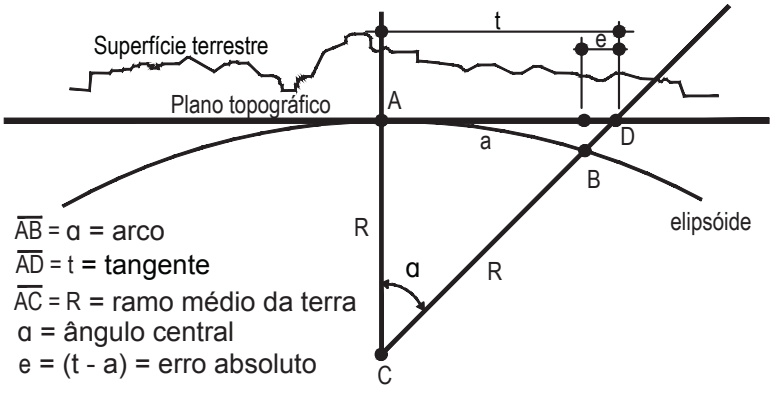


Figura 10 – Plano topográfico.

Fonte: Adaptado de Segantine, 1998.

Planta topográfica é a representação gráfica ou o desenho em uma determinada escala, de uma parte limitada da superfície terrestre, com os seus detalhes e para fins específicos, sobre um plano horizontal local, na qual não se considera a curvatura da Terra. Resumindo, a planta topográfica nada mais é do que a imagem do terreno projetado em um plano horizontal, também chamado de plano topográfico.

Nas plantas, os ângulos são representados com a mesma abertura existente no terreno, o que não se pode fazer com relação aos comprimentos. Assim, recorre-se à escala que corresponde à razão existente entre o comprimento desenhado e o real.

Suponhamos que a razão seja 200. Pode-se representar a escala, nesse caso, de duas maneiras: 1:200 ou 1/200. Ambas significam que o comprimento de 1 cm na planta equivale a 200 cm no terreno, isto é, 2 m na realidade.

Escolhe-se a escala em função: dos detalhes que se quer representar (desenho grande ou pequeno); do tamanho do papel de que se dispõe; ou da qualidade do trabalho de levantamento. Assim, um levantamento preciso e rico em detalhes e informações requer uma planta em desenho grande, com todos os dados possíveis e necessários a vários tipos de trabalho.

Ao reproduzir-se uma planta, pode-se fazê-lo de dois modos:

- Cópia: na mesma escala original.
- Ampliação ou redução: em escala diferente.

Na redução a escala é maior, porque o desenho é menor; na ampliação, dá-se o contrário.

9.6 Levantamento topográfico

Conjunto de métodos e processos que, por meio de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica em uma escala predeterminada e a sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados (NBR 13133 – ABNT, 1991).

Tradicionalmente, o levantamento topográfico pode ser divido em duas partes:

- Planimétrico: procura determinar a posição planimétrica dos pontos (coordenadas X e Y). Os acidentes representáveis (rios, casas e outros) figuram no papel do mesmo modo que no plano topográfico, sem se poder distinguir as diferenças de altura e de nível entre os diversos pontos.
- Altimétrico: objetivo de determinar a cota ou altitude de um ponto (coordenada Z).

A realização simultânea desses dois levantamentos dá origem ao chamado levantamento planialtimétrico, em que os acidentes (rios, casas, estradas, lagoas, montes, entre outros) e suas alturas relativas podem ser distinguidos facilmente, sendo assim, uma planta mais completa.

Os dados necessários à confecção de uma planta podem ser:

a) **Informativos:** referem-se às características dos acidentes que vão ser representados (cor, forma, posição, preço, utilização, nome do dono, trabalho a ser realizado, equipamento e material necessários) – são obtidos dos moradores da redondeza e pela observação direta.

b) **Medidas:** são os comprimentos e os ângulos com que se traça os acidentes no papel – esses traçados são completados pelos dados informativos.

- **Comprimento.**

É a distância entre dois pontos, medida em metros; a linha que passa por esses dois pontos chama-se alinhamento.

Medir um alinhamento é saber quantas vezes a unidade de comprimento cabe no alinhamento. Sendo o metro a unidade de comprimento, a medida entre dois pontos A e B é igual a tantas vezes quantos metros nele couberem.

Medição direta: consiste em aplicar a unidade de comprimento ou um outro comprimento já calibrado pela unidade, sobre o alinhamento AB, usando-se a trena ou uma corda graduada (Figura 11). No auxílio de obtenção de medidas diretas podem ser utilizados: piquetes, estacas testemunhas, balizas e nível cantoneira (dotado de bolha circular).

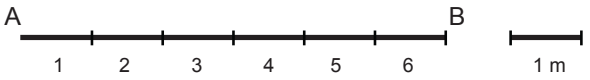


Figura 11 – Medida direta.

Medição indireta: usam-se instrumentos especiais como odômetros, taqueômetros, distanciômetros, que nos fornecem o valor dos comprimentos por meio de outros elementos dados.

- **Ângulo:** é a abertura existente entre dois alinhamentos, medida em graus (º) (Figura 12).

Medida do ângulo: é o número de vezes em que a unidade de ângulo cabe dentro deste. A unidade de ângulo é o ângulo de um grau, resultante da divisão de um quadrante de circunferência por 90.

Na Figura 13, COD é um quadrante. A circunferência tem quatro quadrantes. Se o ângulo AOB cabe 90 vezes dentro do quadrante, ele representa um grau. A circunferência tem, pois, 360º (4 x 90º). O grau é representado por um pequeno (º) colocado à direita e acima do número: 17º = 17 graus.

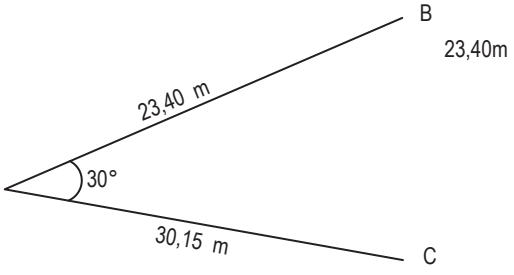


Figura 12 – Medida de ângulo.

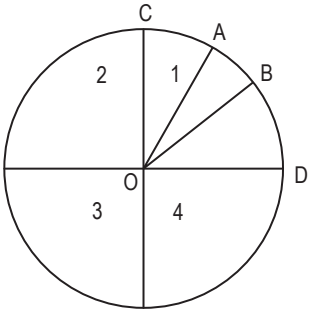


Figura 13 – Medida dos ângulos I.

Na Figura 14, se o ângulo AOB da figura anterior, que é a unidade 1^0, cabe seis vezes no ângulo EOF, diz-se que este tem 6^0.

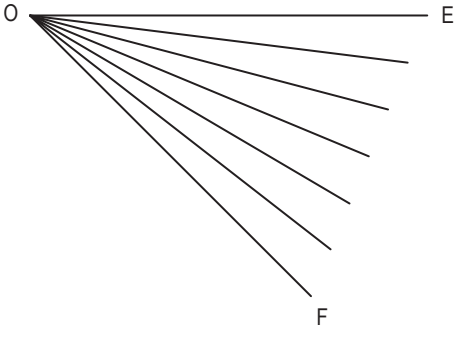


Figura 14 – Medida dos ângulos II.

Para medir ângulos menores que a unidade, ou um grau, dividiu-se, primeiramente, o grau em 60 partes, cada um recebendo o nome de minuto. Este é representado por uma vírgula à direita e acima do número: 17º e 12′, significa 17 graus e 12 minutos.

Também o minuto foi dividido em 60 partes, cada uma chamando-se segundo. Este é representado por duas vírgulas colocadas à direita e acima do número, por exemplo: 17º 12′ 43″ significa 17 graus, 12 minutos e 43 segundos. Conclui-se, então, que o grau tem 60 x 60 = 3.600 segundos.

- **Direção de uma linha.**

É o ângulo que ela faz com outra, tomando como referência geralmente o meridiano ou a linha Norte-Sul. Este último pode ser: verdadeiro (ou geográfico) ou magnético (indicado pela bússola).

Para medir a direção de uma linha, usam-se rumos ou azimutes, grandezas que podem ser magnéticas ou verdadeiras, de acordo com a linha Norte-Sul de referência.

Ângulos podem ser verificados com bússola, teodolitos, estações totais etc. Os teodolitos são equipamentos destinados à medição de ângulos verticais ou direções horizontais, objetivando a determinação dos ângulos internos ou externos de uma poligonal, bem como a posição de determinados detalhes necessários ao levantamento.

Bússola é um instrumento usado para medir direções, rumos ou azimutes no campo. Consta de uma agulha imantada, suspensa por um pino no centro de um limbo graduado (Figura 15). Baseia-se na propriedade que tem a agulha imantada de apontar sempre para o norte magnético da Terra. Seu uso havia se mantido inalterado por séculos, mas com mais informações e melhor precisão, o GPS tem substituído a bússola, mesmo em levantamentos expeditos.

Para medir-se uma direção de AB, conforme a Figura 16, fica-se no ponto A e faz-se o N da bússola ficar em frente à ponta colorida da agulha. Gira-se a bússola até que N aponte para B. A ponta colorida da agulha estará marcando 30º, à direita de AB.



Figura 15 – Bússola.

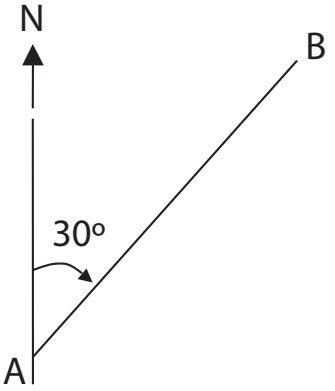
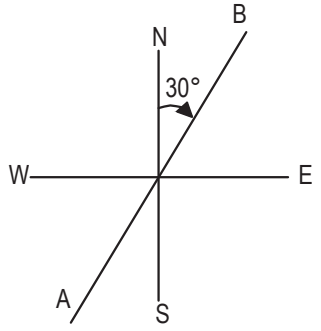
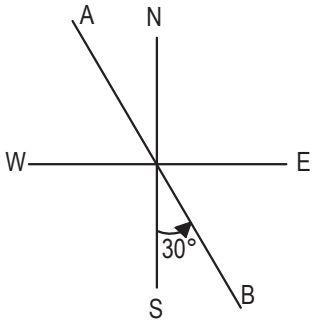


Figura 16 – Medida de ângulo com a bússola.

Rumo é o ângulo que uma linha faz com o Norte-Sul, a partir do Norte ou do Sul como origem, e vai até Leste (E) ou Oeste (W), tendo, no máximo, 90º.

- Na Figura 17 – AB tem o rumo N 30º E.
- Na Figura 18 – é S 30º E.
- Na Figura 19 – é 90º.





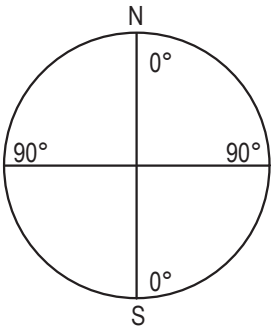
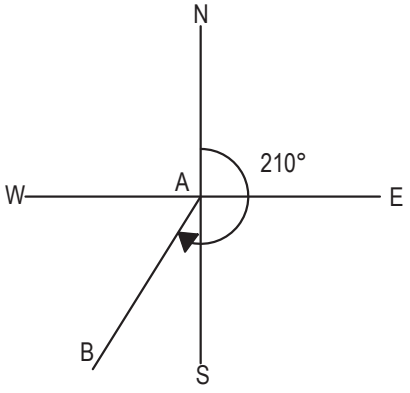


Figura 17 - Rumo N 30°E.

Figura 18 - Rumo S 30°E.

Figura 19 - Ângulo de 90°.

Azimute é o ângulo que uma linha faz com o Norte-Sul, a partir do Norte para a direita ou para a esquerda, variando de 0° a 360°. Exemplos de azimutes são apresentados nas Figuras 20 e 21.



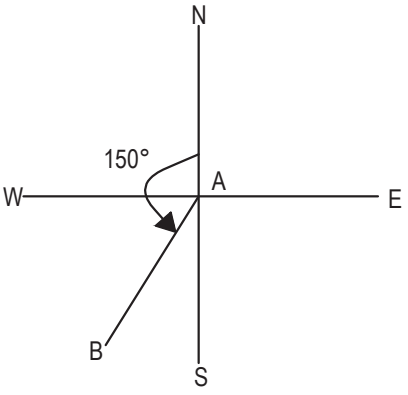


Figura 20 - Azimute de 210° à direita.

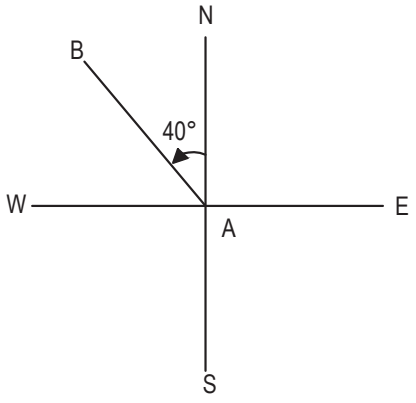
Figura 21 - Azimute de 150° à direita.

Assim, um azimute de 210° à direita é igual a um de 150° à esquerda (Figura 20 e Figura 21).

Conhecendo-se os rumos de uma linha, pode-se calcular os azimutes e vice-versa.

Exemplos:

- Na Figura 22 – no 2° quadrante, o rumo e o azimute à esquerda são iguais.
- Na Figura 23 – no 4° quadrante, o rumo é igual a 180° menos o azimute, à direita: rumo SE 180° – azimute à direita 150° = 30°.



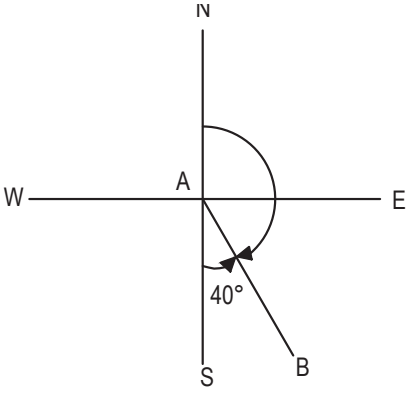


Figura 22 – Exemplo de azimute I.

Figura 23 – Exemplo de azimute II.

- **Coordenadas**: o levantamento por receptores de dados de satélite é realizado mediante a coleta de coordenadas, dispensando a verificação em campo de distâncias e ângulos (Figura 24).



Figura 24 – Receptor de sinal de GPS.

9.6.1 Levantamentos por métodos expeditos

Levantamentos expeditos são aqueles realizados sem equipamentos sofisticados. Baseiam-se em medir alinhamentos, ângulos e diferenças de níveis.

Podem ser realizados por várias formas, sendo que o método deve ser escolhido de acordo com o tempo disponível para realizar o levantamento, com o material de que se dispõe e com a qualidade de serviço desejado (um croqui melhorado ou uma planta mais precisa).

Às vezes, usa-se mais de um método complementar, a fim de obter melhor representação dos acidentes de terreno.

O levantamento expedito pode ser transformado em desenho (croqui), utilizando-se o transferidor para traçar os ângulos e uma régua graduada ou escalímetro para os comprimentos.

a) **Levantamento à trena**.

Consiste em determinar a posição de um ponto P, medindo-se três comprimentos que são sempre os lados de um triângulo, cujo vértice é P.

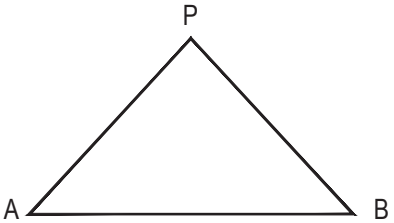
Na Figura 25, P é o ponto desejado e A e B são os pontos conhecidos. Pede-se AB, AP e BP. Ao desenhar a planta, pode-se colocar o ponto P na posição correta, tendo-se essas três medidas.

b) **Levantamento por ordenação.**

Consiste em determinar a posição de um ponto, tendo-se duas medidas de comprimento, chamadas coordenadas do ponto.

Na Figura 26, para determinar a posição do ponto P é conhecida a reta OA. Medimos o comprimento OC, chamado X, a partir do ponto O, e depois medimos CP, chamado Y. Com X e Y, determina-se bem o lugar de P no desenho.

Este método é utilizado para levantar linhas irregulares, como margem de rios, de riachos, de lagoas, caminhos de roça etc.



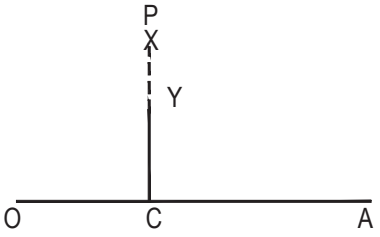


Figura 25 - Levantamento à trena. **Figura 26** - Levantamento por ordenação.

Na Figura 27, é representado o levantamento da margem esquerda do Riacho Azul. Conhecida a reta AB, a partir do ponto A (acumulado), são medidas as distâncias x_1, x_2, x_3, x_4, relativas aos pontos P_1, P_2, P_3, P_4, na direção AB. Depois, medem-se as distâncias dos pontos P_1, P_2, P_3, P_4, até a reta AB, obtendo-se as medidas Y_1, y_2, y_3, y_4.

A cada ponto P correspondem duas medidas X e Y que o determinam perfeitamente. Ligando esses pontos P no desenho, tem-se o contorno da margem do riacho.

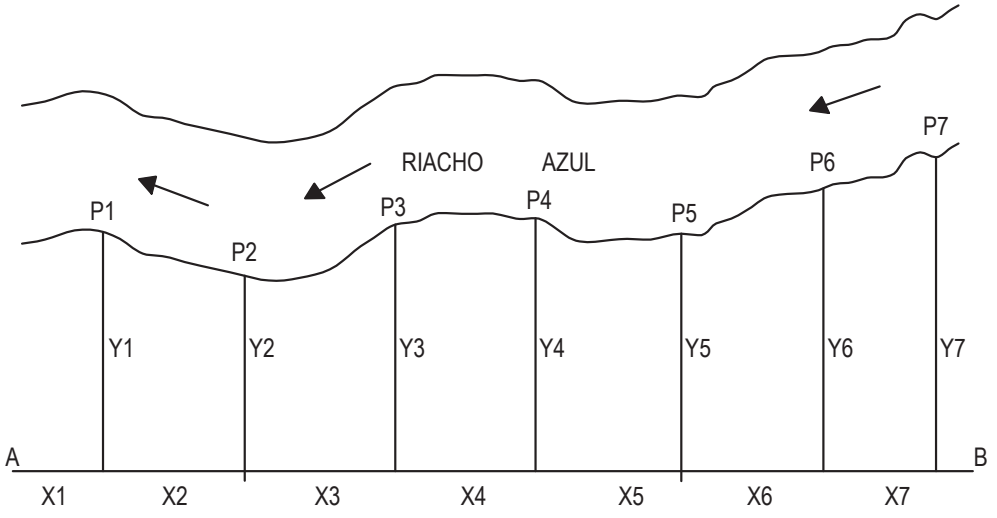


Figura 27 – Exemplo de um levantamento por ordenação.

c) **Levantamento por irradiação.**

Consiste em determinar a posição de um ponto utilizando um ângulo e uma distância (Figura 28).

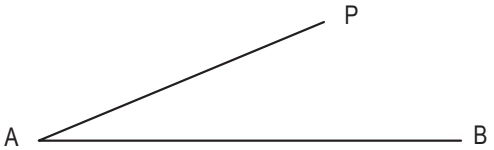
Seja P o ponto cuja posição se deseja determinar. Suponhamos que a reta AB seja conhecida.

Medindo-se a distância AP e o ângulo a, determina-se a posição do ponto P.

Se houver mais de um ponto, para cada um mede-se um ângulo e uma distância (Figura 29).

Exemplo:

- P_1 corresponde $\hat{a}_1$ e AP_1.
- P_2 corresponde $\hat{a}_2$ e AP_2.
- P_3 corresponde $\hat{a}_3$ e AP_3.



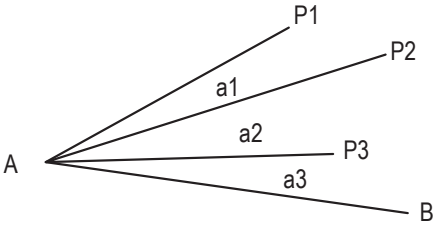


Figura 28 - Levantamento por irradiação I. **Figura 29** - Levantamento por irradiação II.

d) **Levantamento por interseção.**

Consiste em determinar a posição de um ponto, tendo-se dois ângulos e uma distância (Figura 30).

P é o ponto a determinar, e AB uma reta de comprimento conhecido.

Medindo-se os ângulos a e b, ao desenhar a planta, determina-se o ponto P. Para medir ângulos de forma expedita, usamos transferidores e bússolas.

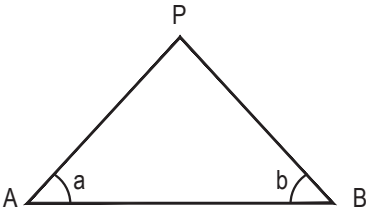


Figura 30 – Levantamento por interseção.

e) **Nivelamento com mangueira.**

É um tipo de nivelamento bastante usado para pequenas construções.

Partindo do princípio dos vasos ou recipientes comunicantes, com uma mangueira transparente, é possível estabelecer o nivelamento entre dois pontos equidistantes. Neste tipo de nivelamento é recomendado usar a mangueira de diâmetro 5/16" (grossura do dedo mindinho) e distâncias de até 4 metros. Esse método é muito utilizado no assentamento das tubulações de esgoto e nos nivelamentos de pisos. Lembramos que a mangueira tem que estar cheia de água e totalmente sem bolhas de ar.

Transportar a cota do ponto A da parede 1 para a parede 2 (Figura 31).

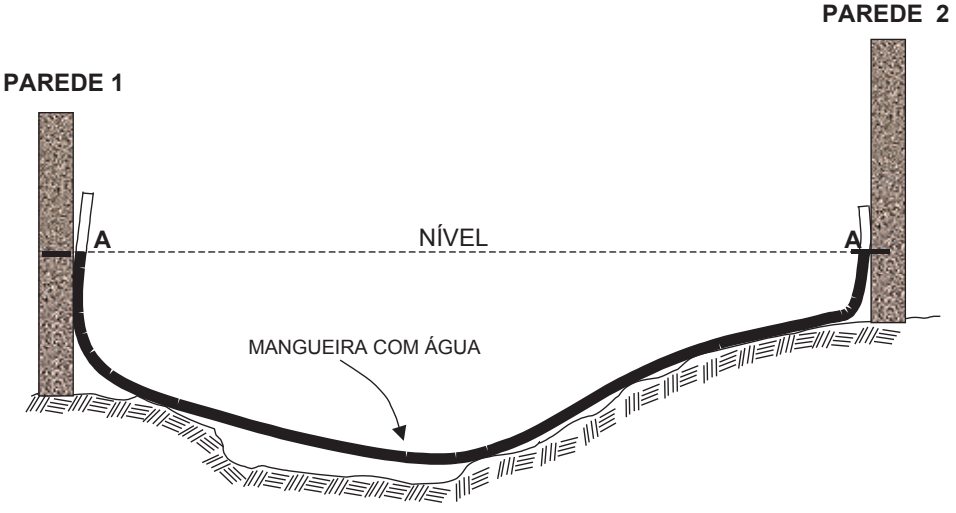


Figura 31 – Nivelamento do terreno com mangueira.

Procedimentos práticos de nivelamento com mangueira:

- Pegamos uma das pontas da mangueira de nível e o ajudante pega a outra.
- Vamos para a parede 1, enquanto o nosso ajudante vai para a parede 2.
- Procuraremos coincidir o nível de água da mangueira com o nível A.
- O ajudante deve deixar a mangueira esticada na parede 2, mantendo-a presa.
- Quando o nível da água coincidir com o nível A das paredes 1 e 2, sem a menor alteração, significará a ocorrência de equilíbrio. O ajudante riscará na parede 2 o nível em que a água estacionou na mangueira.
- Agora, basta transportarmos o nível A da parede 1 para a parede 2, já que na mangueira a água atingirá a mesma altura nas duas pontas.

f) **Levantamento por caminhamento.**

É o mais utilizado. Os outros são usados frequentemente para completá-lo, tomando-se os lados e os vértices do caminhamento como linhas básicas e pontos conhecidos.

Caminhamento consiste em uma série de linhas ligadas entre si, formando uma figura fechada ou aberta, cujos lados e ângulos são medidos durante os trabalhos de levantamento.

Quando o caminhamento é fechado (Figura 32) o ponto de chegada deve coincidir com o ponto de partida, e, se isso não acontecer, há algum erro no trabalho.

Quando o caminhamento é aberto (Figura 33) o erro só aparece quando se conhecem os pontos de chegada e de partida.

O caminhamento cujos pontos de chegada e partida são conhecidos chama-se caminhamento amarrado.

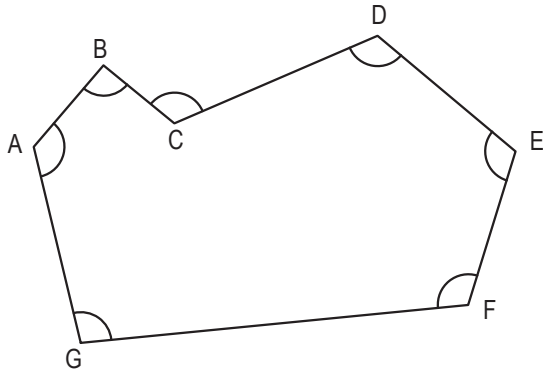


Figura 32 - Caminhamento fechado.

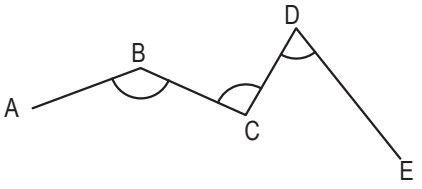


Figura 33 - Caminhamento aberto.

Os resultados do levantamento podem ser registrados em uma caderneta de levantamento, em que se anotam os valores necessários ao trabalho: dados medidos (ângulos e distâncias) e dados informativos (atividades locais, nome da localidade e todas as informações que interessem a quem deseja a planta).

Na parte reservada ao croqui, faz-se um desenho aproximado do local de trabalho, com os pontos principais a que se referem as anotações da página, para facilitar a compreensão e o andamento dos trabalhos de campo e de escritório, ao desenhar a planta. O croqui é elemento elucidativo.

g) **Erro na medida dos alinhamentos.**

Os principais tipos de erros aqui descritos são para levantamentos simples com instrumentos ou equipamentos tipo trena e baliza, e não são aplicáveis em equipamentos digitais.

1) **Dilatação:** materiais quentes expandem. Medições realizadas quando está muito quente podem registrar um valor ligeiramente diferente do real.

2) **Desvio lateral:** é o valor levemente maior que o verdadeiro, que encontramos ao medir AB′ em vez de AB (Figura 34).

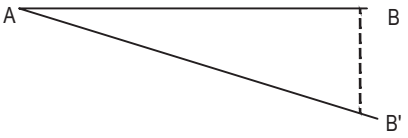


Figura 34 – Desvio lateral.

3) **Desvio vertical:** para medir AB, que fica em uma ladeira, devemos colocar a trena sempre em horizontal. Se colocarmos a ponta da trena no ponto D (BD) em vez de no ponto C da baliza (BC), encontraremos um resultado ligeiramente maior (Figura 35).

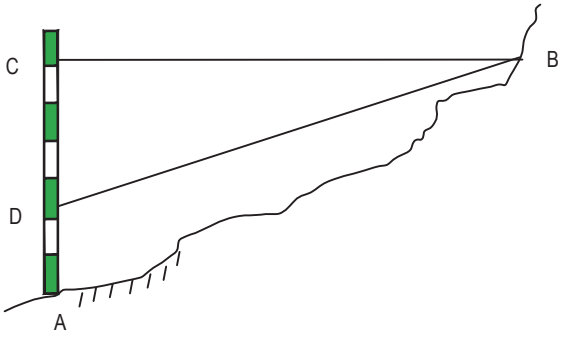


Figura 35 – Desvio vertical.

4) **Catenária:** é a curva formada por qualquer fio flexível suspenso por dois pontos. Para medir a reta AB, mede-se a curva AB, ligeiramente maior que a primeira (Figura 36).

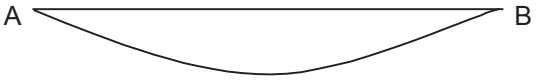


Figura 36 – Catenária.

5) **Inclinação da baliza:** esta deve ficar na vertical e a trena em horizontal, durante as medições. Entretanto, se a baliza de A estiver na posição inclinada 1, em vez de na vertical 2, o comprimento será menor que AB, sendo o erro "para menos". Se a baliza de A estivesse na vertical 3, o erro seria "para mais" (Figura 37).

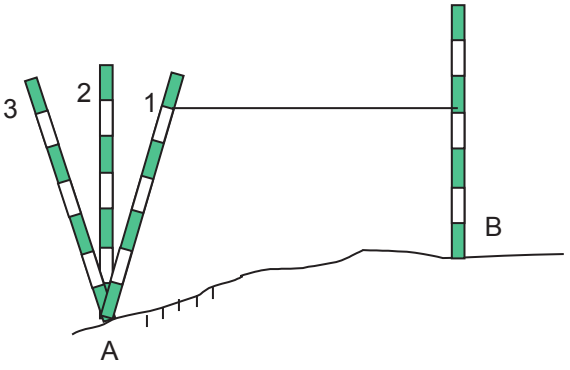


Figura 37 – Inclinação da baliza.

9.6.2 Levantamento planialtimétrico

Diversos equipamentos podem ser utilizados em um **levantamento planimétrico**, aplicando-se os mesmos princípios dos levantamentos expeditos de que medindo distâncias e ângulos é possível obter-se uma representação do terreno.

A planimetria pode ser realizada com mais precisão se a medição de ângulos e/ou distâncias for realizada com teodolito. Teodolito é um instrumento utilizado para medir ângulos verticais ou horizontais com precisão. Com estes equipamentos, em conjunto com distanciômetro, balizas, trenas e réguas graduadas, podem ser realizados levantamentos com elevada precisão. No entanto, métodos eletrônicos ou por satélite realizam as mesmas medidas com maior precisão e mais eficiência.

O **levantamento altimétrico** é utilizado em praticamente todas as obras de saneamento e de engenharia civil de um modo geral, como complemento às informações. O uso de equipamentos digitais, com auxílio de *laser*, frequência de rádio, satélites, entre outros, vem facilitando os trabalhos que necessitam de nivelamento, principalmente os que necessitam de referências com cotas verdadeiras e não arbitrárias.

Nível é um equipamento utilizado especificamente para medir diferenças de nível. **Curva de nível** é uma representação gráfica do relevo de uma área, apresentando suas altitudes ou cotas. É obtida a partir da interpolação dos pontos verificados em campo ou por aerofoto.

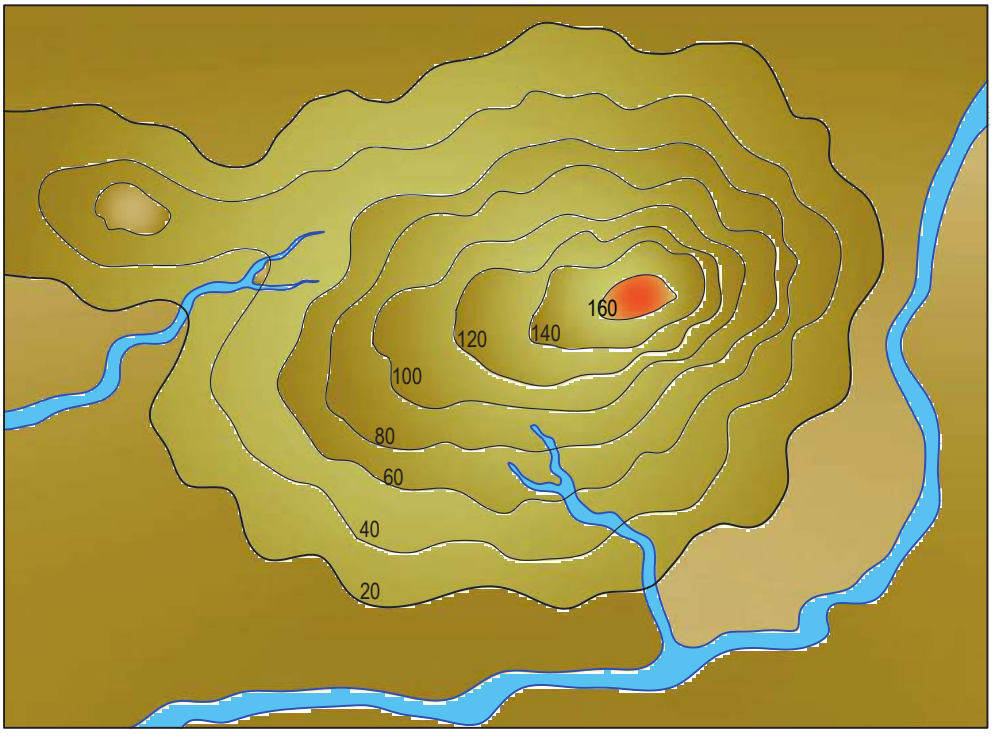


Figura 38 – Curva de nível.

Fonte: Adaptado de Fontanailles, 2013.

a) **Taqueometria.**

> (...) nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação (ABNT, 1994, p. 4).

Com o teodolito realiza-se a medição do ângulo vertical ou ângulo zenital, o qual, em conjunto com as leituras efetuadas, será utilizado no cálculo da distância.

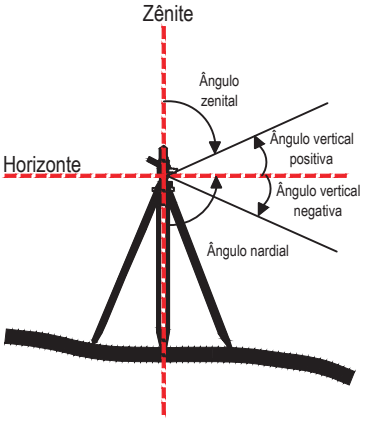


Figura 39 - Teodolito.

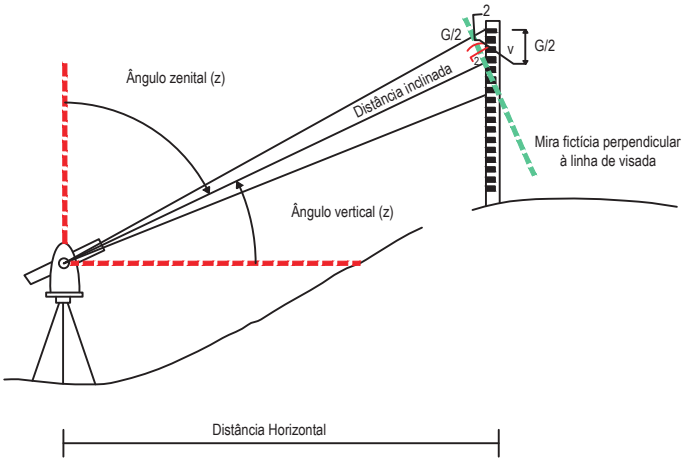


Figura 40 - Taqueometria.

Fonte: Adaptado de Veiga, Zanetti e Faggion, 2012.

b) **Nivelamento trigonométrico.**

> (...) nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos no terreno indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado (ABNT, 1994, p. 4).

Estaciona-se o aparelho em um ponto de altitude ou cota a determinar e visa a um ponto de altitude ou cota conhecida (Figura 41).

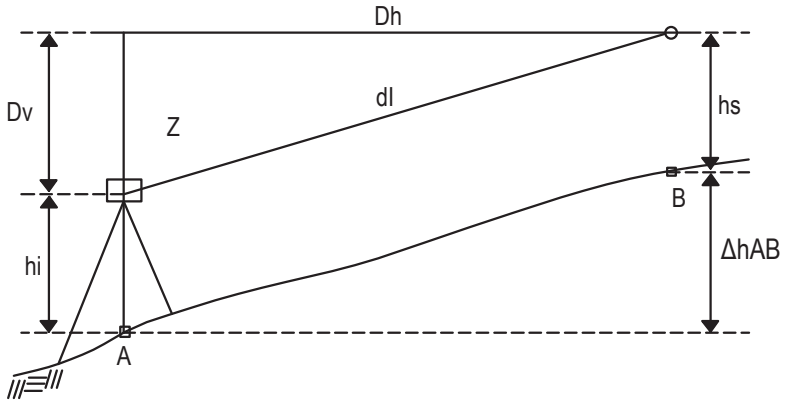


Figura 41 – Nivelamento à ré.

Fonte: Adaptado de Veiga, Zanetti e Faggion, 2012.

c) **Nivelamento geométrico.**

Determina o desnível entre pontos, porém com uma precisão maior do que a dos métodos de nivelamento anteriores. Pode ser: linear simples; linear composto; irradiado simples; e irradiado composto.

Linear simples: caracteriza-se pela determinação de um único desnível. O aparelho de nível pode ser posicionado sobre um dos pontos, fora do alinhamento deles ou entre os pontos que se deseja verificar (Figura 42), sendo esta a situação mais precisa.

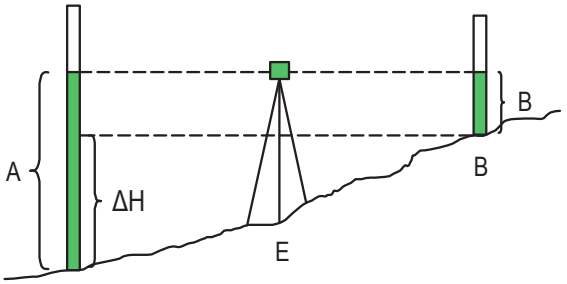


Figura 42 – Nivelamento linear simples.

Linear composto: nada mais é do que uma série de nivelamentos lineares simples. O nivelamento linear composto deverá ser fechado para permitir o seu controle. Entende-se por nivelamento fechado aquele que começa em um ponto de altitude ou cota conhecida e termina em um ponto de altitude conhecida, podendo o ponto de partida ser também o ponto de chegada (Figura 43).

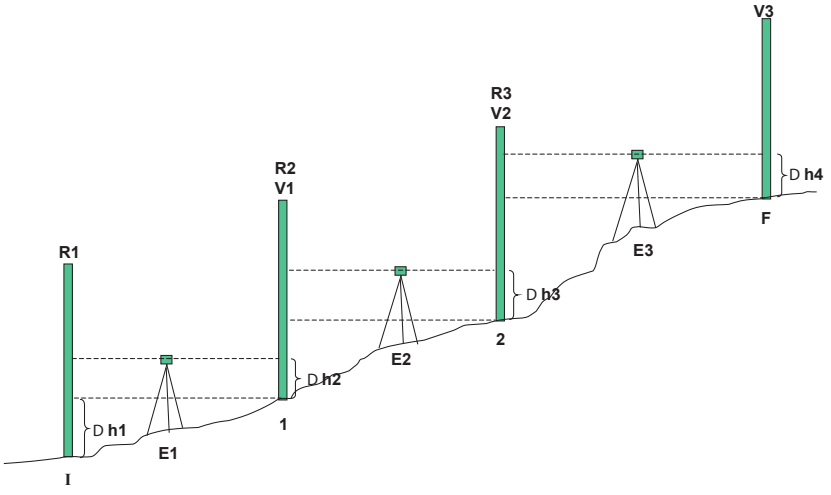
Da figura tiramos:

$\Delta h1 = Lr1 - Lv1$

$\Delta h2 = Lr2 - Lv2$

$\Delta h3 = Lr3 - Lv3$

$\Delta h4 = Lr4 - Lv4$



$$\Delta Hif = \Delta h1 + \Delta h2 + \Delta h3 + \Delta h4 + ...$$

Figura 43 – Nivelamento linear composto.

Irradiado: estaciona-se o nível em um ponto qualquer, fora do alinhamento dos pontos a nivelar, e lê-se as miras localizadas nos demais pontos. A primeira leitura é considerada leitura ré, as demais são consideradas leituras vantes.

A leitura ré é feita sobre um ponto de altitude ou cota que determinará a altitude do plano de referência. Uma vez estabelecido o plano de referência, os demais pontos terão suas altitudes ou cotas, subtraindo-se as leituras vantes do plano de referência (Figura 44 e 45).

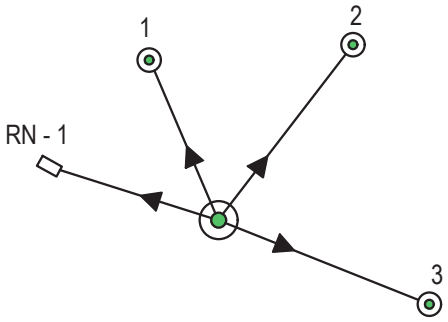


Figura 44 – Nivelamento irradiado simples.

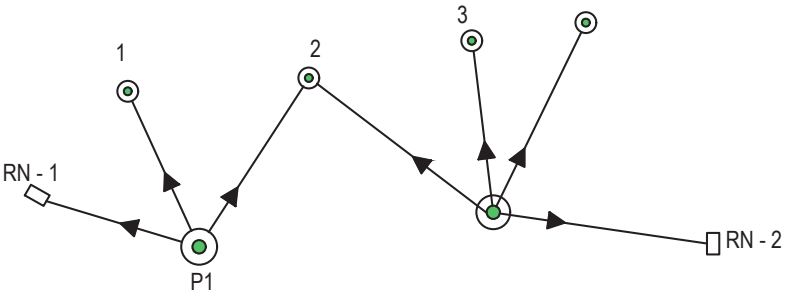


Figura 45 – Nivelamento irradiado composto.

9.6.3 Estação total

De maneira geral pode-se dizer que uma estação total nada mais é do que um teodolito eletrônico (medida angular), um distanciômetro eletrônico (medida linear) e um processador matemático, associados em um só conjunto. A partir de informações medidas em campo, como ângulos e distâncias, uma estação total permite obter outras informações como:

- Distância reduzida ao horizonte (distância horizontal).
- Desnível entre os pontos (ponto "a" equipamento, ponto "b" refletor).
- Coordenadas dos pontos ocupados pelo refletor a partir de uma orientação prévia.

Estes equipamentos permitem realizar correções no momento da obtenção das medições ou até realizar uma programação prévia para aplicação automática de determinados parâmetros, como condições ambientais (temperatura e pressão atmosférica) e constante do prisma. Além disto, é possível configurar o instrumento em função das necessidades do levantamento, alterando valores como: altura do instrumento; altura do refletor; unidade de medida angular; unidade de medida de distância (metros, pés) e origem da medida do ângulo vertical (zenital, horizontal ou nadiral).

9.6.4 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

O GPS é um sofisticado sistema eletrônico de navegação, baseado em uma rede de satélites que permite localização instantânea em qualquer ponto da Terra. Seu desenvolvimento foi iniciado em 1978, tendo sido projetado inicialmente para uso militar dos Estados Unidos. Basicamente, o sistema GPS é composto de três partes denominadas segmento espacial, segmento de controle e segmento usuários.

a) **Segmento espacial – os satélites.**

Orbitam a Terra a cerca de 20.000 km de altitude, em seis planos orbitais espaçados de 55 graus. Cada satélite tem um período útil de 12 horas sobre o horizonte, o que garante que, a qualquer momento, pelo menos cinco satélites estejam sobre o horizonte do receptor de um usuário em qualquer ponto do mundo.

b) **Segmento de controle – as estações.**

Monitoram continuamente a posição e a trajetória da constelação de satélites, recalculando novos parâmetros orbitais em intervalos regulares várias vezes por dia, além de introduzir no sistema informações adicionais como condições da ionosfera, por exemplo.

Além da atualização das efemérides (parâmetros definidores da posição do satélite em um determinado instante), o segmento de controle calcula parâmetros para correção dos efeitos ionosféricos, correções aos relógios dos satélites, atesta a saúde dos satélites, validando suas mensagens,

e comanda as manobras de reposicionamento dos satélites periodicamente em suas próprias órbitas. A MCS situa-se na base aérea de Schriever em Colorado Springs, Colorado, Estados Unidos.

c) **Segmento usuários – os receptores.**

É a parte do sistema visível ao usuário, um aparelho que sintoniza os sinais emitidos pelos satélites e calcula a sua própria posição.

d) **Posicionamento.**

O posicionamento necessita da recepção simultânea de pelo menos quatro satélites, de cujos sinais e mensagens se pode obter parâmetros e equações que permitem resolver as incógnitas, ou seja, as três coordenadas espaciais (local da antena do usuário) e mais o tempo (ou instante do sinal recebido).

A possibilidade de determinar diretamente as coordenadas de um local tornou o GPS um recurso inestimável para a obtenção de dados para mapeamento, pois os dados são automaticamente georreferenciados. São úteis em atividades de monitoramento ambiental e elaboração de cartas temáticas, bem como atualização de bases cartográficas. Como os dados GPS são obtidos já em meio digital, podem ser facilmente transferidos para computador. Existem inúmeros *softwares* para descarregar e carregar dados de receptores GPS.

e) **Dados em GPS.**

O cálculo de posição no receptor GPS é automático, atualizado uma vez por segundo. A única preocupação que precisamos ter é com o uso e o armazenamento destes dados. Cada posição é expressa por quatro coordenadas: três espaciais e uma temporal. As espaciais são a longitude, a latitude e a altitude. Já a coordenada temporal é a data e a hora da obtenção da posição.

A fiscalização e o acompanhamento das obras de saneamento podem ser bastante facilitadas pela utilização da tecnologia do GPS. Tal sistema permite a coleta da localização de pontos na superfície da Terra, por meio do sistema de coordenadas, e o traçado de linhas, estradas, caminhamentos, permitindo identificação dos terrenos e dos diversos elementos dos sistemas implantados.

Nos levantamentos realizados com GPS ou estação total, os dados podem ser transferidos para um *software* em que se trabalhará o desenho de acordo com o que foi levantado em campo e do tipo de desenho que se deseja representar (Figura 46).

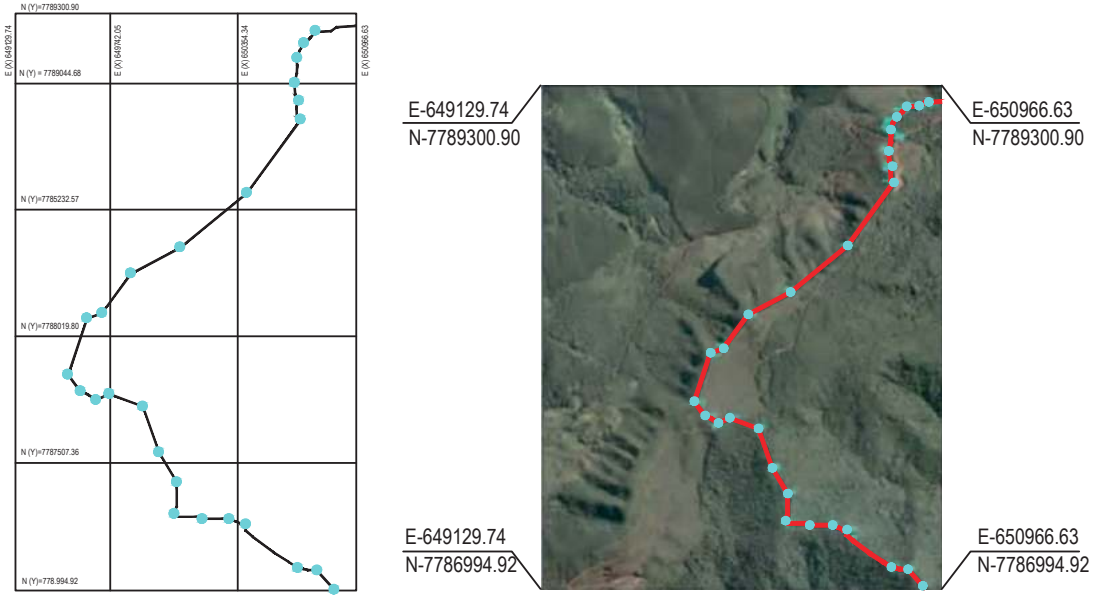


Figura 46 – Representação de localização de pontos por GPS e projeção da poligonal sobre foto aérea.

Fonte: Adaptado de Mundogeo, 2015.

9.6.5 RTK

RTK, *Real Time Kinematics*, ou Posicionamento Cinemático em Tempo Real, é uma técnica usada para melhorar a precisão dos dados de posição derivados de sistemas de posicionamento por satélite, sendo utilizável em conjunto com GPS, GLONASS e/ou Galileo. Ele usa medições da fase do sinal da onda portadora, e não o conteúdo da informação do sinal, e baseia-se em uma única estação de referência para realizar correções em tempo real, fornecendo precisão de centímetros (Figura 47).

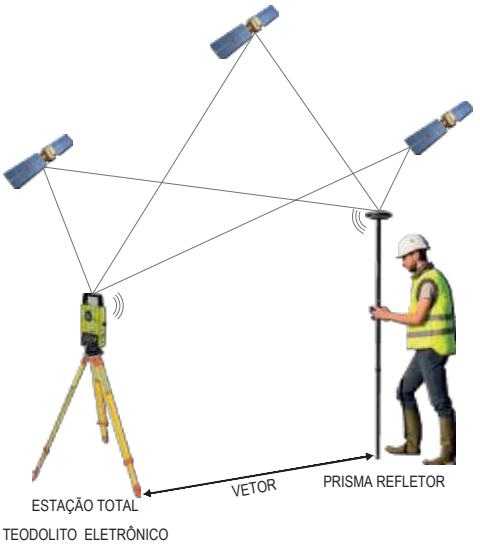


Figura 47 – Representação da rede de sinais de RTK.

9.7 Numeração predial

Em 1983, o manual publicado pela SUCAM definia o reconhecimento geográfico como atividade que:

> (...) tem por fim determinar o número de casas e anexos existentes na área previamente delimitada, numerá-las e classificá-las de acordo com o tipo de construção e fornecer dados necessários sobre vias de acesso e situação de cada localidade em relação às localidades vizinhas, coleções hídricas, bem como as condições sanitárias e os meios de comunicação.

Considerando as ações de melhorias sanitárias domiciliares e de melhorias de habitação para controle da doença de Chagas, verifica-se que, em edições anteriores do Manual de Saneamento (ou no Manual dos Guardas Sanitários) existia a preocupação com a realização da numeração predial, para localidades em que não existia numeração de imóveis, como forma de identificação do domicílio e referência para o inquérito sanitário que precedia a instalação de tais melhorias.

9.7.1 Generalidades

Em muitas cidades a numeração irregular e desordenada causa dificuldades à prestação de serviços públicos. Existem diversas maneiras de numerar casas, mas alguns métodos podem se mostrar mais práticos que outros. A numeração das casas em sequência, por exemplo (par de um lado da rua e ímpar do outro), apresenta inconvenientes quando se constrói uma nova casa: esta deve tomar o mesmo número da casa que a antecede, acompanhado de uma letra, para poder distingui-la. Essa numeração tem também a desvantagem de não poder dar ideia das distâncias.

A numeração pela ordem natural dos números tem o inconveniente de necessitar do conjunto número-letra para inclusão de novas casas e de não dar ideia da distância até o ponto inicial da numeração.

9.7.2 Numeração métrica

Na numeração métrica, a numeração deve ser feita medindo-se a distância do ponto inicial até a metade da fachada da casa. A medição deve seguir a linha média ou eixo da rua. O início deve estar em ponto fixo, sempre que possível: praça, início de rua cega, margem de rio etc., a fim de evitar a possibilidade de mudança de número futuramente. A numeração seguirá ao longo da rua toda, mesmo que esta se divida em várias seções, com nomes diferentes, pois, se estes forem mudados ou transformados em um só, posteriormente, não haverá alteração dos números (Figura 48).

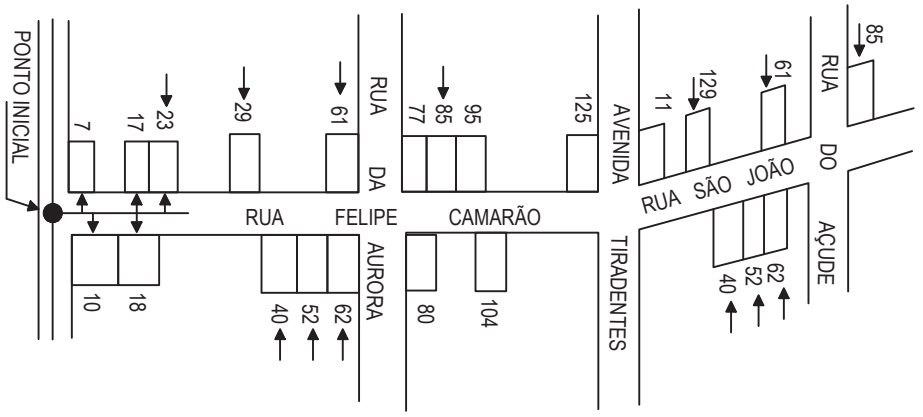


Figura 48 – Numeração a partir de um ponto inicial.

Quando a cidade fica na confluência de dois cursos de água, seja dois rios, seja um rio e um igarapé, formando, às vezes, ângulo reto ou quase reto, a maioria das ruas iniciar-se-á na margem dos dois cursos de água (Figura 49).

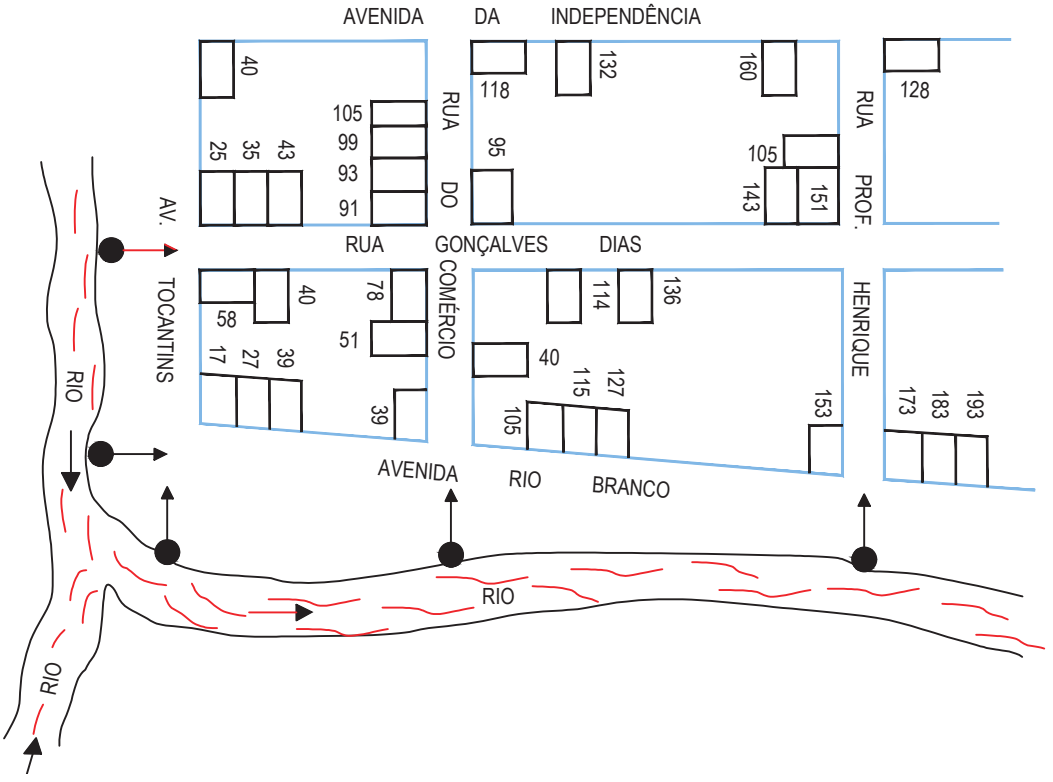


Figura 49 – Números pares à direita e ímpares à esquerda, a partir da margem do rio.

Quando a cidade fica na margem de um curso d'água expande-se facilmente no sentido transversal, isto é, para a direita e para a esquerda. Nesse caso, as ruas perpendiculares ao rio terão início na margem deste.

Quanto às ruas transversais, a numeração será feita da esquerda para a direita ou vice-versa, conforme a cidade tenha se expandido mais para um lado do que para o outro, de acordo com suas condições topográficas. Escolhe-se uma rua-eixo, perpendicular ao rio, central ou na parte extrema da cidade que tenha menos probabilidade de expandir-se (Figura 50).

Cada rua transversal deverá iniciar-se a 2 mil metros da rua-eixo, à esquerda ou à direita; as casas à direita desta terão numeração superior a 2 mil metros, e as da esquerda, inferior ou vice-versa. Partindo-se da rua-eixo para o início da rua, o número de metros em que se encontra a casa será diminuído de 2.000 metros, a fim de achar o número a ser colocado nesta. No outro sentido, os números serão adicionados a 2.000 (Figura 50).

As ruas que têm início na margem do rio podem ser numeradas como a Rua Pedro II, isto é, a partir da margem do rio. As ruas paralelas ao rio terão início de sua numeração a 2.000 metros à esquerda do eixo da Rua Campos Sales (rua-eixo).

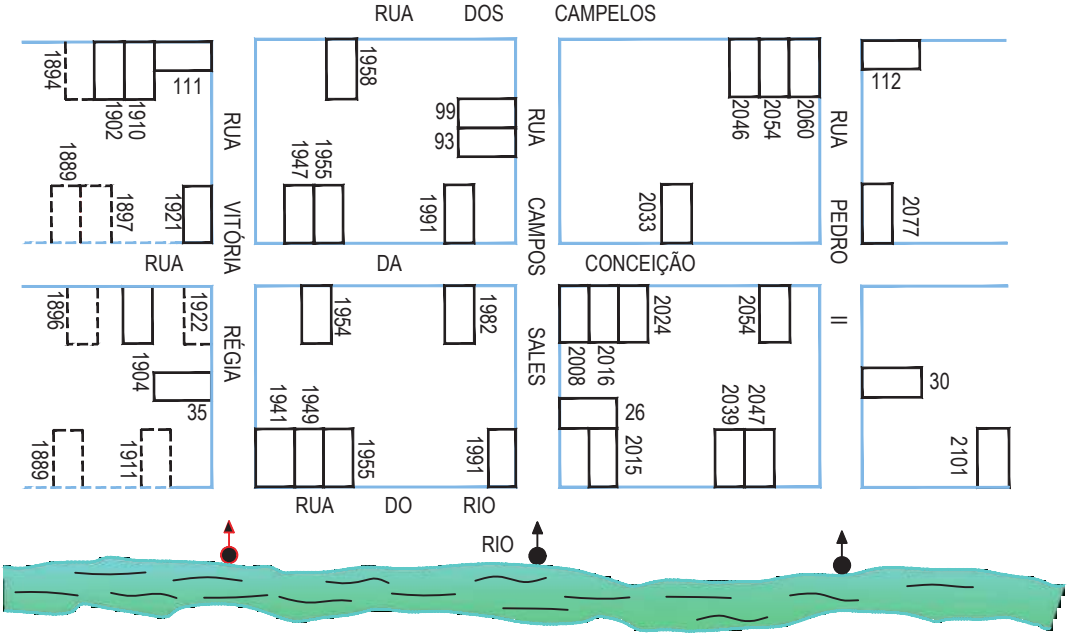


Figura 50 – Numeração a partir da margem do rio e numeração a partir de um ponto e número estabelecido.

Se o início de duas ruas coincidir com o término de outra, formando um Y, a numeração de uma rua deverá continuar a da precedente, a fim de evitar futuras mudanças.

Quando houver uma casa por trás de outra na mesma rua e a mesma distância do ponto inicial de contagem, a casa da frente para a rua tomará o número que representa a distância em metros do ponto inicial; a de trás terá o número consecutivo seguinte a esta, par ou ímpar (Figura 51).

O número da casa sem frente para a rua poderá ser 606 ou 610 (Figura 51).

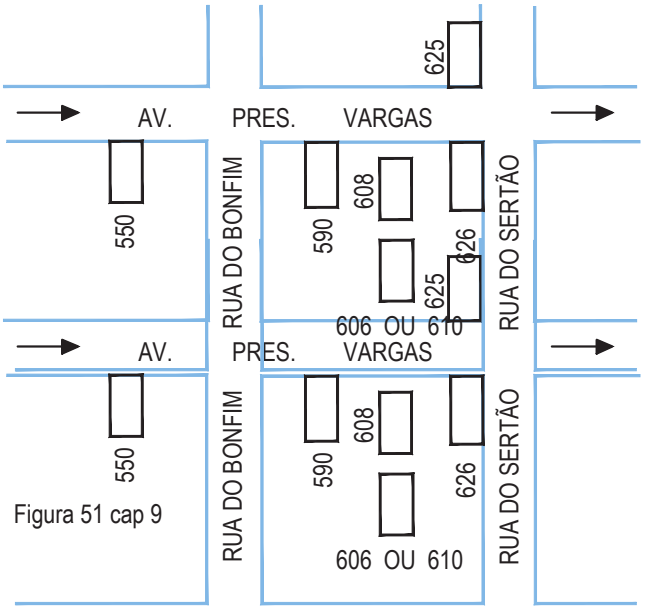


Figura 51 – Casa de frente e de fundo no mesmo alinhamento.

Nas cidades do interior, devido à falta de planejamento urbano, nem sempre as ruas seguem orientação definida, como na Figura 52. Nesse exemplo, as duas ruas são consideradas como uma só e as casas da praça, paralelas ao eixo da rua, são numeradas em continuação às da rua A. As casas da praça, de direção perpendicular ao eixo da rua, são numeradas a partir de uma origem definida na própria praça.

No caso de a praça ser pequena, as casas paralelas ao eixo da rua "A" terão numeração corrida. As casas paralelas ao eixo da rua "B" terão numeração principiando na praça.

Quando duas casas ficam em frente uma da outra, em lados opostos da rua, uma toma o número de metros medidos, e a outra uma unidade a mais ou a menos (Figura 53). Se a medição deu como resultado 641 metros, a casa da esquerda será 641, e a casa da direita uma unidade a mais ou a menos.

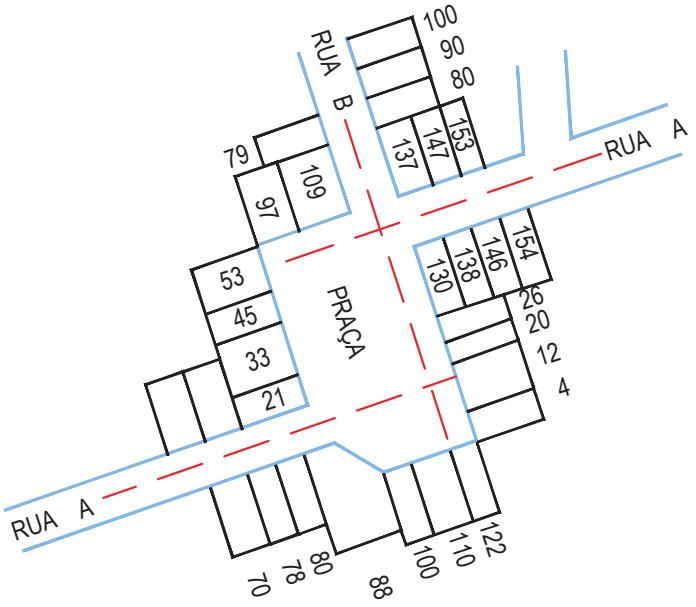


Figura 52 – Numeração assumindo a continuidade da rua A.

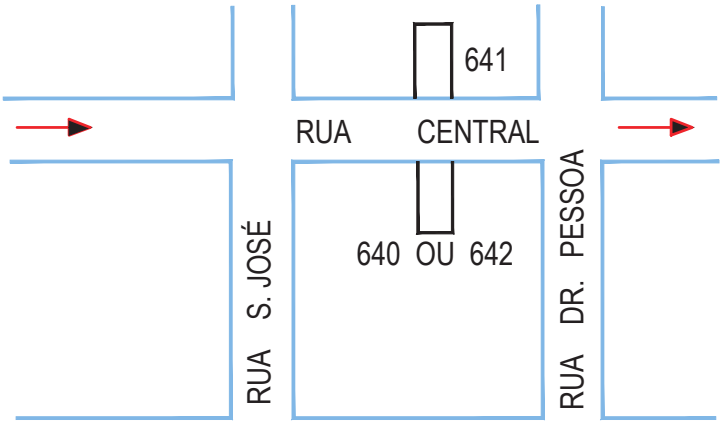


Figura 53 – Numeração par será à direita e ímpar à esquerda.

Se na mesma casa funcionarem dois estabelecimentos comerciais ou residirem duas famílias, mas tendo portas de entrada diferentes, deverá ser colocado um número na parte superior de cada porta, representando o número de metros até o ponto inicial de medição.

Cada casa construída deve ser devidamente numerada. Para calcular seu número, deve-se medir a distância entre ela e a casa vizinha no mesmo lado. O número obtido deve ser somado ao da vizinha, se ficar depois desta, e subtraído, se ficar antes.

Os demais casos característicos de cada lugar deverão ser resolvidos, tendo sempre em mente:

- A abstração dos nomes das ruas.
- A fixação do ponto inicial de medição.
- A impossibilidade de mudança do número, futuramente.

9.7.3 Numeração dos quarteirões

É feita isoladamente em cada bairro, nas cidades grandes. Nas pequenas (menos de 20 mil habitantes) é feita considerando-se a cidade toda como um bairro único.

Empregam-se os números na ordem natural, sempre de Leste para Oeste, ou de Norte para Sul, conforme a direção em que o número de quarteirões é maior. Os números são escritos no mapa, no centro dos quarteirões, colocados na ordem natural e de modo que a leitura seja processada sem recuos (Figura 54).

O início, a continuidade e o fim do quarteirão são assinalados no muro ou na parede da casa, com os desenhos convencionados. Os números que os acompanham são do quarteirão.

O início do quarteirão é contado a partir de uma esquina, assinalado pela seta convencional da direita para a esquerda do observador situado na rua, em frente ao quarteirão.

Quando a cidade é igualmente desenvolvida nas quatro direções, pode-se tomar como referência uma rua-eixo que é dividida ao meio, sendo a numeração feita na ordem natural dos números, na primeira metade da cidade, continuando em seguida na segunda metade.

Os quarteirões de nºs 1 a 117 nas Figuras 54 e 55 ficam à direita da rua-eixo. Os de nºs 118 em diante, à esquerda.

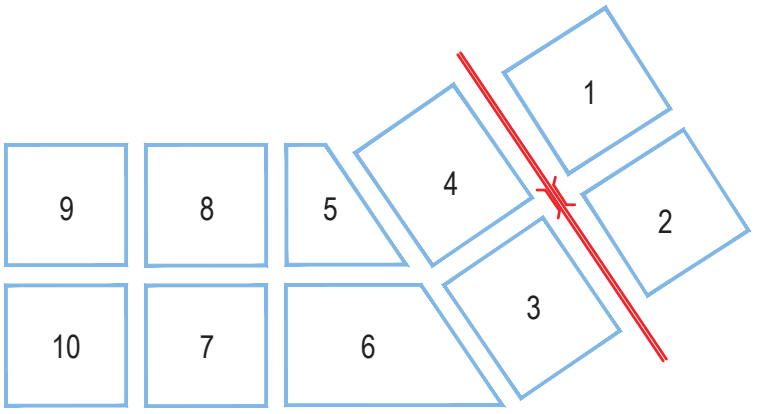


Figura 54 – Numeração de quarteirões – exemplo I.

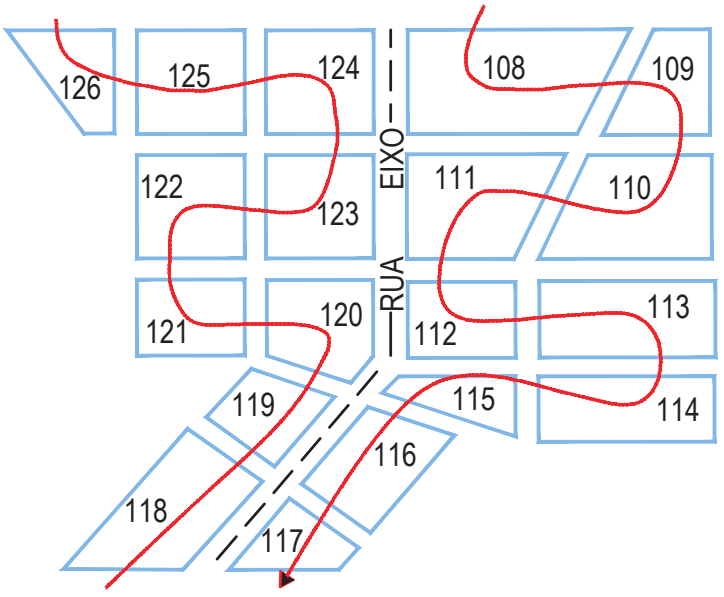


Figura 55 – Numeração de quarteirões – exemplo II.

9.8 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Os SIG permitem a análise e o tratamento de grande quantidade de dados com expressão espacial, e são largamente utilizados em estudos epidemiológicos para a identificação, a delimitação das áreas geográficas e a mensuração dos riscos, bem como para estabelecer o perfil epidemiológico e socioeconômico das doenças, contribuindo para a vigilância e o monitoramento da saúde das populações. A tecnologia de SIG permite a seleção e a busca de informações e a visualização destas por meio de mapas, bem como análises estatísticas que funcionam como ferramentas verificadoras e suscitadoras de hipóteses, para remodelação e adequação das estratégias de enfretamento dos problemas de saúde.

Atualmente, as empresas públicas e concessionárias dos serviços de saneamento vêm adotando os SIG para aperfeiçoar os serviços prestados e otimizar a aplicação dos recursos na área de saneamento. Por meio das soluções de SIG é possível aumentar a eficiência na construção, na manutenção e na operação da infraestrutura de água e esgoto, além de reduzir perdas e diminuir o consumo de energia elétrica.

Referências bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

CARVALHO, M. S. *et al*. **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicada à saúde**. Brasília: OPAS/MS, 2000. p. 65.

CELESTINO, T. B.; DINIZ, N. C. Informática – Sistemas de Informações Geográficas. *In:* ABENC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA. **Geologia de Engenharia**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia, 1998. p. 235-241.

CIÊNCIA VIVA. 2015. Disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/home/>. Acesso em: 10 fev. 2015.

CRUZ, C. B. M.; PINA, M. F. **Fundamentos de Cartografia**. CEGEOP Unidades didáticas 29 a 41. Rio de Janeiro: LAGEOP/UFRJ, 2002. v. 2.

FAGGION, P. L. **Considerações sobre a instrumentação topográfica**. Curitiba: UFPR, 2011. Disponível em: <http://www. cartografica.ufpr.br/docs/Pedro/Apostila%20de%20Instrumenta%C3%A7%C3%A30%20Topogr%C3%A1fica_2011_Aluno.pdf>.

FONTANAILLES, G. 2013. Disponível em: https:// Geografalando. blogspot.com/2013/03/cartografia--escala-e-curvas-de-nível.html. Acesso em 09/11/2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. **Geodésia**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. **Glossário cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario_cartografico.shtm>. Acesso em: 27 jan. 2015.

JELINEK, A. R. **Planimetria**. [s.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/igeo/departamentos/geodesia/ trabalhosdidaticos/Topografia_IProfaJ_%20Andrea_Jelinek/Teoria/Planimetria.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

MUNDOGEO. **Ortofoto:** a imagem que é um mapa. [s.l.]: [s.n], 2015. Disponível em: <http://www.mundogeo.com/blog/2000/12/01/ortofoto-a-imagem-que-é-um-mapa/>. Acesso em: 10 fev. 2015.

NAVCHALLENGE. 2011. Disponível em: <http://faculty.missouri.edu/~cmcs/nav-challenge/>. Acesso em: 10 fev. 2015.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**: técnica, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

SEGANTINE, P. C. l. **Notas de Aula de Topografia.** 1998. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA4NwAF/topografia-anotacoes-aula?part=2>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. **Cartografia**. Rio de Janeiro: UFF, 2015. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Cartografia.html#FUNDAÇÃOIBGE>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UFG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Superfícies de referência**. Goiânia: UFG, 2015. Disponível em: <http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/cursos_online/gvsig/superficies_de_referencia.html>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UFSM – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Laboratório de Cartografia**. Santa Maria: UFSM, 2015. Disponível em <http://coral.ufsm.br/cartografia/index.php?option=com_content&view=article&id=26:utm-universal-transversa-de-mercator&catid=14:basico&Itemid=30> Acesso em: 10 fev. 2015.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. F. **Fundamento de topografia**. Curitiba: UFPR, 2012.

10 Saneamento em situações especiais

10.1 Introdução

Este capítulo trata de situações especiais relativas aos desastres naturais, às situações de emergência em regiões semiáridas e a cidades resilientes.

Os desastres naturais têm causado frequentes problemas que afetam a saúde das populações e representam obstáculo sério ao desenvolvimento das comunidades atingidas.

Como não é possível controlar as forças da natureza, deve-se procurar prever esses acontecimentos, defender-se dessas forças, minorar seu impacto e aliviar suas consequências.

O crescimento populacional, a ocupação de áreas em terrenos de grande instabilidade e, especialmente, as mudanças climáticas, levaram a um aumento de 268% de desastres naturais em todo o mundo na década de 2000, em comparação aos dez anos anteriores.

No Brasil, desastres naturais entre 1991 e 2010 foram responsáveis por aproximadamente 3,4 mil mortes em mais de 31 mil desastres, muitos agravados pelas atividades humanas. Esse problema vem se intensificando com o processo acelerado de ocupação territorial e as consequentes alterações praticadas contra o equilíbrio dos sistemas ambientais.

Os prejuízos econômicos, as tragédias sociais e os estragos ambientais são alguns dos resultados das inundações. Os danos materiais têm afetado principalmente o sistema de transporte, a infraestrutura de abastecimento de água e equipamentos públicos, sem contar a contaminação latente que permanece no ambiente após o abaixamento do nível das águas. Pessoas ficam expostas às condições climáticas adversas e à propagação de enfermidades, o que ocorre com maior perigo quando existem grande concentração populacional e más condições sanitárias.

A provisão imediata das facilidades sanitárias e a disposição de informações técnicas sobre procedimentos relativos ao abastecimento de água, à eliminação dos esgotos, aos resíduos sólidos e ao controle dos vetores, são necessidades fundamentais. Essas necessidades não podem ser atendidas, de forma rápida e com eficácia, sem um planejamento prévio e uma preparação adequada.

10.2 Desastres Naturais

10.2.1 Conceitos

A definição clássica de desastre é um acontecimento que impõe grande destruição e comoção psíquica na população, geralmente acompanhado de perdas humanas, materiais e econômicas e transtornos nos padrões normais da vida.

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS), desastre é definido como o conjunto de danos produzidos sobre a vida, saúde ou a economia dos habitantes de um ou vários centros povoados, originados pela alteração do curso de fenômenos naturais ou por ação do homem em forma casual ou com o emprego de meios destrutivos, situação que requer auxílio social.

10.2.2 Tipos de desastres

10.2.2.1 Naturais

São todos os eventos ou fenômenos de origem natural que têm o potencial de afetar adversamente o ser humano, suas instituições, infraestrutura e atividades.

Os **fenômenos naturais** são os que se manifestam sem afetar o ser humano. Entretanto, quando estes fenômenos do ambiente tornam-se perigosos para o homem, passam a ser chamados de **ameaças naturais**.

Se essa ameaça ocasiona danos ou perdas, convertem-se em um **desastre natural**.

Estes conceitos são ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Fenômenos, ameaças e desastres.

Origem	Impacto	Danos e perdas
Fenômenos naturais	**Ameaças naturais**	**Desastres**
Atmosféricos Tectônicos e telúricos Topológicos Hidrológicos	População Atividades Infraestrutura Instituição	Perigo humano Paralização de serviços públicos Desorganização das atividades

Fonte: Assar, 1971.

Geralmente, as catástrofes causadas por fenômenos naturais são inevitáveis, pois os fenômenos naturais que as geram independem do controle do homem que se sente impotente diante de sua ocorrência.

10.2.2.2 Desastres provocados pelo homem

Estes desastres são gerados e sofridos pelo homem e meio ambiente. Resultam de falhas humanas: imperícias, imprudências e negligências. Alguns exemplos são os incêndios, as explosões, os acidentes de transportes, os atos de hostilidades ou conflitos armados, as epidemias e os desastres tecnológicos.

Os desastres tecnológicos estão relacionados com a introdução de novas tecnologias e o aumento da quantidade e da variedade de substâncias perigosas, gerando novos riscos, tanto no campo laboral quanto para as comunidades que estão na área de influência.

10.2.3 Classificação

Os desastres podem ser classificados quanto à sua origem e magnitude.

10.2.3.1 Origem natural

a) **Meteorológicos ou hidrológicos**
   - Ciclones tropicais: furacão, tufão.
   - Fontes temporais: tormentas, tornados e granizo.
   - Ondas frias e ondas quentes.
   - Secas.

b) **Topológicos**
   - Inundações.
   - Avalanches.
   - Deslizamentos de terra e lama.

c) **Telúricos e tectônicos**

- Terremotos.
- Erupções vulcânicas.
- *Tsunamis*.

10.2.3.2 Produzidos pelo homem

- Fome/má nutrição e enfermidades.
- Enfermidades ou afecções de caráter epidêmico.
- Atos de hostilidades ou conflitos armados – guerras:
  - Tipo convencional ou não convencional, como o uso de armas biológicas, químicas e nucleares.
- Acidentes: explosões, incêndios, choques.
- Contaminação de fontes:
  - Acidental.
  - Contínua.

10.2.3.3 Amplitude limitada

- afeta só uma parte da população sem danificar a infraestrutura dos serviços públicos, e, em consequência, permite utilizar todo tipo de recursos locais.

10.2.3.4 Grande magnitude

- aquele no qual a maior parte da infraestrutura dos serviços públicos conserva-se sem danos, mas a população vê-se afetada psicologicamente de tal forma que, embora, por um lado, se possa contar com os recursos materiais da localidade, por outro lado, não se pode utilizar inicialmente seus recursos humanos.

10.2.4 Fases

O processo de um desastre natural possui cinco fases sucessivas, a saber:

10.2.4.1 Pré-desastre

É aquela durante a qual a prevenção e os preparativos deveriam ser executados. Para a maioria dos desastres naturais, é possível determinar o risco respectivo de acordo com as áreas geográficas.

a) Prevenção

A prevenção é uma atividade própria dos organismos governamentais que têm sob sua responsabilidade a administração dos recursos geológicos, hídricos, marítimos, florestais e desenvolvimento urbano.

Esta fase consiste na eliminação ou redução dos efeitos dos eventos naturais que podem constituir um perigo para o ser humano.

Alguns fenômenos naturais não são controláveis; contudo, podem ter consequências prevenidas, se forem levadas em consideração ações de detecção e vigilância, como é o caso das inundações, das tempestades e das erupções vulcânicas.

A recompilação e a análise dos dados sobre as ameaças devem ser uma atividade permanente.

b) Mitigação

É o conjunto de medidas para diminuir ou eliminar o impacto das ameaças naturais, mediante a redução de vulnerabilidade do contexto social, funcional ou físico.

Essas medidas devem ser realizadas por diferentes organismos, entre os quais o setor de saneamento.

c) Preparação

Compreende uma série de atividades cujo objetivo é organizar, educar, capacitar e treinar a população, a fim de facilitar as ações para um efetivo e oportuno controle, aviso, evacuação, salvamento, socorro e ajuda. Devem-se formular e colocar em ação os planos de operação de emergência.

10.2.4.2 Pré-impacto

Com os indícios de um desastre iminente, este é o momento para dar o aviso baseado em técnicas de predição. O momento apropriado do aviso é de grande importância e as alternativas consistem em pôr de imediato a população a salvo ou correr o risco de dar um alarme demasiado tarde.

10.2.4.3 Impacto

É o período durante o qual o desastre acontece, com danos e mortes. Uma vez ocorrido o impacto, deve-se acionar as atividades de resposta, as quais compreendem: resgate, buscas, assistência às pessoas, comunicações e trabalhos de reparos. As ações de resposta deverão ser executadas segundo o plano de emergência, o qual compreende: manejo de recursos humanos, materiais e econômicos.

10.2.4.4 Pós-impacto

Esta fase começa quando se inicia o socorro e a ajuda na área. No período imediatamente posterior ao impacto, procura-se restabelecer as comunicações e outros sistemas interrompidos. As necessidades podem ser de cuidados aos feridos, provisão de refúgios, restabelecimento da provisão de água, ajuda alimentícia, controle de enfermidades. Estas atividades devem envolver a própria comunidade afetada e instituições externas.

10.2.4.5 Recuperação e reconstrução

Nesta fase pretende-se a restauração das condições prévias, ou, aproveitando a oportunidade, implantação de melhores condições de vida.

a) Reabilitação

É o processo de restabelecimento das condições normais de vida mediante a reparação, a adequação e executados os serviços vitais.

b) Reconstrução

Referem-se aos processos de recuperação de médio a longo prazos dos elementos, dos componentes e das estruturas afetadas pelo desastre. As atividades deverão ser efetuadas para as diferentes etapas de um desastre e são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Atividades e ações que deverão ser efetuadas nas diferentes etapas de um desastre.

Etapas	Atividades	Ações
Pré-impacto	Conhecimento da zona	Extensão e característica da zona: - Estrutura demográfica da população. - Organização política e social. - Nível de desenvolvimento. - Padrão de morbidade da população. - Distribuição de recursos sanitários e não sanitários. - Rede de transporte e comunicação. - Análise de riscos. - Análise de vulnerabilidade. - Preparação.
Pós-impacto	Implementar o plano de emergência	- Resgate e evacuação/socorro. - Saúde ambiental. - Vigilância epidemiológica. - Nutrição. - Abrigos provisórios. - Avaliação do plano.
		- Avaliação de danos. - Análise das necessidades. - Análise dos recursos disponíveis. - Determinação de prioridades de atuação. - Implementação do plano de socorro.
Recuperação	Reabilitação	- Restabelecimento das condições de saneamento. - Alojamento. - Vigilância epidemiológica. - Alimentação e nutrição. - Organização dos serviços de saúde.
	Reconstrução	- Melhora da infraestrutura sanitária. - Serviços de saúde. - Planos para desastres. - Avaliação.

Fonte: OPAS, 1990 .

10.2.5 Plano para situação de desastre

A elaboração de um plano para situações de desastres implica atividades de análise dos problemas e avaliar a participação de pessoas capacitadas nas distintas disciplinas para dar solução a esses problemas.

Os elementos considerados para a elaboração do plano incluem:

a) Diagnóstico de situações existentes ou as que podem se apresentar.

b) Previsão dos recursos a serem utilizados para fazer frente a essas situações.

c) Ordenamento das metas a alcançar.

d) Distribuição dos recursos disponíveis para alcançar essas metas, dentro do marco geral definido pelas prioridades.

e) Desenvolvimento de rotinas que antecipem a contingência.

O plano deve ser iniciado com uma definição precisa dos objetivos e dos aspectos considerados em cada uma das fases do desastre. Ao preparar um plano de ação para as distintas alternativas, deve-se ter em conta que a omissão de aspectos importantes pode conduzir à falta de previsão de recursos indispensáveis, mas que o excesso de detalhes impede a flexibilidade de ação e a capacidade de improvisação necessária em situações de emergência.

10.2.6 Efeitos dos desastres

As características dos desastres podem variar, mas a maioria apresenta efeitos similares que devem ser considerados para realizar uma intervenção de socorro.

a) **Efeitos sobre as pessoas.**

As pessoas podem perder a vida, serem feridas ou ficarem enfermas, veem-se aflitas e expostas a profundas emoções. As perdas materiais, patrimoniais e emocionais são enormes.

b) **Efeitos sobre a comunidade, as instalações e os serviços.**

A comunidade sofre a consequência da destruição produzida em escolas, hospitais, fábricas, casas, apartamentos, centros religiosos, agricultura e outros lugares de trabalho.

Os meios de transportes são também prejudicados, devido à destruição de ruas, estradas, portos, vias férreas, aeroportos, açudes, diques e barragens. Assim como os meios de comunicação e outros serviços públicos, como as infraestruturas elétricas, de gás e saneamento.

c) **Efeitos sobre a saúde.**

Os problemas de saúde são vinculados ao tipo de desastre. Assim, enquanto nos terremotos há possibilidade de grande número de feridos e mortos e pequeno movimento da população, nas inundações estes movimentos são grandes e, em contrapartida, o número de feridos e mortos é, em geral, pequeno.

d) **Efeitos sobre a economia.**

Os efeitos sobre a economia podem ser diretos, sobre as propriedades da população afetada, ou indiretos, causados por perdas na produção econômica e dos serviços.

10.2.7 Caracterização de uma situação de emergência

Entende-se por situação de emergência aquela que surge devido a uma ocorrência anormal e durante um período de tempo em uma região.

A avaliação para cada caso deve considerar os seguintes itens:

- Área atingida.
- Número de pessoas envolvidas.
- Tipo e grau de danos causados.
- Perda de abrigo adequado pela população envolvida.
- Interrupção parcial ou total de serviços de fornecimento de água, serviços de coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos e de serviços médicos e de saúde.
- Interrupção do fornecimento de energia elétrica.

Entre as diversas formas de calamidades que podem caracterizar uma situação de emergência existem as enchentes, e, considerando que são as formas de desastres que mais ocorrem em muitos países, abordaremos os efeitos sobre os serviços de saneamento e condições ambientais, como também a necessidade das medidas de emergência.

10.2.7.1 Inundações e enchentes

Entre os desastres causados pela natureza encontram-se as inundações. Não podendo modificar a intensidade ou a distribuição das chuvas, o homem procura intervir no regime do escoamento das águas das chuvas no intuito de evitar os efeitos das inundações.

Conceitualmente, o termo "enchente" representa o fenômeno de ocorrência de vazões grandes, e o termo "inundação" representa o extravasamento do fenômeno de enchente. Logo, uma enchente pode ou não causar inundações; no entanto, observa-se comumente que esses termos são usados como sinônimos. O alagamento é o acúmulo de água nas ruas e nos perímetros urbanos por problema de drenagem (Figura 1).

A inundação é estabelecida pelo desequilíbrio no balanço hídrico, que é a diferença verificada em determinado tempo, entre o volume das precipitações e a quantidade de água que se infiltra no solo, evapotranspira e escoa superficialmente. A inundação ocorre pelo aumento do índice pluviométrico e também pela configuração do relevo, pela taxa de permeabilidade do solo, pela cobertura vegetal e por outros fatores.

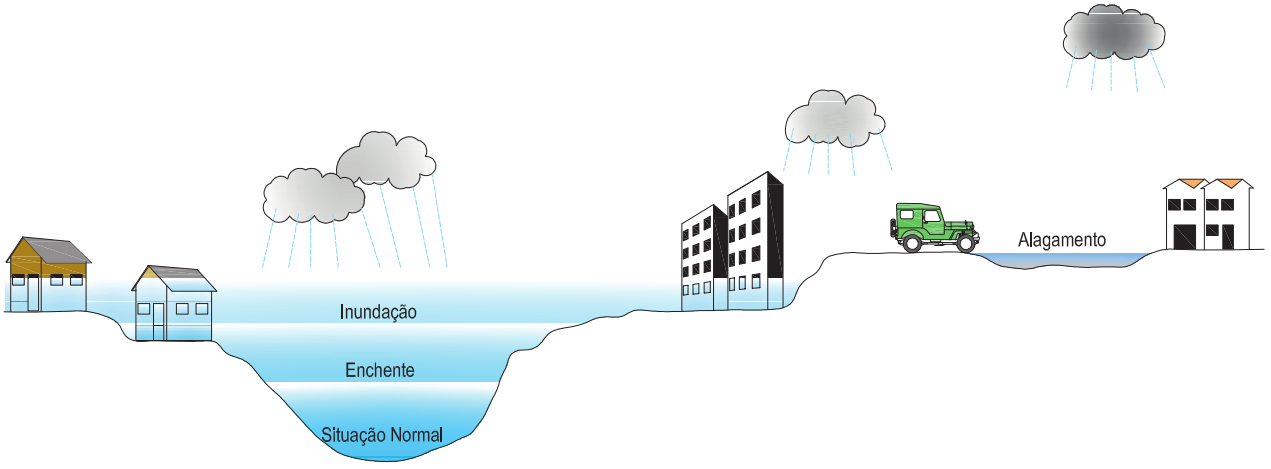


Figura 1 – Representação esquemática dos fenômenos de alagamento, enchentes e inundação.

Fonte: Adaptado de Massa, 2011.

Existem dois tipos de fenômenos hidrometeorológicos:

a) **Inundações fluviais.**

Ocorrem quando o volume de água das chuvas excede a capacidade de condução do leito normal de um rio. Os danos cada vez mais numerosos não se devem necessariamente a inundações maiores, mas ao incremento dos assentamentos humanos nas áreas de inundações.

b) **Inundações costeiras.**

Essas inundações devem-se a ondas ocasionadas por ciclones, furacões e outras tormentas marítimas que provocam um movimento anormal do mar.

Em ambos os casos, a influência da geologia e da topografia do terreno é um fator importante.

As enchentes podem ser classificadas em:

a) **Enchentes súbitas.**

São aquelas que se caracterizam por curto espaço de tempo entre o começo da enchente e a descarga de pico. Podem ser o resultado de chuvas torrenciais, ciclones, transbordamento ou rompimento de diques. Enchentes desta natureza são especialmente perigosas devido à rapidez com que ocorrem.

b) **Enchentes lentas.**

São aquelas que se manifestam de forma lenta, causadas pelo aumento do volume de água produzida pela chuva nos rios e lagos por longo período (dias ou semanas). Afetam principalmente casas, bens móveis e desalojam os habitantes.

O problema das inundações compreende:

- Meios naturais de detecção das enchentes, que devem ser mantidos ou aproveitados para maior eficiência:
  - Os terrenos permeáveis granulosos e gretados; florestas e culturas.
  - Os reservatórios naturais: lagos, pântanos, depressões, várzeas inundáveis.
- Meios artificiais de regularização de regime e de defesa:
  - Os represamentos por meio de pequenas barragens em degraus, das grandes barragens ou lagos artificiais e barragens abertas.
  - As retificações dos cursos e as derivações.
  - Os diques de defesa.
  - Os aterros.
- Adoção de medidas de emergência pelos organismos de Defesa Civil, como o sistema de alarme, o plano de evacuação, entre outros.
- Regulamentação do uso do solo.

10.2.8 Saneamento em situações de emergência

O saneamento abrange o conjunto de ações e relações que o homem estabelece para manter ou alterar o ambiente, no sentido de evitar ou controlar doenças, promovendo o conforto e o bem-estar.

O saneamento influi em vários setores, e, no seu objetivo inicial, está relacionado à saúde. Neste relacionamento existem alguns princípios de importância na análise do sistema de saneamento, que são:

a) **Da importância da concentração humana.**

As medidas de saneamento tornam-se tanto mais importantes quanto maior a densidade humana ou de suas atividades por unidade de área.

b) **A importância de detalhe.**

A obtenção de resultados em saneamento depende da observância de todos os detalhes de projeto e da construção.

c) **Do alcance e controle.**

As medidas de saneamento, para serem realmente efetivas dentro de uma determinada área, têm que ser abrangentes. Proteger, por medidas de saneamento, pequena área dentro de um contexto maior, significa colocar em risco de saúde não somente a área como um todo, mas principalmente a área supostamente protegida.

d) **Do período de carência.**

O período entre a implantação de medidas de saneamento e os resultados sanitários é variável, dependendo das doenças a serem controladas e das medidas aplicadas.

Alguns princípios gerais são igualmente importantes, a saber:

- Reconhecer o saneamento como a primeira barreira às doenças de veiculação hídrica.
- Promoção de comportamentos e facilidades que devem ser desenvolvidos na população.

- Participação da comunidade envolvida nos programas de saneamento desde o início do evento.

10.2.8.1 Medidas sanitárias requeridas em situação de emergência motivadas pelas enchentes

A adoção de medidas apropriadas de adequação das condições do meio permite reduzir ou eliminar o risco de enfermidades previsíveis e óbitos.

O período que vai do fim do evento de desastre ao final do trabalho de socorro deve ser seguido imediatamente pelo período de reabilitação, e deverão ser tomadas as ações de busca, resgate, evacuação e tratamento das pessoas afetadas; restaurações das comunicações e estudo, informe e avaliação dos danos.

As medidas sanitárias a serem adotadas são:

a) **Provisão de abrigos**

Após uma enchente, o número de pessoas que reconstroem ou reparam suas casas por própria decisão é considerável, embora outras podem necessitar de um lugar para se abrigar. Assim, no início de uma situação de emergência, deve-se buscar um lugar apropriado e bem planificado para alojar os desabrigados.

O melhor e mais prático sistema de abrigos provisórios para as pessoas afetadas é o alojamento em domicílio de parentes, amigos ou pessoas solidárias. O alojamento coletivo gera problemas e deve ser utilizado em casos de extrema necessidade. Nestes casos adotam-se disposições para juntar os grupos da mesma família, na medida do possível, pois isto elevará a moral das pessoas afetadas e permitirá suportar melhor a situação.

A seleção do lugar, a planificação e a provisão de alojamento têm uma influência sobre a prestação de assistência e podem afetar profundamente a saúde e o bem-estar da comunidade.

Tanto a eleição do lugar quanto o traçado do acampamento são fatores importantes, pois, uma vez instaladas as pessoas em determinado lugar, é difícil transferi-las.

Entre os possíveis tipos de abrigos provisórios que podem ser utilizados, tem-se:

- **Autoalbergues**: residência de famílias ou amigos em áreas fora de risco.
- **Substitutos**: transferência para outra moradia em arrendamento.
- **Comunitários**: alojamentos transitórios em clubes, colégios, igrejas, acampamentos.

A utilização de clubes, escolas e igrejas como abrigos é uma solução provisória, pois esses lugares não podem alojar os desabrigados por períodos prolongados, tendo que voltar o mais breve possível às suas funções originais.

Quanto aos acampamentos, devem ser considerados como último recurso. São difíceis de administrar, caros e, quando improvisados e mal organizados, representam riscos especiais para a saúde.

b) **Atividades a serem desenvolvidas nos abrigos provisórios**

Em geral, as atividades de ajuda com a população afetada pelas enchentes incluem atividades administrativas, de saúde, de nutrição e de segurança.

As atividades de saúde, em geral, compreendem planejar, coordenar e executar ações de saúde, com a finalidade de controlar a morbimortalidade da população abrigada nos alojamentos, desenvolvendo programas de:

- Assistência.
- Prevenção de enfermidades.
- Promoção e educação em saúde.

- Vigilância em saúde pública.
- Saneamento ambiental.

Estas atividades podem ser desenvolvidas diretamente por pessoal profissional ou pela comunidade com assessoria técnica de profissionais.

c) **Provisão de água**

Entre os problemas que surgem em situações de emergência motivadas pelas enchentes, o abastecimento de água é de vital importância, exigindo desde o princípio uma atenção imediata.

Com a calamidade, a possibilidade de ter havido colapso no sistema de abastecimento de água é grande. Assim sendo, devem ser tomadas providências no sentido de se levantar a situação e promover o restabelecimento do sistema, procurando, concomitantemente, outros possíveis mananciais, tomando também medidas especiais para o caso de eventual impossibilidade de recuperação, em curto prazo, do fornecimento de água. É necessário obter uma disponibilidade de água suficiente, ou no caso em que haja limitações e dificuldades para obtenção de água, deverão ser adotados racionamento e outras medidas de controle. Medidas também deverão ser adotadas para garantir a potabilidade da água.

10.2.9 Planos de contingência e emergência

As ações de contingências e emergência possuem finalidade preventiva e corretiva, tendo o objetivo de evitar possíveis acidentes, utilizando métodos de segurança a fim de impedir o comprometimento ou a paralisação do sistema de saneamento, aumentando o nível de segurança quanto ao atendimento da população.

Nas obras de saneamento básico e de engenharia civil em geral são respeitados determinados níveis de segurança, resultantes de experiências anteriores, além de seguirem rigorosamente as normas técnicas reconhecidas para o planejamento, o projeto e a construção.

Na operação e na manutenção dos serviços de saneamento básico são utilizadas formas locais e corporativas, que dependem da operadora do sistema. No sentido de prevenir ocorrências indesejáveis, o controle e o monitoramento das condições físicas das instalações e dos equipamentos visam minimizar ocorrências de sinistros e interrupções na prestação contínua dos serviços de saneamento.

As ações de caráter preventivo, ligadas à contingência, possuem a finalidade de evitar acidentes que possam comprometer a qualidade dos serviços prestados e a segurança do ambiente de trabalho e dos trabalhadores. Essas ações dependem de manutenção estratégica, prevista por meio de planejamento, ação das áreas de gestão operacional, controle de qualidade, suporte de comunicação, suprimentos e tecnologia de informação.

Em casos de ocorrências atípicas que possam vir a interromper os serviços de saneamento básico, em situações de emergências, os responsáveis pela operação devem dispor de todas as estruturas de apoio, como mão de obra especializada, material e equipamento para a recuperação dos serviços no menor prazo possível. Portanto, enquanto o plano de contingência aborda ações programadas de interrupção dos serviços, o de emergência lida com situações de parada não programada.

De uma maneira geral, o plano de emergência e contingência possui ações e alternativas integradas, no qual o executor leva em conta o momento de decisão em virtude de eventuais ocorrências atípicas. Considera, ainda, os demais planos setoriais existentes ou em implantação que deverão estar em consonância com o plano municipal de saneamento básico.

As ações preventivas servem para minimizar os riscos de acidentes, além de orientar os setores responsáveis a controlar e solucionar os impactos causados por alguma situação crítica não esperada.

10.2.9.1 Abastecimento de água

A demanda diária mínima de água que deve ser fornecida em caso de emergência é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Demanda diária mínima de água durante a evacuação em função do tipo de emergência.

Tipo de emergência	Quantidade de água (litros/dia)
Em climas frios e temperados	3
Em climas quentes	7
Hospitais de campanha e postos de primeiros socorros	40-60
Centros de alimentação para população	20-30
Albergues temporários e acampamentos	15-20
Instalações de lavagem	35
Gado	30
Caprinos e animais de pequeno porte	15

Fonte: OPS/OMS, 1999.

Recomendam-se os seguintes requerimentos básicos mínimos de água.

a) **Edifícios** que são utilizados para alojamentos de emergência, devem ter:

- Um lavabo para cada dez pessoas, ou lavabos coletivos de 4 a 5 metros por cada 100 pessoas. Esses lavabos coletivos devem ser separados para mulheres e homens.
- Um chuveiro para cada 30 (locais de clima quente) e 50 pessoas (climas temperados).
- O volume total requerido é estimado considerando uma dotação de 40 litros/pessoa.dia.

b) **Acampamentos de tendas.**

Estima-se o consumo mínimo de 40 litros/pessoa.dia, com uso controlado.

Muitas vezes faz-se necessária a instalação de reservatórios, com capacidade de 200 litros ou mais, segundo a frequência de reabastecimento. Estes reservatórios devem ser espaçados de tal maneira que os habitantes do acampamento não necessitem caminhar mais de 100 metros para obter água. A distribuição é facilitada se cada reservatório contar com várias torneiras. É conveniente instalar os reservatórios de água sobre suportes de madeira de altura adequada.

Com a dotação mínima recomendada, pode-se calcular o volume total diário requerido e o número de reservatórios.

- Hospitais e postos de primeiros socorros: 40 a 60 litros/pessoa.dia.
- Abrigos provisórios: 15 a 20 litros/pessoa.dia.
- Centros de alimentação coletiva: 20 a 30 litros/pessoa.dia.

c) **Reparações de emergência.**

Quando o abastecimento público for danificado pela enchente, a primeira prioridade sanitária é colocá-lo, novamente, em condições de uso. As reparações e as obras de emergências devem ser executadas de acordo com a avaliação dos danos que impedem o abastecimento. Isto não significa necessariamente que devem ser reparados de imediato os danos que impedem o abastecimento normal, o que pode demandar muito tempo, e sim que se deve priorizar reparações menores para suprir o requerimento mínimo de água.

Após uma enchente, a pressão da tubulação de água e a concentração de cloro nesta devem ser aumentadas a fim de proteger a água de contaminação por esgotos ou água de enchente. Em seguida aos reparos, as partes envolvidas devem ser desinfetadas com uma solução de 50 ppm de cloro por um período de contato de 24 horas. Se a demanda é urgente ou a tubulação não pode ser isolada, a concentração de cloro deve ser aumentada a 100 ppm e o tempo de contato reduzido a 1 hora.

Devem ser tomadas e examinadas amostras de água para verificar sua potabilidade e dosar o teor de cloro residual existente.

d) **Outros meios de suprir as necessidades.**

O serviço de água deve previamente planificar e estabelecer procedimentos e fontes alternativas de água para suprir as necessidades mínimas de água da população em situação de emergência. Para isso, devem ser consideradas as prioridades da comunidade afetada, durante o período em que o sistema não seja capaz de cobrir por si mesmo essas necessidades.

10.2.9.2 Água para o uso doméstico

a) **Fontes alternativas.**

A água produzida ou armazenada em sistemas privados, indústrias, hotéis e clubes pode ser utilizada em emergências como água potável, agregando uma quantidade de cloro que garanta a potabilidade. Deve-se estabelecer, para isto, convênios de cooperação com os proprietários.

Os sistemas que produzem água, poços, captações de água superficiais com tratamento podem ser interconectados a redes em uma eventualidade, ou serem utilizados para carregar caminhões-pipa para distribuir a água.

b) **Novas fontes.**

As novas fontes de abastecimentos referem-se àquelas que tradicionalmente não são utilizadas:

- **Águas subterrâneas.**

Em situações de emergência, pode-se obter água em lugares de nível freático alto, mediante poços escavados, nos quais é possível instalar bombas manuais a ponteiras. Estas águas, quando de boa qualidade, deverá sofrer um processo de desinfecção para o consumo humano. Neste tipo de exploração é importante destacar a necessidade de manter devidamente saneados os arredores dos poços, evitando possíveis contaminações com águas superficiais de dejetos, latrinas, tanques sépticos e drenagem.

- **Águas superficiais.**

Em geral, as águas superficiais requerem algum tipo de tratamento, desde a simples desinfecção até tratamento completo, que inclui os processos de floculação, filtração e desinfecção.

c) **Unidades de tratamento portáteis.**

Estes equipamentos são valiosos em casos de emergência, a fim de abastecer as populações com água de boa qualidade até que sejam restabelecidas as condições de abastecimento de água.

d) **Armazenamento de água.**

Podem ser improvisados depósitos para armazenar água em situações de emergência em recipientes de lona, *nylon* e plástico revestido de polietileno (Figura 2), com capacidades de até 10 m^3.



Figura 2 – Recipientes em polietileno para armazenamento de água.

A capacidade total de armazenamento para a distribuição de água deve ser igual à quantidade requerida para um dia, mas se a finalidade do armazenamento é de proporcionar um tempo de contato depois da cloração, a capacidade mínima deve ser suficiente para assegurar um contato por pelo menos 30 minutos.

e) **Distribuição de água.**

Os métodos não convencionais usuais para distribuição de água são:

- **Distribuição de água em caminhões.**

Na maior parte das situações de emergência, a água é distribuída mediante caminhões-tanque (Figura 3). Devem ser observadas as normas de potabilidade de água transportada por caminhões tipo tanque.



Figura 3 – Carro-pipa cidade de Esperança-PB, 2013.

- **Tubulações provisórias e fontes públicas.**

Este método pode ser usado em várias situações, como extensões muito danificadas e derivações de tanques provisórios. Como tubulações provisórias podem ser usados vários materiais: ferro galvanizado e PVC.

As derivações para fontes públicas podem ser feitas com braçadeiras, ou diretamente, com niples roscados ou adaptadores de PVC.

f) **Utilização direta de águas superficiais.**

Caso não seja possível suprir o requerimento mínimo de água potável nem improvisar o abastecimento por outros meios, deve-se dar instruções à população sobre como utilizar a água superficial.

g) **Controle da qualidade.**

A água a ser distribuída deve ser pelo menos sanitariamente "segura", ou seja, que não afete a saúde da população.

Em situações de emergência, os ensaios de rotina que devem ser realizados são:

- Turbidez.
- Determinação do cloro residual.
- Determinação do pH.
- Exame bacteriológico para investigar bactérias termotolerantes.

h) **Proteção dos sistemas.**

As construções para extrair água, os poços e os mananciais devem ser protegidos contra o uso indevido. O caráter e a amplitude dessa proteção dependerão das condições locais.

Para os poços rasos, por exemplo, evitar a infiltração de águas da superfície, que, por meio do terreno, atinge a parede e o interior do poço, deve-se impermeabilizar a parede até a altura mínima de 3 metros e construir plataforma (calçada) de concreto com 1 metro de largura, em volta da boca do poço.

10.2.9.3 Desinfecção da água e das estruturas

A desinfecção da água é uma intervenção fundamental da saúde pública que, se aplicada devidamente, reduz a incidência da maior parte das enfermidades transmitidas pela água, uma vez que elimina os micro-organismos potencialmente nocivos.

A desinfecção consiste no emprego de substâncias químicas, tais como: o permanganato de potássio, o iodo, o cloro e o ozônio.

Devemos proceder à desinfecção da água porque nenhum processo simples de depuração, ou combinação de processos, garante a eliminação dos micro-organismos a nível satisfatório e seguro.

O processo de desinfecção da água pela ação do cloro é chamado de cloração. E as formas de cloro existentes no mercado são:

a) **Cloro gasoso-líquido**: conserva-se nesta forma sob pressão em garrafas ou cilindros de aço de 50, 100 e 1.000 quilos. Quando a pressão diminui dentro do cilindro, ele passa do estado líquido ao gasoso e é adicionado à água por um aparelho chamado clorador.

b) **Compostos de cloro**: os compostos mais usados são:

- **Hipoclorito de sódio**: nele, a quantidade de cloro disponível varia em torno de 10%. É vendido em garrafões ou bombonas de plásticos de 40 ou 50 quilos. Não causa turvação à água quando adicionado.
- **Hipoclorito de cálcio**: existem várias marcas de hipoclorito de cálcio. É vendido com 65 a 70% de cloro disponível. Encontrado em pó (branco), podendo causar a turvação da água.
- **Cloreto de cal ou cal clorada**: pó branco com mais ou menos 30% de cloro disponível, deve ser misturado com água antes de ser aplicado. Tem como inconveniente a turvação transmitida à água, quando não previamente decantado.
- **Compostos diversos**: vários compostos de cloro são encontrados além dos citados, tais como: HTH (*high-test hypochlorite*), Clor-in.

10.2.9.4 Desinfecção de sistemas de abastecimento público

A desinfecção deverá ser intensificada em situações de calamidade, principalmente nas quais o sistema de abastecimento de água sofreu avarias, colocando em risco a qualidade da água distribuída. Deve-se inspecionar todas as unidades de tratamento.

Pode ser necessária uma cloração junto à tomada de água bruta, bem como ao longo de linhas de adutoras, em reservatórios de distribuição e outros pontos do sistema de distribuição.

É conveniente garantir na água um teor de cloro residual livre de 0,5 a 1,0 mg/L no ponto mais afastado do sistema de distribuição, ou o cheiro característico de cloro, que são os sinais mais importantes para o fornecimento de água potável segura. Em situação de emergência é necessário que o nível de cloro residual livre seja superior ao nível normal, porque existe uma grande probabilidade de que a água fornecida seja poluída novamente antes do seu consumo, tendo em vista que a água das enchentes e dos esgotos podem entrar no sistema de distribuição, por meio dos vazamentos. Além disso, a população armazena água em recipientes abertos. A presença do cloro residual protege as tubulações e estruturas contra o desenvolvimento de micro-organismos patogênicos. Esta "cloração de segurança" só deve ser utilizada imediatamente após a emergência considerando que, para algumas pessoas, o cheiro e o gosto de cloro são uma prova de qualidade, e, para outras, pode ser desagradável e é provável que recorram a fontes inseguras e sem desinfecção.

a) Teste de cloro residual

A determinação de cloro residual, para verificar se, após um período de tempo suficiente, existe ou não um residual mínimo de cloro na água, suficiente para esterilizá-la convenientemente. O teste é feito com aparelhos chamados comparadores de cores ou colorímetro.

Existem no mercado vários tipos de aparelhos para se determinar o cloro residual. Os tipos Hellige e Wallace & Tiernan são os mais completos e funcionam com discos que giram, contendo várias cores-padrão, correspondentes a vários valores de cloro residual.

b) Teste caseiro do amido-iodo

O método simplificado é baseado na utilização de materiais de fácil disponibilidade (copos, envolvendo a utilização de iodeto de potássio dosado em "cristais"). Este método permite avaliar se o teor de cloro na água é insuficiente, adequado ou excessivo, pelo escurecimento de cor azul formada durante a reação do iodo liberado pelo iodeto de potássio com o amido (da farinha) em meio ácido (vinagre), que é proporcional à quantidade de cloro na água.

Estudos indicaram que a farinha de mandioca crua é a melhor opção de fonte de amido para a realização da determinação de cloro pelo método caseiro. Na falta desta, pode ser utilizada farinha de mandioca torrada, com resultados menos sensíveis.

Procedimento:

- Colocar a água a ser dosada em um copo tipo americano, até a marca.
- Adicionar entre cinco e dez gotas de vinagre de vinho branco.
- Adicionar uma “pitada” de iodeto de potássio (cerca de cinco a dez cristais). Misturar.
- Colocar uma colher rasa de café de farinha de mandioca. Misturar bem.
- Aguardar 1 minuto e misturar novamente.
- Verificar a cor desenvolvida após 5 a 15 minutos da primeira mistura. Se for incolor, a indicação é de quantidade de cloro insuficiente; se a coloração for azul intenso, tonalidade um pouco mais clara que azul-marinho, há excesso de cloro. Tonalidade azul claro (próxima da cor do céu) indica concentração adequada de cloro na água.

10.2.9.5 Aparelhos usados na cloração da água

Os cloradores têm por objetivo equipar as estações de tratamento para a realização da operação de desinfecção. São, portanto, peças de equipamento fixo e permanente.

Em certos casos há que recorrer a cloradores improvisados destinados a funcionamento temporário, enquanto a situação de emergência não se normaliza. Estes cloradores destinam-se à utilização de cal clorada e de hipocloritos de sódio e de cálcio. São hipocloradores de gravidade, cujas partes constituídas são construídas ou improvisadas com materiais locais.

Uma possível solução é o conhecido clorador "pinga-pinga" (Figura 4). Este clorador, quando bem operado, tem comprovado sua eficiência. Sua instalação é rápida, econômica e de fácil operação. No entanto, apresenta a desvantagem de necessitar de constante controle devido às variações de dosagens.

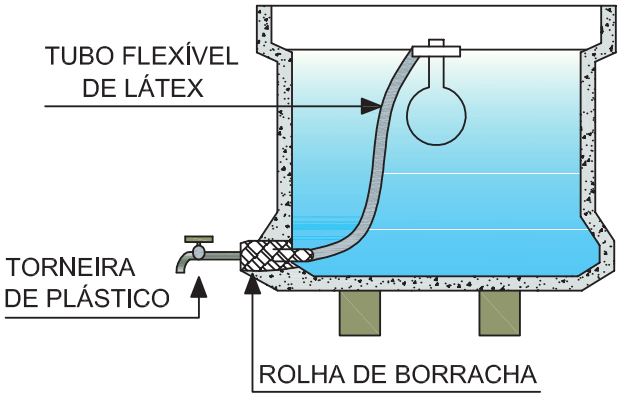


Figura 4 – Clorador tipo "pinga-pinga" para situações de emergência.

Fonte: Adaptado de FSESP (BRASIL, 1981).

Este clorador consiste no emprego de uma caixa de polietileno, com volume de 150 a 250 litros e tampa do mesmo material. Na base da caixa faz-se um orifício por meio do qual se introduz uma rolha e um tubo de vidro de aproximadamente 3 mm de diâmetro (ou uma torneira resistente à corrosão). O tubo de vidro é ligado por meio de uma mangueira de látex a um flutuador, que poderá ser um balão de vidro com lastro de pedregulho de areia, e a boca tampada com rolha de borracha, que também deverá possuir um orifício, o qual receberá um tubo de vidro (± 3 mm de diâmetro). Uma das extremidades do tubo de vidro do flutuador é ligada por meio de látex a outro de vidro, localizado na base da caixa de polietileno, servindo a outra extremidade para a entrada da solução de hipoclorito. O ponto de aplicação pode ser em adutoras por gravidade, reservatórios, instalações de recalque e em estações de tratamento.

Outro aparelho é o clorador de pastilha (Figura 5). A vantagem dessa solução consiste na dispensa do aparelho para dosagem do cloro, uma vez que, nesse caso, a cloração é realizada em linha.

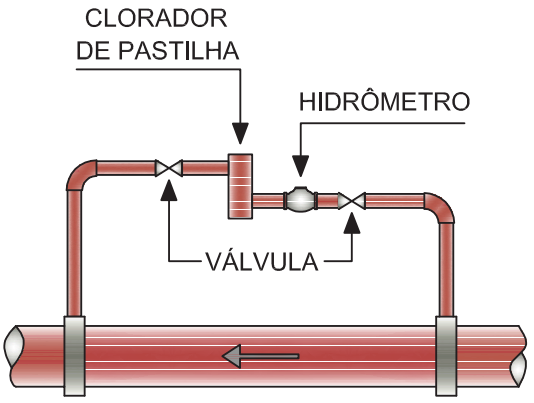


Figura 5 – Clorador de pastilha para situações de emergência.

Fonte: Adaptado de FSESP (Brasil, 1981).

As pastilhas usadas em piscinas não devem ser utilizadas, pelo seu possível efeito nocivo sobre a saúde. Uma alternativa recomendável é o uso de pastilhas de hipoclorito de cálcio, disponível no mercado, embora tenha custo superior ao das pastilhas para piscinas. Como a solução tem uma aplicação potencial em pequenas instalações, o acréscimo do custo operacional não chega a inviabilizar o uso das pastilhas de hipoclorito.

10.2.9.6 Desinfecção dos reservatórios domiciliares

As enchentes podem atingir reservatórios enterrados. Nesses casos, é necessária a limpeza e a desinfecção destes reservatórios.

a) Caixa d´água

Para os procedimentos de limpeza e desinfecção de caixa d'água, deve-se consultar o capítulo 3.

b) Poços

Quando ocorre uma enchente, os poços atingidos devem ser limpos e desinfetados.

O cloro é o agente mais simples e eficaz para a desinfecção. Prepara-se, para isso, uma solução de cloro de 50 a 100 mg/litro, que deve ficar no poço algumas horas antes de ser bombeada.

A limpeza de poços é a mesma indicada para os reservatórios, e as mesmas quantidades de agente desinfetante recomendadas deverão ser utilizadas.

Existem sistemas práticos e rudimentares para cloração de poços, que atendem aos requisitos de eficiência, baixo custo, facilidade de aplicação e aceitação social. Entre eles, um método com bons resultados é o clorador de jarro duplo (Figura 6).

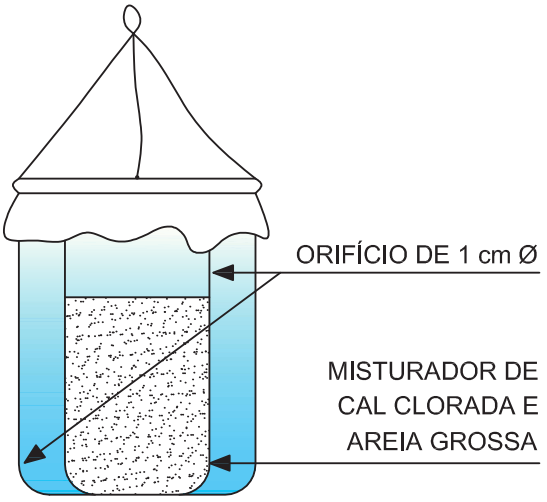


Figura 6 – Clorador de jarro duplo.

Fonte: Adaptado de FSESP (Brasil, 1981).

Consiste de dois vidros cilíndricos, um colocado dentro do outro. O vidro interno tem, aproximadamente, 16 cm de diâmetro e 28 cm de altura; contém uma mistura úmida de 1 kg de cal clorada e 2 kg de areia grossa (partículas de aproximadamente 2 mm de diâmetro), até aproximadamente 3 cm abaixo de um buraco (1 cm de diâmetro), situado na parte superior do vidro. Este vidro é colocado dentro do outro vidro (com 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura).

O vidro externo precisa ter um buraco (1 cm de diâmetro, aproximadamente 4 cm acima do fundo). A boca do vidro externo é coberta com um pedaço de polietileno e este conjunto todo é baixado dentro do poço por uma corda, até mais ou menos 1 metro abaixo do nível da água. Pode-se clorar, assim, poços com capacidade de aproximadamente 4.500 litros de água e retirada média diária de 350 a 450 litros, por duas a três semanas.

Outro exemplo de tecnologia de baixo custo é o modelo de clorador simplificado por difusão (Figura 7).

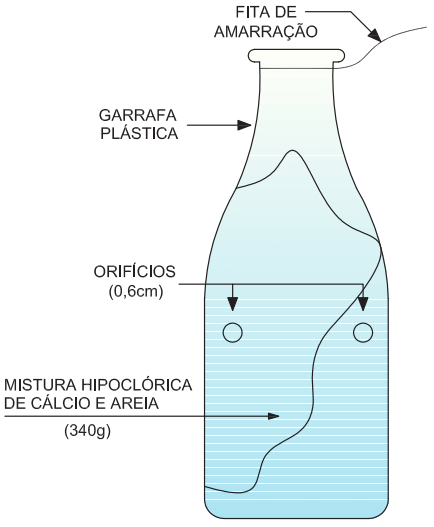


Figura 7 – Clorador simplificado por difusão.

Fonte: Adaptado de FSESP (Brasil, 1981).

O clorador consiste em garrafa plástica com dois orifícios opostos de 0,6 cm de diâmetro, contendo uma mistura de 340 gramas de hipoclorito de cálcio a 10% e 850 gramas de areia lavada. Os orifícios deverão ser mantidos no mesmo nível, sendo utilizado, para sua fixação, um fio de *nylon*.

Esse clorador foi dimensionado para clorar um volume aproximado de 2.000 litros de água, devendo permanecer no interior do lençol freático por 30 dias.

A eficiência dos cloradores por difusão, em termos de qualidade bacteriológica, pode alcançar 82,7% após 30 dias, e, também, com a adoção de algumas medidas complementares, tais como colocação de tampa bem ajustada à abertura da cisterna, reparos de trincas e aplicação de uma cinta de concreto de 1 metro contornando a entrada do poço, pode-se atingir um nível de eficiência ainda maior que o verificado. A técnica mostrou-se ser bastante simples, permitindo, portanto, fácil manejo em relação à instalação e à manutenção.

c) Domicílio

Muitas vezes existe a necessidade de desinfetar a água em domicílios e armazená-la em certos tipos de recipientes para atender às necessidades básicas.

Os recipientes geralmente são selecionados mais por sua disponibilidade do que para proteger o conteúdo contra a contaminação. A água em recipientes domésticos frequentemente se encontra contaminada, seja porque chegou contaminada, seja porque se contaminou depois de colocá-la neles. Essa contaminação tem sido identificada como uma causa comum da propagação de enfermidades transmitidas pela água.

A desinfecção da água nos recipientes domiciliares, como barreira contra a propagação de enfermidades, constitui uma das intervenções mais importantes para controlar a incidência de doenças de veiculação hídrica.

As alternativas para a desinfecção doméstica são:

- **Fervura.**

Ferver a água é o método mais utilizado e melhor compreendido para que ela seja segura. Para fazer com que a água seja segura para beber, assim como para outros usos, deve ser fervida vigorosamente durante 1 minuto, quando a localidade estiver localizada ao nível do mar. Deve-se deixar ferver 1 minuto a mais por cada 1.000 metros de altitude.

A água, durante a ebulição, perde os gases dissolvidos; depois de fervida, torna-se pouco agradável ao paladar. Por meio de aeração, pode-se remover este inconveniente.

O método de fervura tem algumas desvantagens, a saber:

- Não proporciona proteção contra a recontaminação.
- É um dos métodos mais caros de desinfecção.
- Na maioria dos casos não é ecologicamente sensato. Estima-se que requer aproximadamente 1 quilograma de lenha para ferver 1 litro de água.

- **Cloro.**

Estes desinfetantes são eficazes contra a maioria dos organismos patogênicos, mas, para isto, é importante serem usados na dosagem e no tempo de contato recomendados pelos fabricantes.

Alguns desinfetantes encontram-se no mercado sob a forma de comprimidos (efervescentes), que, em geral, são fáceis de administrar, podem conservar-se durante muito tempo e proporcionam uma dose precisa de cloro.

Os comprimidos de Clor-in da Acuapura e Aquatabs, da Bayer, são os desinfetantes comerciais aprovados e utilizados pelo Ministério da Saúde, pelas Forças Armadas e pela Cruz Vermelha.

São apresentados em diversas dosagens e utilizados nas talhas, nas garrafas, nos tanques, na caixa d'água e nas cisternas. Nas embalagens constam instruções para o uso, que deverão ser seguidas rigorosamente. Por exemplo, colocar um comprimido em 100 litros de água (1 ppm de cloro) por um período de 30 minutos.

Outro composto de cloro utilizado é a água sanitária, também chamada de água de lavadeira, que é a solução de hipoclorito de sódio com 2,5% de cloro ativo e encontrada em litros no comércio. Recomenda que, após a fervura da água, deve-se colocar uma colher de chá de água sanitária para cada 20 litros de água e esperar o período de 30 minutos para consumir a água.

- **Filtração domiciliar.**

Em geral, a filtração por si só é inadequada, e a possível recontaminação é um problema. Além disso, os determinantes do sucesso desses dispositivos são: o custo, o tipo de filtro, a forma como é efetuada a operação de limpeza e a qualidade da água bruta.

O uso inadequado de filtros ou a utilização de filtros de baixa qualidade podem conduzir a uma falsa sensação de segurança. Em termos gerais, destinar exclusivamente ao filtro domiciliar a função de condicionar a água é incorreto. A combinação filtro-desinfecção domiciliar pode resultar em uma água com razoáveis condições para o consumo.

Os filtros domiciliares tradicionais são os de vela de porcelana. Atualmente, o mercado oferece uma grande variedade de aparelhos domiciliares: ozonizadores e filtros de carvão ativado, mas estes não são acessíveis às pessoas de baixo poder aquisitivo.

10.2.9.7 Ações de contingência a adotar para os serviços de abastecimento de água

De acordo com o diagnóstico realizado em campo, são propostas ações e programas para operação e manutenção do sistema. Inicia-se ao elencar riscos potenciais para o sistema de abastecimento de água potável, prevendo seus respectivos planos de contingência e emergência (Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 4– Riscos potenciais quanto à falta generalizada.

Falta de água generalizada	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Inundação de captações de água com danificação de equipamentos eletromecânicos e estruturas.	Comunicar à população, às instituições, às autoridades e à Defesa Civil; reparos aos equipamentos.
Deslizamentos de encostas, movimentação do solo, solapamento de apoios de estruturas com arrebentamento da adução de água bruta.	Comunicar às autoridades e à Defesa Civil. Evacuar o local e isolar área como meio de evitar acidentes. Reparar instalações danificadas e identificar novas fontes.
Interrupção prolongada no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água.	Comunicar à operadora em exercício de energia elétrica. Acionar gerador alternativo de energia.
Ações de vandalismo.	Comunicar à Polícia Militar e a prestadora de serviço. Reparo de instalações danificadas.
Situação de seca, vazões críticas de mananciais.	Controlar a água disponível nos reservatórios. Deslocar a frota de caminhões-tanque. Promover gestão de recursos hídricos para controle da demanda.
Qualidade inadequada da água dos mananciais, contaminação por acidente, como derramamento de substâncias tóxicas na bacia de captação.	Verificar periodicamente o plano de ação de interrupção às características da ocorrência. Implementar o rodízio de abastecimento.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 5 – Riscos potenciais quanto à falta localizada.

Falta de água localizada	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Deficiência de água nos mananciais em período de estiagem.	Comunicar à população, às instituições, às autoridades, à Defesa Civil. Deslocar frota de caminhões-tanque.
Interrupção temporária no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água.	Comunicar à operadora em exercício de energia elétrica. Acionar gerador alternativo de energia.
Interrupção no fornecimento de energia elétrica em setores de distribuição.	Comunicar à operadora em exercício de energia elétrica. Acionar gerador alternativo de energia.
Danificação de equipamentos de estações elevatórias de água tratada.	Reparar ou repor os equipamentos danificados.
Danificação de estruturas de reservatórios elevatórias e elevatórias de água tratada.	Transferir a água entre setores de abastecimento.
Rompimento de redes e linhas adutoras de água tratada.	Controlar a água disponível em reservatórios. Implantar rodízio. Reparar linhas danificadas.
Ações de vandalismo.	Comunicar à Polícia Militar e à responsável pela prestação de serviço. Reparar as instalações danificadas.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 6– Riscos potenciais quanto ao aumento da demanda temporária.

Aumento da demanda temporária	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Monitoramento da demanda.	Registro estatístico do afluxo da população flutuante. Registro dos consumos e da distribuição.
Plano de comunicação.	Alerta à população para controle do consumo de água.
Estratégia de operação.	Planos de manobras e atendimento às áreas de maior demanda. Disponibilizar frota de caminhões-tanque. Equipamento reserva e de contingências para falta de energia (uso de geradores).
Mecanismo tarifário para demanda temporária.	Sistematizar os custos e investimentos necessários para cobrir a demanda. Calcular a tarifa e qualificar as receitas e os subsídios necessários. Negociar com as partes interessadas para cobrança temporária dos serviços.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 7– Riscos potenciais quanto à paralisação da estação de tratamento de água.

Paralisação da estação de tratamento de água	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Vazamento de cloro nas instalações de tratamento de água.	Reparar as instalações. Acionar o pessoal treinado e capacitado para o uso de máscara e outros equipamentos necessários para corrigir a situação.
Ações de vandalismo.	Comunicar à Polícia Militar e à responsável. Acionar responsável pela prestação de serviços. Reparar as instalações danificadas.
Interrupção temporária no fornecimento de energia elétrica na ETA.	Comunicar à operadora em exercício de energia elétrica. Acionar gerador alternativo de energia. Comunicar à responsável pela prestação dos serviços.
Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas.	Comunicar à responsável pela prestação dos serviços. Instalar equipamento reserva.
Rompimento de adutoras de água bruta ou de água tratada.	Comunicar à responsável pela prestação dos serviços. Executar reparo da área danificada com urgência.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 8 – Ações de controle operacional e manutenção no abastecimento de água potável.

Programa	Ações
Controle dos mananciais.	Controlar as áreas de recarga de mananciais subterrâneos. Controlar os níveis de rebaixamento e tempo diário de funcionamento. Limitar o uso da água e do solo na bacia de captação superficial: registro de produtos químicos utilizados, controle de atividade humanas e das descargas do esgoto. Fiscalizar regularmente a bacia hidrográfica contra atividades poluidoras.
Controle das instalações.	Realizar medições na captação, entrada e saída da estação de tratamento de água. Monitorar o bombeamento da captação. Monitorar os principais pontos de controle da estação de tratamento de água e do bombeamento da elevatória de água tratada. Qualidade nos mananciais e controle sanitário da bacia a montante. Qualidade da água distribuída conforme legislação vigente.

Continua

Continuação

Controle dos equipamentos.	Horas trabalhadas e consumo de energia, corrente, tensão, vibração e temperatura. Controle de equipamentos de reserva.
Monitoramento do sistema distribuidor.	Vazões encaminhadas aos setores. Pressão e regularidade na rede. Programação de limpeza e desinfecção periódica dos reservatórios.
Gestão da manutenção.	Cadastro de equipamentos e instalações. Programa de: - Manutenção preventiva. - Manutenção prevenção preditiva em equipamentos críticos. - Limpeza periódica da captação. - Inspeção periódica em tubulações.
Prevenção de acidentes nos sistemas.	Plano de ação nos casos de incêndio. Plano de ação nos casos de vazamento de cloro. Plano de ação nos casos de outros produtos químicos. Gestão de riscos ambientais em conjunto com órgãos do meio ambiente.

Fonte: Ceivap, 2013.

10.2.9.8 Esgotamento sanitário

Quando da ocorrência de uma enchente, nas áreas urbanas, os sistemas de esgotos são afetados, tornando-se impossível impedir o ingresso da água pelas tampas dos poços de visita.

Se a inundação não afeta totalmente o sistema, pode produzir, em determinadas áreas, a estagnação de águas negras como consequência do represamento ou da carga excessiva produzida.

Os materiais sólidos e o lodo que as águas arrastam durante as inundações são depositados no sistema de esgotamento, podendo obstruí-lo totalmente.

As estações de tratamento podem sofrer perturbações nos períodos de chuva, as quais acarretam, além de problemas de natureza hidráulica, alterações nas características do esgoto afluente, produzindo transtornos na operação das estações. O impacto das chuvas, por exemplo, pode produzir aumentos de vazão de até 50% em relação à situação normal.

As estações elevatórias podem sofrer alagamentos, afetando seriamente os equipamentos e as instalações elétricas.

As medidas de emergência a serem adotadas nas cidades com sistema público de esgotos são a reparação rápida das tubulações, o desentupimento das galerias e a drenagem e a limpeza das estações de tratamento e elevatórias.

a) **Ações de contingência a adotar em sistema de esgotamento sanitário**

Considerando a busca constante pela melhoria da gestão dos serviços, assim como para o sistema de abastecimento de água potável, são propostos programas e ações para operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário (Tabelas 9, 10, 11, 12, 13 e 14).

Tabela 9 – Riscos potenciais por paralisação do funcionamento.

Extravasamento de esgoto em estação de tratamento de esgoto por paralisação do funcionamento desta unidade de tratamento	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações internas de bombeamento.	Acionar gerador alternativo de energia. Instalar tanque de acumulação e amortecimento do esgoto, extravasado com o objetivo de evitar poluição do solo e da água. Comunicar ao responsável pela operadora do serviço de esgotos. Comunicar à concessionária de energia a interrupção de fornecimento.
Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar aos órgãos de controle ambiental os problemas com os equipamentos e a possibilidade de ineficiência e paralisação das unidades de tratamento. Instalar equipamentos reserva.
Ações de vandalismo.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar o ato de vandalismo à polícia local. Executar reparo das instalações danificadas com urgência.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 10 – Riscos potenciais por extravasamento em estações elevatórias.

Extravasamento de esgoto em estações elevatórias	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações internas de bombeamento.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos e à vigilância sanitária municipal. Comunicar à concessionária de energia a interrupção de energia. Acionar gerador alternativo de energia para evitar esgoto extravasado com o objetivo de não ter contaminação do solo e da água.
Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar aos órgãos de controle ambiental os problemas com os equipamentos e a possibilidade de ineficiência e paralisação das unidades de tratamento. Instalar equipamentos reserva.
Ações de vandalismo.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar o ato de vandalismo à polícia local. Executar reparo das instalações danificadas com urgência.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 11– Riscos potenciais por rompimento.

Rompimento de coletores, interceptores e emissários	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Desmoronamento de taludes ou paredes de canais.	Comunicar ao responsável pela prestação do serviço de esgotos e à vigilância sanitária. Executar reparo da área danificada com urgência. Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes.
Erosões de fundo de vale.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos e à vigilância sanitária. Executar reparo da área danificada com urgência. Comunicar aos órgãos de controle ambiental sobre o rompimento em alguma parte do sistema de coleta de esgoto. Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes.
Rompimento de pontos para travessia de veículos.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar às autoridades de trânsito o rompimento de travessia Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes. Executar reparo da área danificada com urgência. Comunicar aos órgãos de controle ambiental sobre o rompimento em alguma parte do sistema de coleta de esgoto.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 12– Riscos potenciais por retorno de esgoto nos imóveis.

Ocorrência de retorno de esgotos nos imóveis	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Obstrução em coletores de esgoto.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Isolar o trecho danificado do restante da rede com o objetivo de manter o atendimento das áreas não afetadas pelo rompimento. Executar reparo da área danificada com urgência. Executar trabalho de limpeza e desobstrução.
Lançamento indevido de águas pluviais na rede de esgoto e vice-versa.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar à vigilância sanitária. Ampliar a fiscalização e o monitoramento das redes de esgoto e de captação de águas pluviais com o objetivo de identificar ligações clandestinas, regularizar a situação e implantar sistema de cobrança de multa e punição para reincidentes.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 13– Riscos potenciais por vazamento, rompimento e extravasamento de fossas.

Vazamentos, rompimento e contaminação de solo, cursos hídricos ou lençol freáticos por fossas	
Origem	**Plano de contingência/emergência**
Rompimento, extravasamento, vazamento ou infiltração de esgoto por ineficiência das fossas.	Comunicar à vigilância sanitária. Comunicar ao responsável pela prestação do serviço de esgotos. Promover o isolamento da área e contenção do resíduo com o objetivo de reduzir a contaminação. Conter vazamento e promover a limpeza da área com caminhão limpa fossa, encaminhando o resíduo para a estação de tratamento de esgoto. Executar reparo das instalações danificadas.
Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Comunicar à responsável pela prestação do serviço de esgotos. Comunicar à vigilância sanitária. Exigir a substituição das fossas negras por fossas sépticas e sumidouros ou ligação do esgoto residencial à rede pública nas áreas em que existe esse sistema. Implantar o programa de orientação quanto à necessidade de adoção de fossas sépticas em substituição às fossas negras e fiscalizar se a substituição está acontecendo nos prazos exigidos.
Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Comunicar à vigilância sanitária. Comunicar ao responsável pela prestação do serviço de esgotos. Ampliar o monitoramento e fiscalizar os equipamentos na área urbana e na zona rural, principalmente nas fossas localizadas próximas aos cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água para consumo humano.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 14 – Ações de controle operacional e manutenção de esgotamento sanitário.

Programa	Ações
Controle das condições do tratamento.	Realizar medição de vazões e carga orgânica na entrada da estação de tratamento de esgoto. Monitorar a vazão dos principais pontos de controle da estação de tratamento de esgoto e do bombeamento da Estação Elevatória (EE) final. Acompanhar a qualidade do afluente tratado conforme legislação vigente. Monitorar o destino dos resíduos de gradeamento e caixa de areia, bem como lodos primários e secundários, conforme o caso.

Continua

Continuação

Controle dos equipamentos.	Registro de horas trabalhadas e consumo de energia. Controle e correção de variações de tensão, vibração e temperatura. Controle de equipamentos de reserva.
Gestão da manutenção.	Cadastro de equipamentos e instalações. Programação de: - Manutenção preventiva. - Manutenção preditiva em equipamentos críticos. - Limpeza periódica em coletores e ramais críticos. - Limpeza periódica de elevatórias e da estação de tratamento de esgoto. - Registro permanente do histórico das manutenções.
Prevenção de acidentes nos sistemas.	Plano de ação no caso de incêndio. Gestão de riscos ambientais em conjunto com órgãos do meio ambiente.

Fonte: Ceivap, 2013.

10.2.9.9 Resíduos sólidos

A acumulação de resíduos sólidos é desagradável e insalubre.

As enfermidades transmitidas pelos roedores e artrópodes aumentam com o manejo inadequado do lixo. Por isso, quando ocorrem enchentes em áreas urbanas, deve-se acionar o órgão de limpeza urbana encarregado de executar serviços de coleta e eliminação dos resíduos sólidos.

Os serviços normais de limpeza pública podem vir a inexistir em algumas áreas durante um período e algo deve ser feito, por exemplo, pelo serviço individual, de modo a amenizar os problemas.

Os resíduos devem ser acondicionados, coletados, transportados e submetidos a um tratamento final de acordo com as normas ou a prática de engenharia sanitária.

a) **Acondicionamento.**

Deverão ser tomadas medidas adequadas para que os resíduos sejam acondicionados à medida que são produzidos.

A adoção de certos materiais para o acondicionamento do lixo depende de fatores educacionais, econômicos e outros. O importante é que sejam utilizados recipientes com capacidade suficiente para conter o lixo gerado durante o intervalo entre uma coleta e outra, e seja possível o manejo seguro pelo pessoal coletor.

Os recipientes devem, na medida do possível, por questões sanitárias, serem resistentes, herméticos, possuir alças e tampa.

Comumente se sugere o uso de latões de 200 litros, colocados em locais estratégicos e em número suficiente de pontos que possibilitem pequena distância a ser percorrida pelas pessoas.

No acondicionamento pode-se usar também sacos plásticos, que, naturalmente, deverão ser resistentes, e permitir perfeito fechamento e vedação. Para remoção dos recipientes, a população atingida deverá ser envolvida, por meio da formação de equipes de limpeza dentro dos abrigos.

b) **Coleta.**

A coleta implica retirar os resíduos sólidos do depósito de armazenamento e levá-los até a destinação final.

Para um sistema de coleta interna, pode-se utilizar equipamentos simples, como pás, vassouras, padiolas, carrinho de mão.

O sucesso deste tipo de solução depende da campanha educativa e da disponibilidade de serviço de limpeza em retirar regularmente o lixo coletado, que impeça um novo acúmulo.

É necessário que as pessoas disponham no lugar certo, na hora certa e de forma segura os resíduos sólidos, impedindo que fatores externos danifiquem os recipientes e seu conteúdo. Para isto, elas precisam ser informadas dos procedimentos a serem adotados na situação de emergência.

A colocação de caçambas em determinados pontos, ocorre para que seja possível o trânsito destes equipamentos coletores, e permita o acesso dos moradores à caçamba. A pequena capacidade ou a não retirada da caçamba pela companhia de limpeza na frequência necessária faz com que o lixo transborde, sujando a rua e atraindo animais para seu interior.

c) **Disposição final.**

A destinação final é a última etapa do manejo dos resíduos sólidos urbanos.

Pode encontrar dois tipos de situações, sobre as quais deverá tomar medidas:

- **Quando a população é assistida por serviços de coleta de lixo.**

Uma vez existindo os serviços normais de limpeza pública, regular e satisfatório, a etapa de disposição segue para a coleta e o transporte. Em alguns casos, antes de ser disposto, o lixo é processado, ou seja, sofre uma transformação, com vistas a melhores resultados econômicos, sanitários e ambientais.

- **Quando a população não é assistida por serviços de coleta.**

A educação sanitária ou ambiental deve ser promovida pelos órgãos responsáveis, para garantir o manejo adequado do lixo, evitando-se uma situação de insalubridade local e de contaminação do solo. A população deve ser alertada para o problema, participando na proposição, na execução de soluções alternativas, como a coleta seletiva.

Um método utilizado enquanto não houver o serviço regular de lixo é o lançamento em trincheiras para atender à demanda da população. Estes depósitos constam de vala em que o lixo coletado é lançado, e, em seguida, coberto com terra. Desta forma, a cada lançamento de lixo é dado um cobrimento de terra de no mínimo 20 centímetros de altura, e, ao final, o recobrimento deverá ser de no mínimo 50 centímetros e de forma abaulada, evitando a infiltração de água pluvial.

Alguns cuidados devem ser tomados quanto à localização desses depósitos de lixo. São eles:

- Distância mínima dos abrigos e habitação = 5 metros.
- Distância mínima horizontal de fontes de suprimento = 15 metros.
- Distância mínima vertical do nível freático = 1,5 metro.
- O lixo deve permanecer sempre coberto.

Essa solução é inviável caso o lençol de água seja muito elevado. Pode-se utilizar incinerador de emergência, feito de tambores vazios de óleo, ou mesmo de alvenaria, para pequenos volumes. No entanto, para grandes volumes de resíduos, essa solução é abandonada devido ao seu elevado custo de implantação, risco de incêndios e de poluição atmosférica.

d) **Ações de contingência a adotar em resíduos sólidos**

A seguir são propostas ações e programas para operação e manutenção da limpeza urbana e do manejo de resíduos sólidos (Tabelas 15 e 16).

Tabela 15– Riscos potenciais na limpeza urbana e no manejo de resíduos sólidos.

Serviços	Ocorrência	Plano de contingência/emergência
Varrição.	Paralisação do sistema de varrição.	Acionar ou contratar funcionários para efetuar a limpeza dos pontos mais críticos e centrais da cidade.
Coleta de resíduos.	Paralisação do serviço de coleta domiciliar.	Acionar empresas e veículos previamente cadastrados para assumir emergencialmente a coleta nos roteiros programados. Contratação de empresa especializada em caráter de emergência. Em caso crítico, decretar "estado de calamidade pública", tendo em vista as ameaças à saúde pública.
	Paralisação das coletas seletiva e de resíduos de serviços de saúde.	Celebrar contrato emergencial com empresa especializada na coleta de resíduos, conforme sua classificação.
	Paralisação da coleta de resíduos de remoção de objetos e veículos abandonados, bem como os animais mortos.	Acionar prefeitura. Contratar empresa especializada em caráter de emergência.
Destinação final.	Paralisação total do ponto de destinação final.	Transportar e dispor os resíduos em cidades vizinhas com a devida autorização do órgão do meio ambiente.
	Paralisação parcial do ponto de destinação final, no caso de incêndio, explosão ou vazamento tóxico.	Evacuar a área cumprindo os procedimentos de segurança. Acionar o Corpo de Bombeiros mais próximo.
Podas, supressões de vegetação de porte arbóreo.	Tombamento de árvores.	Mobilizar equipe de plantão e equipamentos. Acionar concessionária de energia elétrica. Acionar Corpo de Bombeiros mais próximo e da Defesa Civil.
Capina e roçagem.	Paralisação do serviço de capina e roçagem.	Acionar prefeitura para notificação à equipe responsável para cobertura e continuidade do serviço. Contratação emergencial do serviço.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 16– Ações de controle operacional e manutenção de resíduos sólidos.

Programa	Ações
Controle das condições do tratamento ou destino final.	Realizar medição de massa na entrada da unidade. Acompanhar a qualidade do eventual chorume conforme legislação vigente. Monitorar taludes e encostas.
Controle dos equipamentos.	Registro de horas trabalhadas e consumo de energia. Controle e correção de variações de tensão, vibração e temperatura. Controle de equipamentos de reserva.
Gestão da manutenção.	Cadastro de equipamentos e instalações. Programação de: - Manutenção preventiva. - Manutenção preditiva em equipamentos críticos. - Limpeza periódica e manutenção de vias de acesso. - Registro permanente do histórico das manutenções.
Prevenção de acidentes nos sistemas.	Plano de ação no caso de incêndio. Gestão de riscos ambientais em conjunto com os órgãos do meio ambiente.

Fonte: Ceivap, 2013.

10.2.9.10 Drenagem urbana

São elencadas, a seguir, ocorrências possíveis para o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, sendo previsto seus respectivos planos de contingência e emergência (Tabelas 17 e 18).

Tabela 17 Riscos potenciais em drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Ocorrência	Plano de contingência/emergência
Situações de alagamento, problemas relacionados à microdrenagem.	Mobilizar os órgãos competentes para a realização da manutenção da microdrenagem. Acionar a autoridade de trânsito para que sejam traçadas rotas alternativas, a fim de evitar o agravamento do problema. Acionar o técnico responsável designado para verificar a existência de riscos à população (danos a edificações, vias, riscos de propagação de doença etc.). Propor soluções para resolução do problema, com a participação da população e informando-a sobre a importância de se preservar o sistema de drenagem.
Inexistência ou ineficiência da rede de drenagem urbana.	Verificar o uso do solo previsto para a região. Comunicar ao setor de planejamento a necessidade de ampliação ou correção da rede de drenagem. Comunicar ao setor de fiscalização para detecção do ponto de lançamento e regularização da ocorrência. Limpeza de boca-de-lobo.

Continua

Continuação

Presença de materiais de grande porte, como carcaças de eletrodomésticos, móveis ou pedras.	Aumentar o trabalho de conscientização da população sobre a utilização dos canais de drenagem. Comunicar o setor de manutenção sobre a ocorrência. Aumentar a eficiência e a cobertura da limpeza pública.
Assoreamento de bocas-de-lobo, bueiros e canais.	Comunicar o setor de manutenção sobre a ocorrência. Verificar se os intervalos entre as manutenções periódicas encontram-se satisfatórias. Aumentar a eficiência e a cobertura da limpeza pública.

Fonte: Ceivap, 2013.

Tabela 18– Ações de controle operacional e manutenção em drenagem urbana.

Programa	Ações
Controle das condições de lançamento de águas.	Realizar medição de vazões, carga orgânica e nutriente nos pontos críticos de lançamento de águas pluviais em corpos receptores. Monitorar a vazão dos principais pontos de controle da rede de drenagem. Monitorar o destino dos resíduos retirados das estruturas hidráulicas, conforme o caso.
Controle dos equipamentos.	Registro de horas trabalhadas e consumo de energia. Controle e correção de variações de tensão, vibração e temperatura. Controle de equipamentos de reserva.
Gestão da manutenção.	Cadastro de equipamentos e instalações. Programação de: - Manutenção preventiva. - Manutenção preditiva em equipamentos críticos. - Limpeza periódica em coletores e ramais críticos. - Limpeza periódica de galerias e bueiros. - Registro permanente do histórico das manutenções.
Prevenção de acidentes nos sistemas.	Gestão de riscos ambientais em conjunto com os órgãos do meio ambiente.

Fonte: Ceivap, 2013.

10.3 Situações de emergência em regiões semiáridas

As regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela aridez do clima, pela deficiência hídrica, com imprevisibilidade das precipitações pluviométricas, e pela presença de solos pobres em matéria orgânica. O prolongado período seco anual eleva a temperatura local, caracterizando a aridez sazonal. Conforme essa definição, o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva e da temperatura, que influencia a perda de água por meio da evapotranspiração potencial.

São características hidrológicas e ecológicas relacionadas ao clima das regiões semiáridas do mundo possuir precipitação média anual da ordem de 80 a 250 mm. O semiárido brasileiro possui condições próprias de modelamento de sua paisagem.

A hidrologia é totalmente dependente do ritmo climático. As secas são caracterizadas tanto pela ausência e escassez quanto pela alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. Não é rara na história da região semiárida a sucessão de anos seguidos de seca. No entanto, a limitação hídrica ocorre anualmente devido ao longo período seco que leva à desperenização dos rios e riachos endógenos. A reduzida capacidade de absorção de água da chuva no solo é dificultada em virtude do relevo alterado e dos solos rasos e pedregosos. A presença de solos cristalinos na maior parte da abrangência do semiárido limita o acesso à água existente nos aquíferos subterrâneos. Quando se tem acesso à água acumulada nesses aquíferos, por meio de poços com baixa profundidade, verifica-se uma baixa qualidade de água para consumo humano, animal e para irrigação da lavoura, devido à alta concentração de sais minerais, originada das fissuras das rochas.

10.3.1 Conceito de desertificação

A definição de aridez foi estabelecida na Organização das Nações Unidas (ONU) como o processo de degradação das terras em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, em decorrência de fatores como a ação antropogênica e as mudanças climáticas. Essa degradação é a perda ou a redução da produtividade econômica ou biológica dos ecossistemas secos causada pela erosão do solo, pela deterioração dos recursos hídricos e pela perda da vegetação natural.

Com base no índice, as terras áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta compreendem cerca de 51.720.000 km², ou seja, quase 33% de toda a superfície terrestre. As áreas hiperáridas, os desertos, somam 9.780.000 km², ou seja, quase 16% da superfície do globo (Figura 8).

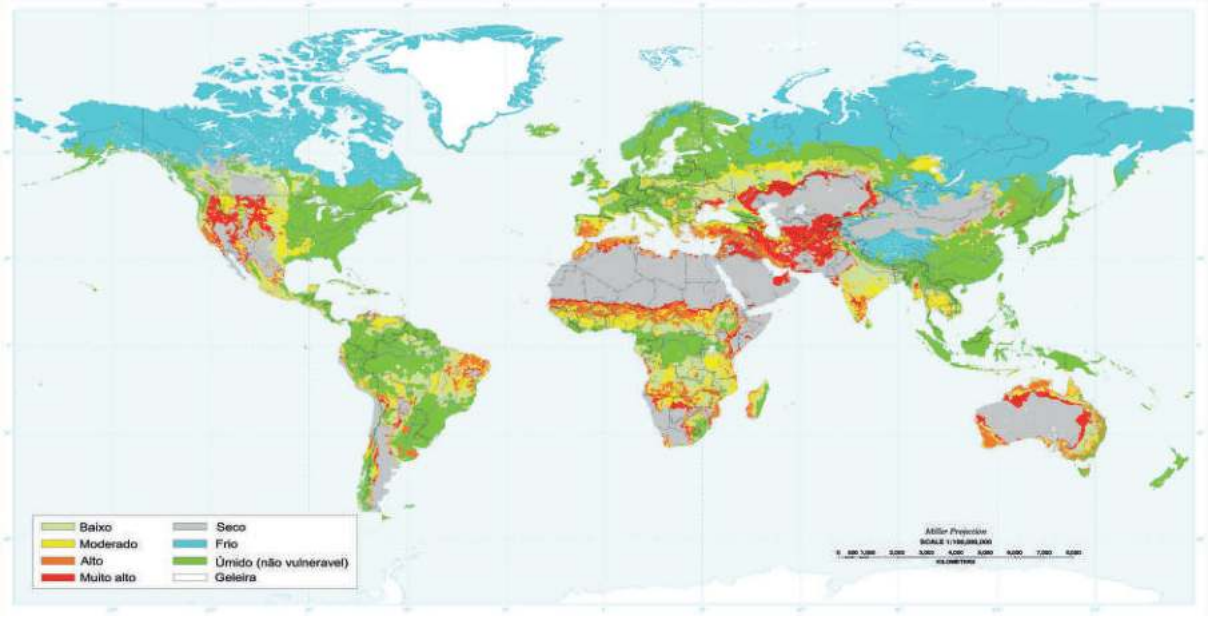


Figura 8 – Áreas vulneráveis a desertificação no mundo.

Fonte: USDA, 2015.

10.3.2 O sentido ambiental

A convivência com o meio ambiente é um imperativo fundamental para o manejo e o uso sustentável dos recursos naturais num ecossistema, sem inviabilizar a sua reprodução. Implica uma nova orientação para as atividades humanas, buscando conciliar ou corrigir os limites naturais à intervenção antrópica. Para garantir a perpetuidade dos ecossistemas frágeis, é importante aprender a viver em harmonia com o código da natureza, buscando a adaptação ao seu *habitat*, e não a partir de uma

relação de estranhamento, de destruição ou de combate. Convivência é "viver com", estar junto com outros. Significa a possibilidade de interação e coexistência dentro de uma lógica de reciprocidade.

Outrora o conceito de seca era aquele de modificar o ambiente para o homem nele viver melhor. A ecologia está nos ensinando a preparar a população para viver com a semiaridez, tirando dela as vantagens.

Atenção especial deve ser dada, diante das fragilidades hídricas, ao manejo sustentável dos mananciais e à valorização da captação, do armazenamento e da gestão da água de chuva para a produção apropriada . Durante mais de uma centena de anos, foram incentivadas e apoiadas as práticas de barramento e armazenamento de água de rios e riachos em açudes, bem como a perfuração de poços, para captação de água do lençol freático.

No período mais recente, esses equipamentos têm sido utilizados de forma mais intensa para a geração de energia, para a irrigação agrícola e para o abastecimento de áreas urbanas, com a implantação de adutoras. São equipamentos de inegável importância para o semiárido, mas há um conjunto de questionamentos sobre as questões de concentração de água em grandes barragens.

10.3.3 Saúde pública

A baixa qualidade da água consumida por parte significativa da população do semiárido, especialmente a que reside nas zonas rurais, e a precariedade ou a inexistência de estruturas de tratamento de esgoto refletem na incidência de doenças de veiculação hídrica.

10.3.4 Soluções para problema da água no semiárido

A adoção de tecnologias da engenharia hidráulica para armazenamento de água, a chamada solução hídrica, catalisou a crença na possibilidade de combater a seca e seus efeitos. As principais modalidades de solução hídrica expressam a capacidade tecnológica de modificação do ambiente e de correção dos limites às atividades econômicas. A água armazenada poderia atender a quatro finalidades: a manutenção do rebanho, a produção agrícola, o abastecimento humano e a geração de energia.

A implantação de infraestruturas hidráulicas, isoladas ou combinadas, constitui as ações necessárias para mitigar o problema da água no semiárido. A definição de infraestrutura adequada e a estratégia de ação ou de gestão devem buscar o aumento da disponibilidade eficiência do uso, o controle da demanda e do desperdício, notadamente no que se refere à irrigação.

10.3.4.1 A busca de soluções

São perceptíveis os avanços relacionados às tecnologias hídricas consideradas apropriadas ao semiárido. Um dos fundamentos desse processo é o reconhecimento das múltiplas necessidades de abastecimento hídrico da população sertaneja: captação e distribuição de água para consumo, com a construção e a manutenção de pequenas barragens e outros equipamentos de uso familiar e comunitário; uso das áreas úmidas para produção de alimentos, visando à segurança alimentar da comunidade; produção de mudas para recuperação da mata ciliar; formação para o manejo de recursos hídricos, evitando o desperdício e a poluição, e para o manejo do solo, evitando o assoreamento.

Por isso tem sido dada especial atenção às tecnologias alternativas que valorizam a captação e o armazenamento da água da chuva, como:

a) **Perfuração de poços.**

Em região semiárida com solos de formação cristalina, poços usados como solução para o suprimento das diferentes necessidades estão sujeitos às baixas vazões, na maioria dos casos até 2 m^3/h, teores de sais superior, em parcela significativa dos poços, ao recomendado para consumo humano e altos índices de poços secos, dadas as peculiaridades geológicas.

Os poços perfurados no cristalino têm profundidade da ordem de 50 m, ao passo que nas bacias sedimentares as profundidades são variadas, na maioria dos casos entre 100 e 300 m. A perfuração de poços em solos cristalinos tem sido feita em conjunção com dessalinizadores de osmose reversa para a demanda rural. Em áreas sedimentares, tem sido usada para atender ou complementar a demanda das cidades. Os dessalinizadores (Figuras 9 e 10) mostram-se eficazes na melhoria da potabilidade da água, e problemas precisam ser gerenciados, como a destinação do rejeito proveniente da salinização, o alto custo de manutenção e a logística de operação complexa.



Figura 9 – Poço com dessalinizador.

Para a destinação do rejeito, algumas soluções têm sido adotadas, como:

- Uso de tanques com lâminas d'água delgada para incremento da velocidade de evaporação e a consequente deposição de sais.
- Acumulação em tanques para a criação de peixes como tilápia-rosa e camarão marinho; cultivo de *Atriplex nummularia*, planta com grande capacidade de absorção de sais, originária da Austrália e introduzida, com sucesso, no Chile, apresentando-se como excelente forrageira, que contém entre 16% e 20% de proteína e uma sobrevida de até 20 anos.

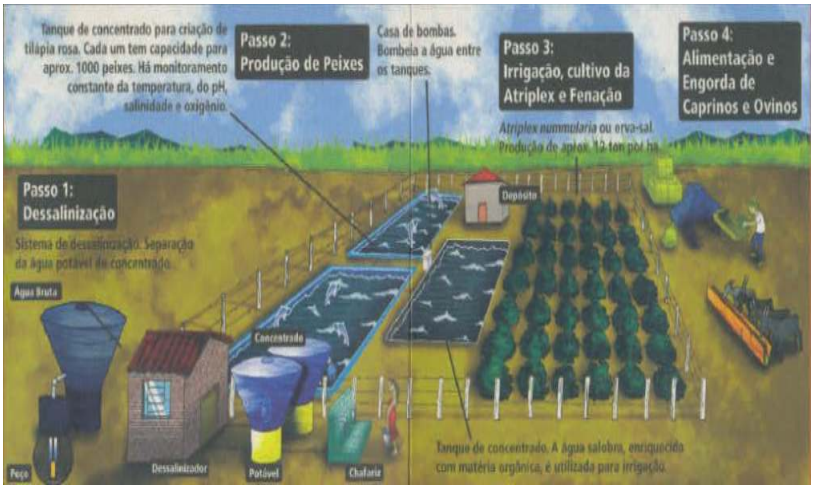


Figura 10 – Ilustração de sistema de dessalinização da unidade produtiva.

Fonte: MMA (Brasil, 2012)

b) **Cisternas de placas.**

Alternativa simples e com baixo custo para captação e armazenamento de água de chuva para consumo humano (Figura 11). A captação da água ocorre nos telhados das casas, que, normalmente, são suficientes para aparar a quantidade de água que a família necessita para beber, para cozinhar e para higiene corporal durante os meses de estiagem. A cisterna de placa é mais utilizada, sendo sua construção de fácil aprendizado pelos pedreiros. A disponibilidade de água limpa próximo de casa contribui para a redução de doenças, diminui o tempo e o esforço físico de mulheres e crianças na busca de água.



Figura 11 – Cisternas de placas.

c) **Cisterna de placas calçadão.**

Trata-se de uma variação da forma de captação de água das chuvas para as cisternas de placas, quando os telhados das casas são insuficientes para aparar a quantidade de água necessária (Figuras 12). A tecnologia consiste na construção de uma calçada, de chão cimentado, inclinado, com uma área de 110 m^2, perto da casa e cercada, para evitar a entrada de animais. A água da chuva escorre pela calçada até a cisterna. Famílias que já têm cisternas de placas constroem outra cisterna com calçadão, aumentando a disponibilidade hídrica.



Figura 12 – Cisternas de placas com calçadão.

d) **Bomba d'água manual:** possibilita captar água em poços com até 40 metros de profundidade. Acionada por meio de um grande volante, permite captar até 1.000 litros de água numa hora, com baixo custo de manutenção e fácil manuseio.

e) **Gestão e tratamento de água para consumo humano:** todas as alternativas podem fracassar se não forem acompanhadas de processos sistemáticos de sensibilização e de formação para o manejo dos recursos hídricos e o tratamento da água a ser consumida pelas pessoas. Os cursos de gestão hídrica que são realizados com as famílias que têm acesso às cisternas de placas contribuem para evitar o desperdício e a contaminação da água da chuva armazenada. Além do uso da água armazenada, os participantes são incentivados ao manejo sustentável dos recursos hídricos existentes nas comunidades, principalmente a limpeza dos açudes e barreiros existentes, e a preservação ou a reposição da mata ciliar em rios e riachos. Outras alternativas disseminadas são: a produção caseira de filtros de cerâmica e o uso da semente da moringa para purificação da água.

Além das tecnologias hídricas alternativas para o abastecimento de água da população também têm sido desenvolvidas e disseminadas soluções hídricas para a produção apropriada da agricultura familiar, combinando a captação da água de chuva com a melhoria das áreas de produção agrícola e para fortalecer as atividades pecuárias com pequenos animais. Elas indicam a opção pela diversidade de soluções para captar e armazenar a água da chuva, aproveitar a umidade do solo e racionalizar o manejo e o uso da água nos mananciais hídricos, conforme a seguir.

f) **Barragem subterrânea:** tecnologia simples e barata, que permite a captação e o armazenamento de água de chuva debaixo da terra, sem inundar as áreas de plantio nos baixios. Os reservatórios subterrâneos ficam ao abrigo da evaporação direta e intensa e podem ser construídos em rios e riachos, abrindo uma valeta entre as margens. A parede da barragem é feita com lona plástica, pedra para aumentar a infiltração da água (Figura 13). Com a barragem aumenta a água das cacimbas cavadas no leito do rio ou riacho e aumenta a produção agrícola.



Figura 13 – Escavação e construção de barragens subterrâneas.

Fonte: Cirilo *et al.*, 2003

g) **Barragens sucessivas:** são paredes de alvenaria, construídas uma após a outra, no leito de um rio. A água armazenada numa barragem encosta-se à parede da outra, garantindo a oferta de água. Diferentemente das grandes barragens, a inundação fica limitada ao leito do rio, permitindo um melhor aproveitamento agrícola das terras úmidas. As barragens ficam acima do solo e seu fluxo não é grande o suficiente para vazar ou comprometer o leito do rio com o assoreamento. Proporciona o plantio irrigado e de vazante de frutas, hortaliças, forragens e cereais, além da criação de peixes.

h) **Barreiro trincheira:** são barreiros estreitos e profundos, escavados em terrenos com pedra firme, com pelo menos dois quadros divisórios para a água ser usada em tempos diferentes. A água da chuva é carreada para dentro do barreiro com o uso de valetas, evitando a contaminação com as fezes de animais. A água concentrada reduz a evaporação. A manutenção do barreiro é feita anualmente com a escavação, o reforço das paredes e a limpeza das valas. A água serve para banho, lavar louça e roupa, aguar hortas e para animais.

i) **Barreiro de salvação:** são barreiros utilizados na irrigação de salvação. A ideia central é captar e armazenar o máximo de água de chuva que escorre rapidamente na superfície do solo. Trata-se de uma pequena barragem de terra formada por uma área de captação, tanque de armazenamento e área de plantio.

j) **Tanques de pedra:** aumentam a capacidade de captação e armazenamento de água de chuva nos chamados "caldeirões" ou "lajedos" que ocorrem naturalmente nos grandes maciços cristalinos de algumas regiões do semiárido (Figura 14). A técnica possibilita o aproveitamento desse potencial, com a construção de tanques com muros de alvenaria, ao redor das áreas de lajedos, ou utilizando impermeabilizantes e lonas plásticas para evitar as perdas de água de chuva, aumentando a disponibilidade hídrica para o abastecimento da família e dos animais.



Figura 14 – Tanque de pedra.

k) **Uso sustentável de água de poço amazonas em pequena irrigação:** o poço amazonas possibilita pequenos plantios irrigados, com o manejo adequado da água e da plantação, solucionando os problemas de diminuição da vazão nas secas, alta evaporação, risco de salinização das terras e altos custos de energia elétrica e combustível. Para isso, é necessário combinar sistemas bem dimensionados em pequenas áreas, com plantas que consomem pouca água; reduzir os efeitos da evaporação, fazendo cobertura morta, irrigando o mais possível do pé da planta e nos horários mais frios do dia.

10.3.5 Plano de contingência contra a seca

É um conjunto de medidas de caráter excepcional que visa organizar, orientar, facilitar, agilizar e uniformizar as ações necessárias às demandas da população atingida pela seca. Assim, deverá permitir a antecipação de situações de perigo para os sistemas de abastecimentos de água, adotando esquemas alternativos para esse abastecimento de água.

Dessa forma, pretende-se evitar o colapso nos sistemas de abastecimentos de água e, quando esses estiverem em perigo ou esgotados os seus recursos, a fim de que toda a população venha a

cooperar com a minimização dos impactos para o consumidor final, será necessário que o município tenha criado o seu plano de contingência, com a previsão de medidas emergenciais, como instrumento de política pública de acesso à água.

10.3.5.1 Objetivos do plano

- Identificar a estrutura atual dos sistemas de abastecimentos de água, no município e na região, que poderão ser ativados em situação de grave carência de água.
- Definir os princípios orientadores para os procedimentos a serem adotados em caso de ameaça de esvaziamento dos sistemas de abastecimentos identificados.
- Definir os procedimentos excepcionais a serem adotados, de forma a recuperar as fontes de água, a minimizar os efeitos da seca e limitar os danos potencialmente ocasionados pelo homem.
- Identificar e catalogar os meios e os recursos a serem mobilizados para garantir o abastecimento de água a partir de origens alternativas.
- Definir os mecanismos de informação ao público.

10.3.5.2 Estrutura administrativa municipal

Os municípios devem instituir o funcionamento da comissão municipal de Defesa Civil, que será o órgão público competente para realizar o levantamento dos riscos que a população corre em casos de desastres naturais e acidentes tecnológicos, bem como a elaboração e a gestão do plano de contingência municipal.

a) **Acompanhamento.**

Manter atualizados semanalmente os seguintes dados do município:

- Inventário de todas as localidades com indicativo do sistema de abastecimento de água que é servido.
- Número de habitantes de cada localidade.
- Capacidade de fornecimento do sistema de abastecimento de água por dia para cada localidade.
- Consumo diário da população por localidade.
- Informações sobre culturas agrícolas e rebanho, quando for o caso.

b) **Disponibilidade hídrica.**

A comissão municipal deve monitorar semanalmente, com a instituição responsável pelo saneamento e fornecimento de água, as seguintes informações:

- Nome do sistema, localização, endereço, condições de higiene na captação, capacidade de fornecimento diário e qual(is) a(s) localidade(s) beneficiada(s).
- Alternativas para o abastecimento de água nas proximidades, consignando-se as mesmas informações do item anterior.
- Observado o nível de contingência e inexistindo fontes ou alternativas, comunicar o fato imediatamente ao comitê gestor.

10.3.5.3 Níveis de contingência

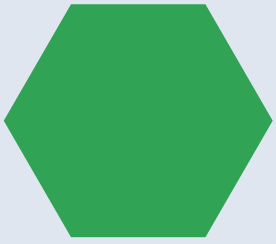
Recomenda-se definir os níveis de contingência levando em consideração a série histórica de precipitação pluviométrica, bem como as novas tecnologias que estão à disposição de cada um dos municípios. A seguir são sugeridos níveis de contingência em função da disponibilidade de água estimada, da seguinte forma:

- Nível verde: disponibilidade de água estimada superior a oito meses.
- Nível azul: disponibilidade de água estimada compreendida entre oito e seis meses.
- Nível amarelo: disponibilidade de água estimada compreendida entre seis e quatro meses.
- Nível laranja: disponibilidade de água estimada compreendida entre quatro e dois meses.
- Nível vermelho: disponibilidade de água estimada inferior a dois meses.

10.3.5.4 Respostas aos níveis de contingência

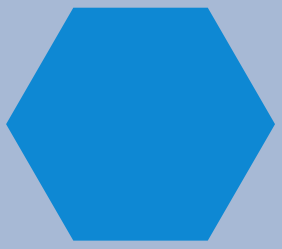
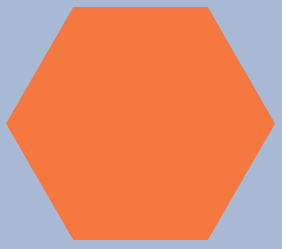
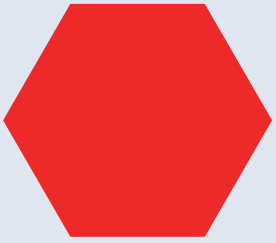
Os municípios devem estar aptos para dar as respostas necessárias ao atendimento do abastecimento de água da população, porém nem sempre isso ocorre por diversas razões; assim, apresenta-se uma colaboração para a construção de rotinas que permitam a convivência com a seca. As medidas de resposta para cada um dos níveis de contingência previstos deverão ocorrer segundo programação constante no plano de contingência (Tabela 19).

Tabela 19 – Sugestões de respostas para cada nível de contingência.

Nível de contingência	Respostas
Verde 	1. Melhorar a eficiência dos sistemas de abastecimento público, com a reparação de perdas, a instalação de contadores, a renovação de condutas, o aumento de vigilância dos sistemas de abastecimento. 2. Adotar medidas de poupança de água nos serviços públicos. 3. Reutilizar águas para usos compatíveis, como lavagem de ruas e rega de espaços verdes, acompanhada de indicação das precauções sanitárias necessárias. 4. Promover a sensibilização da população, utilizando a comunicação social, a distribuição de materiais de folhetos, adesivos e informação anexa à conta de água. 5. Reunião periódica com os moradores e as organizações da sociedade civil, solicitando um incremento na vigilância dos sistemas de abastecimento para identificação de irregularidades. 6. Atualizar o inventário dos recursos disponíveis que poderão ser mobilizáveis em caso de agravamento da situação (cisternas, carros-pipa). 7. Identificar outros agravos na área rural, especialmente para orientação e cuidados com a criação de animais, mecanismos de seguro safra, especialmente em relação às culturas agrícolas de pequeno ciclo, e assistência social.

Continua

Continuação

Azul 	Além das considerações anteriores, adotar também: 1. Reduzir o número de regas das zonas verdes (rega de sobrevivência apenas no período noturno). 2. Fechar as fontes decorativas que não funcionem em circuito fechado. 3. Reduzir a periodicidade da lavagem de ruas. 4. Publicar edital para limitar os usos não essenciais de água potável, especialmente novos enchimentos de piscinas, lavagem de automóveis e rega de jardins privados. 5. Divulgar orientações para a restrição do consumo de água para irrigação agrícola e aconselhar o recurso prioritário a culturas menos exigentes de água. 6. Criar linha telefônica de apoio e orientação ao cidadão. 7. Reunir com a instituição responsável pelo abastecimento de água no município para definição de estratégicas de fornecimento alternativo de água. 8. Disciplinar o acesso às fontes de captação por meio de carro-pipa, com alternativas, na zona rural, para o fornecimento de água para animais e utilização na agricultura. 9. Reforço da vigilância das fontes de captação.
Amarelo	Além das considerações anteriores, adotar também: 1. Interdição temporária de usos não essenciais de água potável para lavagem de: ruas; passeios; logradouros; rega de jardins e espaços verdes; novos enchimentos ou mudanças de águas de piscinas. 2. Solicitar aos operadores de carros-pipa para a realização do enchimento dos tanques apenas no período noturno. 3. Realizar reuniões descentralizadas ao nível de bairros ou distrito para aviso de irregularidade e sensibilizar para a necessidade de poupar água e de reutilização para usos não nobres. 4. Realizar as ações necessárias à reativação de origens de água desativadas ou à criação de novas origens (abertura de novas captações subterrâneas, por exemplo). 5. Reduzir a pressão nos sistemas de abastecimento. 6. Realizar reuniões regulares com as comunidades para análise da situação.
Laranja 	Além das considerações anteriores, adotar também: 1. Utilizar carros-pipa apenas após a autorização da Defesa Civil para reforço do abastecimento, por meio da introdução de água potável nos reservatórios do sistema de abastecimento. 2. Reduzir os períodos de abastecimento acompanhado de comunicação à população e salientar que o restabelecimento de abastecimento em condições normais está dependente da atitude da população e das condições climáticas. 3. Fechar as piscinas no município. 4. Articular, com a Defesa Civil ou comitê gestor, quando existente, para articulação de outras medidas de emergência.
Vermelho 	Além das considerações anteriores, adotar também: 1. Fornecer água potável à população diretamente por meio de carro-pipa, com acompanhamento do gestor municipal de saúde. 2. Aumentar a redução dos períodos de abastecimento, comunicando a população. 3. Articular com a Defesa Civil, ou comitê gestor, quando existente, a reavaliação do plano municipal de contingência, especialmente para agilizar as medidas de emergências e a mobilização de meios complementares aos disponíveis.

Fonte: Proposta de plano de contingência para seca. w.w.w.mp.gov.br/323-devesa-civil.

10.4 Cidades resilientes

Viver em condições seguras deve ser pressuposto universal, e cuidar da expansão urbana é um princípio básico na política de desenvolvimento urbano.

A ocupação urbana de forma desordenada e descuidada gera consequências graves para população que assim comporta. As ações das pessoas devem ser repensadas quando em consequência delas originam fatos que as prejudicam. A relevância desses fatos é mensurada de acordo com a lesividade que afeta a integridade e põe em risco a vida. Em todas as atividades, deve-se avaliar a possibilidade de prevenção de acidentes de qualquer natureza.

É dever do estado identificar preventivamente áreas que podem ser ocupadas e cuidar de desocupar aquelas que equivocadamente foram ocupadas. Assim, deve-se agir em duas frentes, uma de efeito corretivo, liberando áreas inseguras com ocupação humana irregular, e outra no sentido de minimizar ou suportar as consequências do evento natural potencial causador de determinado desastre.

Nesse sentido, definimos cidades resilientes como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade, expostos a riscos, de resistir, absorver, acomodar e recuperar-se dos efeitos de ameaças em tempo hábil e eficiente, por meio da preservação e da restauração de suas estruturas essenciais e funções básicas.

10.4.1 Construção da resiliência de comunidades

Construir ou tornar uma cidade resiliente é uma preocupação mundial. Há vários anos a ONU vem trabalhando na assistência e na perspectiva de redução dos desastres naturais e no estudo de vulnerabilidades. Com o objetivo de guiar as políticas públicas na redução de perdas ocasionadas pelas ameaças naturais, elaboraram-se cinco prioridades de ação, descritas a seguir:

a) **Construção da capacidade institucional**: garantir que a redução de riscos de desastres seja uma prioridade nacional e local com forte base institucional para sua implantação.

b) **Conhecer os próprios riscos**: identificar, avaliar e monitorar os riscos de desastres e melhorar os alertas e alarmes.

c) **Construir conhecimento e sensibilização**: utilizar conhecimento, inovação e educação para construir uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis.

d) **Reduzir riscos**: reduzir os fatores subjacentes ao risco, por meio do planejamento do uso e da ocupação do solo, e de medidas ambientais, sociais e econômicas.

e) **Estar preparado e pronto para agir**: fortalecer a preparação para desastres para uma resposta efetiva em todos os níveis.

As prioridades para construir cidades resilientes são amplas e a ONU estabelece ações para os gestores e convoca para participação e reunião de esforços da sociedade civil, da academia, das organizações voluntárias e da iniciativa privada. O resultado esperado ao adotar estas prioridades de ações é de reduzir substancialmente as perdas em termos de vidas e de bens sociais, econômicos e ambientais.

10.4.2 A roda da resiliência

É consenso ser difícil enquadrar os interesses de vários públicos aos interesses das cidades. Para demonstrar que os interesses de todos são interligados utiliza-se a "Roda da Resiliência", com oito áreas funcionais, com objetivo de demonstrar aos parceiros governamentais e não governamentais como trabalhar em setores tidos e percebidos como não consistentes (Figura 15). Abaixo um modelo readaptado.

Faz-se necessário entender a redução de risco como o esforço de equipe, sendo esta equipe composta por todos os segmentos da comunidade.

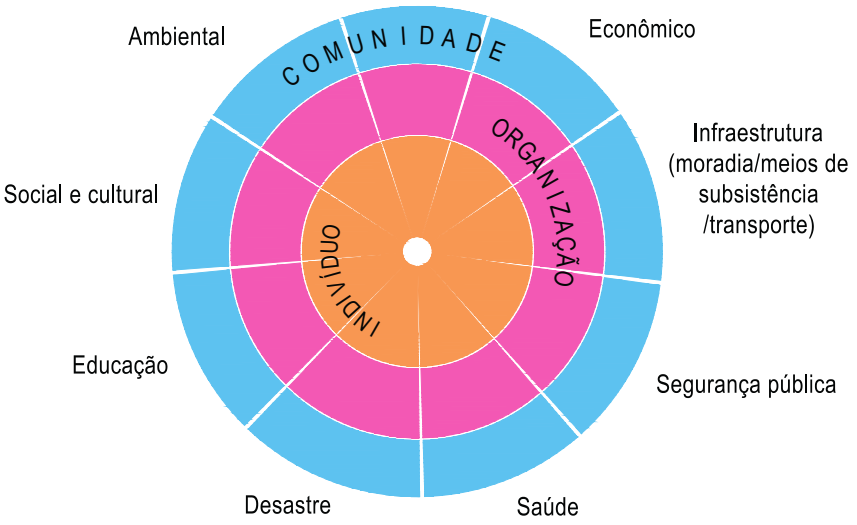


Figura 15 – Modelo adaptado da Roda da Resiliência.

Fonte: ONU, 2012.

10.4.3 Passos essenciais para a construção de cidades resilientes a desastres

Os passos essenciais para a construção de cidades resilientes a desastres, são:

Passo 1: Organização e coordenação

Deve-se colocar em prática ações de organização e coordenação para compreender e aplicar ferramentas de redução de riscos de desastres, com base na participação de grupos de cidadãos e da sociedade civil, construindo alianças locais e assegurando que todos os setores compreendam o seu papel na redução de risco de desastres e preparação.

Passo 2: Atribua um orçamento

Deve-se atribuir um orçamento para a redução de riscos de desastres e fornecer incentivos para proprietários em áreas de risco, famílias de baixa renda, comunidades, empresas e setor público para investir na redução dos riscos que enfrentam.

Passo 3: Preparar as avaliações de risco

Deve-se manter os dados sobre os riscos e a vulnerabilidade atualizados, preparando as atualizações de risco e utilizando como base para planos de desenvolvimento urbano e tomadas de decisão. Nesta fase, certifique-se de que as informações e os planos para a resiliência de sua cidade estejam prontamente disponíveis ao público e totalmente discutido com eles.

Passo 4: Infraestrutura para redução de risco

Nesta fase deve-se investir e manter uma infraestrutura para redução de risco com enfoque estrutural, como exemplo: obras de drenagens para evitar inundações e ações de adaptação às mudanças climáticas.

Passo 5: Proteção dos serviços essenciais de educação e saúde

Nesta etapa deve-se avaliar a segurança de todos os centros de saúde e das escolas e atualizar tais avaliações continuamente. Apesar do colapso de uma escola ou hospital gerar graves problemas para uma cidade afetada por desastre, é comum assistir ao colapso "funcional" dessas instalações, em que as estruturas ainda se mantêm resistentes, porém não podem ser utilizadas por uma variedade de ações preventivas que não foram tomadas. Para evitar isso, hospitais e escolas devem ser construídos a partir de altos padrões de resiliência. As vias de acesso devem permanecer abertas, bem como o fornecimento de água, energia elétrica e telecomunicações, garantindo a continuidade das operações.

Passo 6: Construção de regulamentos e planos de uso e ocupação do solo

As ações desse passo consistem em aplicar e impor regulamentos realistas, compatíveis com o risco de construção e princípios de planejamento do uso do solo, identificando áreas seguras para cidadãos de baixa renda e desenvolvendo, sempre que possível, a urbanização dos assentamentos informais.

Passo 7: Programas de educação e treinamento

Deve se certificar de que os programas de educação e treinamento sobre redução de riscos de desastres estejam em vigor nas escolas, nos serviços de saúde e nas comunidades.

Passo 8: Proteção ambiental e fortalecimento dos ecossistemas

Deve-se proteger os ecossistemas e as barreiras naturais para mitigar inundações e outras ameaças à cidade que seja vulnerável, adaptando à mudança climática por meio da construção de boas práticas de redução de risco.

Passo 9: Sistemas efetivos de alerta, alarme e resposta

Nessa fase deve-se instalar sistemas de alerta e alarme, desenvolver capacidades de gestão de emergências no município e realizar regularmente exercícios públicos de preparação.

Passo 10: Recuperação e reconstrução de comunidades

Após qualquer desastre, assegure que as necessidades dos sobreviventes estejam no centro da reconstrução, por meio do apoio direto e por suas organizações comunitárias. Deve-se projetar e ajudar na implementação de ações de resposta e recuperação, incluindo a reconstrução de casas e de meios de subsistência.

10.4.4 Passos para construir cidades resilientes

O processo de planejamento estratégico irá permitir que as autoridades locais identifiquem e foquem as prioridades de redução de riscos de desastres e explorem os recursos humanos, econômicos, tecnológicos e naturais. Durante o processo de planejamento, a cidade pode avaliar os pontos fortes e as debilidades e considerar os fatores externos para alcançar resultados concretos e práticos.

O processo de planejamento para implantar os passos de construção de cidades resilientes deve englobar as seguintes fases e providências (Tabela 20).

Tabela 20 – Fases e providências para o planejamento de cidades resilientes.

Marcos de cada fase	Providências
Organização e preparação para aplicação dos dez passos	Preparação do cenário institucional e sensibilização. Convencimento de atores, formalização do processo participativo. Planejamento e execução do processo.
Diagnóstico e avaliação de risco do município	Familiarização com os riscos do município. Condução de avaliação de risco. Análise do ambiente e atores locais. Preparação de relatório de avaliação.
Desenvolvimento de um plano de ação de segurança e resiliência para o município	Definição de visão, objetivos e ações principais. Definição de programas e projetos. Institucionalização e manutenção do plano de redução de riscos de desastres.
Implantação do plano	Implantação e mobilização de recursos. Garantia de ampla participação e apropriação.
Monitoramento e acompanhamento	Monitoramento, acompanhamento e avaliação do plano. Disseminação e promoção do plano.

Fonte: ONU, 2012.

A preparação de um plano é um processo demorado, e, muitas vezes, prolonga-se além do que a maioria acredita. Se o processo for apressado, a oportunidade de alcançar a participação e um senso de propriedade pode ser perdida.

Portanto, para tornar mais eficaz o processo de planejamento estratégico, recomenda-se aplicar os seguintes princípios em todas as fases:

- Incentivar o gestor municipal a exercer a liderança em desenvolver capacidade local para criar resiliência.
- Utilizar abordagens participativas e promover a plena participação de todos os munícipes para fortalecer a estrutura social da cidade.
- Aplicar princípios de igualdade de gênero e inclusão.
- Ser flexível, transparente e responsável.
- Definir responsabilidades claras e identificar ações e objetivos realistas.
- Construir baseado em princípios de sustentabilidade e resiliência.
- Sensibilizar e desenvolver um senso de propriedade do plano com a comunidade.

Um plano estratégico com visão, missão e projetos claros é a melhor forma para o município buscar recursos no enfrentamento de desastres. O financiamento regular pode vir de receitas do município, dos desembolsos nacionais e das alocações para departamentos setoriais. Quando ocorrem desastres, as cidades podem receber recursos adicionais para resposta e resgate, e, mais tarde, para a recuperação e a reconstrução, tanto de fontes nacionais quanto internacionais.

10. 5 Considerações finais

O gerenciamento de situações de emergência é um dos aspectos críticos principalmente nas cidades. Para cada situação deve existir um conjunto de medidas de prevenção, atendimento, mitigação e recuperação. Mas, independentemente da natureza da emergência, há um conjunto de ações básicas que devem ser implementadas nos domicílios e servir de referencial para o comportamento do indivíduo em espaços públicos e/ou concentrações de população.

As necessidades perante as situações de emergência não podem ser bem atendidas sem um planejamento prévio e uma preparação adequada pelas autoridades sanitárias; e seu enfrentamento deve entrar na agenda permanente das atividades não só da população, mas também do poder público.

O enfrentamento da seca nas regiões semiáridas, além das tecnologias apropriadas de captação e armazenamento de água, requer a participação da sociedade civil organizada nos comitês de gestão de bacias e microbacias. É fundamental o debate e a definição de prioridades de uso da água, o planejamento, a execução de políticas públicas e de práticas comunitárias de recuperação e preservação dos mananciais, com a sensibilização e a mobilização da população.

Atualmente a maioria da população mundial reside em áreas urbanas; portanto, a construção de cidades mais seguras é um desafio a ser alcançado em longo prazo. Nesse aspecto, a resiliência e a redução de riscos de desastres devem fazer parte do desenho urbano e das estratégias para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Referências bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 08843:** gerenciamento dos resíduos sólidos e alternativas usadas em caso de emergência. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 4p.

ASSAR, M. **Guia de saneamento en desastres naturales**. Ginebra: OMS, 1971. 142p.

AXELROD, C. *et al*. Primary health care and the midwest flood disaster. **Public Health Reports**, v. 109, n. 5, p. 601-605, Sept./Oct. 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação de Serviços Especiais de Saúde Pública. Manual de Saneamento. 2. ed. Rio de Janeiro: MS, 1981. 250p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Água Doce**. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce>. Acesso em: 23 jan. 2015.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Cisternas de placas para captação de água de chuva.** Brasília: MS, 2014a.

_____. _____. _____. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando clorados simplificado desenvolvido pela Funasa.** Brasília: MS, 2014b. 36p.

_____. Ministério da Integração. **Construindo cidades resilientes**: minha cidade está se programando. Brasília: MI, [s.d.]. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/cidadesresilientes>. Acesso em: 27 jan. 2015.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Protocolo de atuação da Funasa em situações de desastres ocasionados por inundações.** Brasília: MS, [s.d.]. 34p.

CEIVAP – COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Plano Municipal de Saneamento Básico**: plano regional de saneamento com base municipalizada nas modalidades de água, esgoto e drenagem urbana. Rio de Janeiro: Ceivap, 2013. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/saneamento/trajano/Proposicoes-II.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2015.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL. Public Health Consequences of Flood Disaster – IOWA, 1993. **Morbility and Mortality Weekly Report**, v. 42, n. 34, p. 653-668, Sept. 1993.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Modelos de Cloradores**. São Paulo: Cetesb, 1987.

CIRILO, J. A. *et al*. Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semiárido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 5-24, out./dez. 2003.

CYNAMON, S. E. Saneamento em épocas de emergência e em casos de calamidade pública. *In:* BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Serviços de Saúde Pública. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Rio de Janeiro: MS, 1972. p. 478-483, v. 3.

_____. Saneamento – subsídios para um instrumental e análise. **Revista da Fundação SESP**, Rio de Janeiro, tomo 21, n. 2, p. 35-43, 1976.

DACACH, N. G. **Saneamento básico.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 340p.

GOYET, C. V. The supply management challenge. **Disasters**, v. 17, n. 2, p. 169-176, 1993.

HEDERRA, R. Manual de Vigilância Sanitária. **Manuais Operativos PALTEX**, Washington, v. 4, n. 11, 1996.

LAVE, T. R.; LAVE, L. B. Public perception of the risks of floods: implications for communication. **Risk Analysis International Journal of the Society for Risk Analysis**, v. 11, n. 2, p. 255-267, Jun. 1991.

LECHAT, M. F. Los desastres y la salud publica. **Boletim de La Oficina Sanitaria Panamericana,** v. 88, n. 6, p. 471-480, Jun. 1980.

LEWIS, W. J. **O risco de poluição de lençol freático por sistema de disposição local de esgotos**. Brasília: MDU, 1986. 91p.

LIPPEL, M. Eficiência na desinfecção de poços freáticos por garrafas cloradas modificadas. *In:* SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4., 1994, Florianópolis. **Anais**... Florianópolis: ABES, 1994.

MACEDO, C. G. Balancing microbial and chemical risk in disinfection of drinking water. **The Pan American Perspective:** safety of water disinfection. Washington: ILSI Press, [s.d.].

MASSA. D. **Enchente, inundação ou alagamento causam efeitos imediatos (diretos) e efeitos posteriores (indiretos) à saúde humana**. [s.l.]: [s.n.], 2011. Disponível em: <https://arquiteturaelugar.wordpress.com/2011/06/29/enchente-inundacao-ou-alagametno/)>. Acesso em: 10 fev. 2015.

NOJI, E. K.; TOOLO, M. J. The historical development of public health responses to disasters. **Disasters**, v. 21, n. 4, p. 369-437, 1997.

ONU – ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. El Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. **Boletin de la Oficina Sanitaria Panamericana**, v. 108, n. 31, p. 371-377, 1990.

_____. **Como construir cidades mais resilientes**: um guia para gestores públicos locais. Genebra: OMS, 2012. 100p. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. **Desastres naturais e saúde no Brasil.** Brasília: OPAS, 2014.

OPS – ORGANIZACIÓN PANAMERICA DE LA SALUD. **Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales.** Washington: OPAS, 1982a. 60p. (Publicación Científica, n. 430).

_____. **Vigilancia epidemiológica con posterioridad a los desastres naturales.** Washington: OPAS, 1982b. (Publicación Científica, n. 420).

_____. **Manual sobre preparación de los servicios de agua potable y alcantarillado para afrontar situaciones de emergencia**. Washington: OPAS, 1990. 81p.

_____. **Planificación para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado**. Washington: OPAS, 1993. (Publicación Científica, v. 1).

ORIHUELA, L. A.; BALLANCE, R. C. Aspectos de Interés International de la Cloración del Agua. **Boletim da Oficina Sanitaria Panamericana**, Washington, v. 87, n. 5, p. 377-388, 1979.

OPS/OMS - ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **El agua en situaciones de emergencia**. OPS/HEP/99/34. 32p. s/d.

RIO DE JANEIRO. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Urbano. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Manual de limpeza e desinfecção de poços e reservatórios domiciliares**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1989. 12p.

ROSSIN, A. C.; BUSO, S. Soluções práticas para a desinfecção de água. *In:* GENDA *et al*. **Saneamento do meio**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 1980. 29p.

TOOL, M. J.; WALDMAN, R. J. The public health aspects of complex emergencies and refugee situations. **Annual Review of Public Health**, v. 18, p. 283-311, 1997.

UN – UNITED NATION. **Mitigating natural disasters:** phenomena, effects and options. Ginebra: Oficina del Coordinador de Las Naciones Unidas para Casos de Desastres, 1991. 164p.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE NATURAL RESOURCES CONSERVTION SERVICE. **Global Desertification Vulnerability Map.** Washington: USDA, 2015. Disponível em: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2_054003>. Acesso em: 30 jan. 2015.

WITT, V. M.; REIFF, F. M. **La desinfección del agua a nivel casero en zonas urbanas marginales y rurales**. Washington: [s.n.], 1993. (Serie Ambiental, n. 13).

11 Orientações básicas para obras de saneamento

11.1 Introdução

A implantação de infraestrutura de saneamento é uma das necessidades básicas ao desenvolvimento de uma sociedade e tem grande importância devido ao impacto significativo nas condições sanitárias das áreas beneficiadas. Deve ser concebida de forma sustentável e proporcionar a melhoria das condições de vida da população.

O bom desempenho de uma obra de engenharia depende de inúmeros fatores, entre os quais se destacam:

- Elaboração de projeto adequado às necessidades e à realidade da população a ser atendida.
- Utilização de produtos (materiais, equipamentos e acessórios) de qualidade que atendam às normas vigentes e aos requisitos especificados em projeto.
- Execução planejada que resulte em obra econômica, segura, durável e que atenda aos anseios da população.

A participação dos profissionais da área de engenharia na elaboração do projeto, no acompanhamento e na fiscalização da execução das obras visa garantir aos empreendimentos de saneamento os pressupostos básicos da economicidade, da segurança, da viabilidade técnica, da observância ao estrito cumprimento e funcionalidade do objeto, e, sobretudo, o pronto atendimento ao interesse coletivo.

11.2 Conceitos

Obra de engenharia pode ser entendida como a ação de construir, reformar, fabricar, recuperar ou ampliar um bem, na qual seja necessária a utilização de conhecimentos técnicos específicos envolvendo a participação de profissionais legalmente habilitados para sua execução.

Para efeito deste manual, conceitua-se por:

- **Construir** – consiste no ato de executar ou edificar uma obra nova.
- **Ampliar** – produzir o aumento da área construída ou de quaisquer dimensões de uma obra que já exista.
- **Fabricar** – produzir ou transformar bens de consumo ou de produção por meio de processos industriais ou de manufatura.
- **Recuperar** – tem o sentido de restaurar, de fazer com que a obra retome suas características anteriores abrangendo um conjunto de serviços.
- **Reformar** – consiste em alterar as características de partes de uma obra ou de seu todo, desde que se conserve as características de volume ou área sem acréscimos, mantendo ou não a função de sua utilização atual.

Serviço de engenharia é toda a atividade que necessite da participação e acompanhamento de profissional legalmente habilitado, tais como: consertar, instalar, montar, operar, conservar, reparar, adaptar, manter, transportar ou demolir, incluindo as atividades de projetos e planejamentos, estudos técnicos, pareceres, perícias, avaliações, assessorias, consultorias, auditorias, fiscalização, supervisão e gerenciamento.

São consideradas obras de saneamento básico investimentos realizados em: sistema de abastecimento de água (SAA), sistema de esgotamento sanitário (SES), sistema de drenagem de águas pluviais urbanas e manejo de resíduos sólidos.

Em engenharia, um empreendimento de construção pode ser considerado como sendo um conjunto de ações que abrangem todas as etapas, desde a sua concepção até a entrega final da obra. São consideradas obras públicas as construções, as reformas, a fabricação, a recuperação e as ampliações de bens públicos em que o estado desempenha o papel de contratante ou proprietário.

A construção sustentável é uma condição essencial para o alcance do desenvolvimento da sociedade. Para isso, é necessário preocupar-se com a sustentabilidade de todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento. O conceito de construção sustentável apresenta diferentes abordagens, mas identifica como essenciais os aspectos econômicos, sociais e culturais da construção, com relevância aos impactos ecológicos da construção, como a preservação de recursos naturais.

11.3 Fundamentos matemáticos usados em projetos e obras de engenharia

11.3.1 Unidades de medidas

A necessidade de medir é muito antiga e remete às origens das civilizações. Por longo tempo, cada povo teve o seu próprio sistema de medidas, a partir de unidades arbitrárias e imprecisas, como, por exemplo, aquelas baseadas no corpo humano: palmo, pé, polegada, braça, côvado. Entretanto, isso criava muitos problemas, principalmente para o comércio, porque as pessoas de uma região não estavam familiarizadas com o sistema de medidas das outras regiões.

No fim do século XVIII foi apresentado na França o Sistema Métrico Decimal, que uniformizava as medições adotando inicialmente três unidades básicas de medida: o metro, o quilograma e o segundo. Posteriormente, muitos outros países adotaram esse sistema, que evoluiu e consolidou-se no Sistema Internacional de Unidades (SI).

11.3.1.1 Sistema Internacional de Unidades (SI)

As unidades de medida legais utilizadas no Brasil são aquelas preconizadas pelo SI. Contam com sete unidades de base descritas nas seguintes grandezas: comprimento em metro (m), massa em quilograma (kg), tempo em segundo (s), corrente elétrica em ampere (A), temperatura termodinâmica em kelvin (K), quantidade de substância em mol (mol) e intensidade luminosa em candela (cd).

Os principais múltiplos e submúltiplos decimais dessas unidades são formados pelo emprego dos prefixos SI, descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Prefixos do Sistema Internacional de Unidades (SI).

Nome	Símbolo	Fator pelo qual a unidade é multiplicada
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^{9} = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^{6} = 1\ 000\ 000$
quilo	K	$10^{3} = 1\ 000$
hecto	h	$10^{2} = 100$
deca	da	10
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$

Fonte: Inmetro, 2012.

As unidades de medida de uso mais comum no SI estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Unidades de medida de uso mais comum no SI.

	Grandeza	Nome	Símbolo
Unidades geométricas e mecânicas	Comprimento	metro	m
	Área	metro quadrado	m^2
	Volume	metro cúbico	m^3
	Ângulo	radiano	rad
	Tempo	segundo	s
	Frequência	hertz	Hz
	Velocidade	metro por segundo	m/s
	Aceleração	metro por segundo, por segundo	m/s^2
	Massa	quilograma	kg
	Massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m^3
	Vazão	metro cúbico por segundo	m^3/s
	Momento de inércia	quilograma metro quadrado	$kg.m^2$
	Força	newton	N
	Momento de uma força, torque	newton, metro	N.m
	Pressão	pascal	Pa
	Trabalho, energia quantidade de calor	joule	J
	Potência, fluxo de energia	watt	W
Unidades elétricas	Corrente elétrica	ampere	A
	Tensão elétrica, diferença de potencial	volt	V
	Resistência elétrica	ohm	Ω
	Potência aparente	volt-ampere	VA
Unidades térmicas	Temperatura termodinâmica	kelvin	K
	Temperatura Celsius	grau Celsius	^0C
Unidades óticas	Intensidade luminosa	candela	cd
	Fluxo luminoso	lúmen	Lm
	Iluminamento	lux	Lx

Fonte: Inmetro, 2012.

Quando escritos por extenso, os nomes de unidades começam por letra minúscula, mesmo quando trazem o nome de um cientista (exemplo: ampere e newton). Excetua-se o grau Celsius (^0C), que é o nome especial para o kelvin usado para declarar valores de temperatura na escala Celsius; 1^0C corresponde a 1 K.

Na expressão do valor numérico de uma grandeza, a respectiva unidade pode ser escrita por extenso ou representada pelo seu símbolo (exemplo: quilovolts por milímetro ou kV/mm).

11.3.1.2 Unidades não pertencentes ao SI

É reconhecido que algumas unidades fora do SI ainda são utilizadas em publicações científicas, técnicas e comerciais, e continuarão em uso ainda por muitos anos, por estarem enraizadas na história e na cultura humana, conforme Tabela 3. A Tabela 4 apresenta a conversão de medidas inglesas e americanas em unidade do SI.

Tabela 3 – Unidades fora do SI e aceitas para uso no SI.

Grandeza	Nome da unidade singular (plural)	Símbolo da unidade	Valor em unidades SI
Tempo	minuto (minutos)	min	1 min = 60 s
	hora (horas)	h	1 h = 60 min = 3600 s
	dia (dias)	d	1 d = 24 h = 86400 s
Ângulo plano	grau (graus)	º	$1^0 = (\pi/180)$ rad
	minuto (minutos)	′	$1' = (1/60)^0 = (\pi/10800)$ rad
	segundo (segundos)	″	$1'' = (1/60)' = (\pi/648000)$ rad
Área	hectare (hectares)	ha	1 ha = 1 hm^2 = 10^4 m^2 = 10000 m^2
Volume	litro (litros)	L ou l	1 L = 1 l = 1 dm^3 = 10^3, cm3 = 10^{-3} m^3
Massa	tonelada (toneladas)	t	1 t = 10^3 kg

Fonte: Inmetro, 2012.

Tabela 4 – Conversão de medidas inglesas e americanas em unidade do SI.

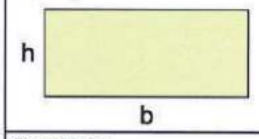
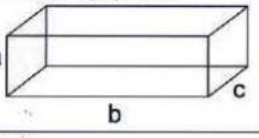
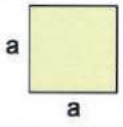
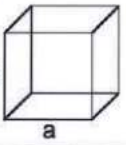
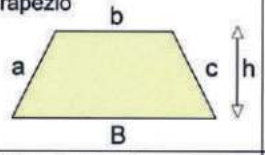
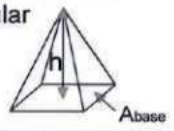
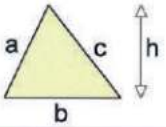
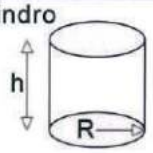
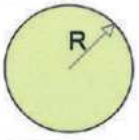
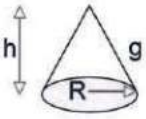
Símbolo	Unidade	Multiplicar por	Para obter
In. ou ″	*inch* (polegada)	2,54	cm
ft. ou ′	*foot* (pé)	0,3048	m
yd.	*yard* (jarda)	0,9144	m
Ml	*statute mile* (milha terrestre)	1,6093	km
naut.ml	*sea mile* (milha marítima)	1,85315	km
sq.in.	*square inch* (polegada quadrada)	6,451	cm^2
sq.ft.	*square foot* (pé quadrado)	0,0929	m^2
Acre	acre	0,40468	ha
cu.in.	*cubic inch* (polegada cúbica)	16,383	cm^3
cu.ft.	*cubic foot* (pé cúbico)	0,028315	m^3
gal.	*imperial gallon* (galão)	4,5435	L
	american gallon	3,785	L
	pint	0,5679	L
	pint americano	0,4732	L
oz.	*ounce* (onça)	28,35	g
lb.	*pound* (libra)	0,4536	kg
ton.	*long ton.* (tonelada inglesa)	1,01605	T
ton.	*short ton.* (tonelada americana)	0,90718	T
psi.	*pounds per square inch*	0,07031	kg/cm^2
HP	*horse power*	1,014	CV
BTU	*british thermal unit*	252	cal
F	*fahrenheit*	(5/9).(^{0}F - 32)	^{0}C

Fonte: Inmetro, 2012.

11.3.2 Figuras geométricas

As figuras geométricas são utilizadas em todos os ramos da engenharia. Neste capítulo são trazidas apenas algumas figuras planas e sólidos geométricos usuais em projetos e obras (Tabela 5).

Tabela 5 – Figuras planas e sólidos geométricos usuais em projetos e obras.

FIGURAS GEOMÉTRICAS	PERÍMETRO	ÁREA	FIGURAS GEOMÉTRICAS	ÁREA SUPERFICIAL (A)	VOLUME (V)
Retângulo 	2h + 2b ou 2.(h + b)	b.h	Paralelepípedo 	2.(a.b+b.c+a.c)	a . b . c
Quadrado 	4.a	a . a = a²	Cubo 	6.a²	a³
Trapézio 	a+b+c+B	h.(b+B)/2	Pirâmide de base retangular 	4 Atriangular + Abase	1/3 (Abase . h)
Triângulo Escaleno 	a + b + c	b.h/2	Cilindro 	Alateral = 2.π R.h Abase = π R² Atotal=2.Abase+Alateral	Abase = π R² Vtotal = Abase.h Vtotal = π R².h
Circunferência 	2 π R	π R²	Cone circular reto 	Alateral = π R.g Abase = π R² Atotal=Abase+Alateral g = geratriz	Abase= π.R² Vtotal=⅓(Abase.h) Vtotal=⅓(π.R².h)

11.4 Gerenciamento técnico da obra

Uma obra de engenharia é uma atividade com alto grau de complexidade e tem a finalidade de transformar matéria-prima e energia em um determinado produto que atenda às necessidades de um grupo social, utilizando mão de obra qualificada. Diante disso, é essencial o uso de ferramentas de gestão aplicadas.

O gerenciamento da execução de empreendimentos engloba os processos de planejamento, programação, execução e controle de forma sistematizada. O planejamento define as diretrizes gerais, ou seja, o que fazer, qual a sequência e quando. A programação corresponde ao detalhamento das atividades, determina onde, quanto e quais os recursos envolvidos. A execução diz respeito ao desempenho das atividades para a consecução do objeto, e o controle verifica a ocorrência ou não de desvios a serem corrigidos, preferencialmente durante a execução do empreendimento.

Princípios fundamentais passaram a nortear o gerenciamento das obras, como o da melhoria contínua, que prega que todo o processo deve ter controle permanente que permita a aferição do desempenho dos meios empregados e promova alteração de procedimentos de tal modo que seja possível alcançar as metas necessárias.

O princípio da melhoria contínua é bem ilustrado pelo ciclo PDCA, que inclui um conjunto de ações ordenadas interligadas entre si: P (*plan* = planejar); D (*do* = fazer, desempenhar); C (*check* = checar, controlar); A (*act* = agir, atuar).

a) **P de planejar**.

Nessa etapa, entra em cena a equipe de planejamento da obra, que busca antever a lógica construtiva e suas interfaces, gerando informações de prazos e metas físicas. O planejamento pode ser subdividido em três setores:

- **Estudar o projeto** – envolve análise dos projetos, visita técnica ao local da obra, identificação e avaliação de interferências e outros.
- **Definir a metodologia** – envolve a definição dos processos construtivos, o plano de ataque da obra, a sequência das atividades, a logística de materiais e equipamentos, a consulta a documentos de obras similares, entre outros.
- **Gerar o cronograma e as programações** – consiste em coordenar as informações de modo que a obra tenha um cronograma racional e factível. Essa etapa leva em consideração os quantitativos, as produtividades adotadas no orçamento, a quantidade disponível de mão de obra e a influência meteorológica local.

b) **D de desempenhar (fazer).**

Representa a materialização do planejamento no campo. Pode ser subdividido em:

- **Informar e motivar** – esclarecer e envolver a equipe quanto ao planejamento e às programações de serviços, o método a ser empregado, a sequência das atividades e as durações previstas.
- **Executar a atividade** – consiste na realização física da tarefa. Executar é cumprir o que foi planejado para o período em questão.

c) **C de checar**.

Representa a aferição do que foi efetivamente realizado e consiste em comparar o previsto com o realizado, apontar as diferenças relativas a prazo, custo e qualidade. É a etapa em que se manifesta o monitoramento e o controle do projeto, e pode ser subdividido em dois setores:

- **Aferir o realizado** – é a tarefa de apropriação de dados, na qual se compilam as quantidades de cada serviço efetuado no período.
- **Comparar o previsto e o realizado** – trata-se de um processo vital para o construtor, por ser a maior fonte de informação gerencial. Nessa etapa, detectam-se os desvios e os impactos que eles trazem, assim como os possíveis adiantamentos da obra.

d) **A de agir.**

Se os resultados obtidos no campo desviaram do planejado, ações corretivas devem ser implementadas a partir de opiniões e sugestões de todos os envolvidos no processo, contribuindo para a identificação de oportunidades de melhoria, aperfeiçoamento do método, detecção de focos de erro e mudança de estratégia.

Com finalidade preventiva, as causas de desvio devem ser investigadas e analisadas em detalhe. Quanto mais tempo passar sem que os focos de desvio sejam debelados, menor será o tempo hábil para correção.

11.4.1 Gerenciamento da obra como projeto

O gerenciamento de obra deve ser considerado como um dos requisitos fundamentais para garantir a melhor aplicação do investimento em um empreendimento. O projeto compõe-se de quatro fases características:

a) **Fase de iniciação: concepção e viabilidade.**

Nessa fase, a missão e o objetivo são definidos, bem como as melhores estratégias são identificadas e selecionadas:

- **Definição do escopo** – processo de determinação do programa de necessidades, isto é, as linhas gerais do objeto a ser projetado e construído.
- **Formulação do empreendimento** – delimitação do objeto em lotes, fases, forma de contratação etc.
- **Estimativa de custos** – orçamento preliminar por meio da utilização de indicadores históricos.
- **Estudo de viabilidade** – análise de custo-benefício, avaliação dos resultados a serem obtidos em função do custo orçado, determinação dos custos requeridos ao longo do tempo.
- **Identificação da fonte orçamentária** – recursos próprios, públicos, empréstimos, linhas de financiamento, solução mista.
- **Anteprojeto e projeto básico** – desenvolvimento inicial do anteprojeto, com evolução até o projeto básico, quando passará a conter os elementos necessários para orçamento detalhado, especificações e identificação dos serviços necessários.

b) **Fase de planejamento.**

É a fase do detalhamento do empreendimento, incluindo cronogramas, interdependências entre atividades, alocação dos recursos envolvidos, análise de custos para ser executado sem dificuldades e imprevistos:

- **Projeto básico e projeto executivo** – detalhamento do projeto com inclusão de todos os elementos necessários à execução da obra.
- **Orçamento analítico** – composição de custos dos serviços, com relação de insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar.
- **Cronograma** – elaboração de cronograma de obra com definição de prazos, metas e marcos contratuais.

c) **Fase de execução.**

Materializa tudo o que foi planejado anteriormente, consumindo, nessa fase, a maior parte do orçamento e do esforço do projeto:

- **Obras civis** – execução dos serviços de campo, aplicação de materiais e utilização de mão de obra e equipamentos.
- **Montagens mecânicas e instalações elétricas e sanitárias** – atividades de campo.
- **Controle da qualidade** – verificar se os parâmetros técnicos e contratuais foram observados.
- **Administração contratual** – medições, diário de obras, aplicação de penalidades, aditivos ao contrato etc.
- **Fiscalização de obra ou serviço** – supervisão das atividades de campo, reuniões de avaliação do progresso, resolução de problema etc.

d) **Fase de finalização ou encerramento.**

Ao término da obra, os documentos do projeto são encerrados e é feita a avaliação por meio de auditoria interna ou externa:

- **Comissionamento** – colocação em funcionamento e testes de operação do produto final.
- **Inspeção final** – testes para recebimento do objeto contratado.
- **Transferência de responsabilidades** – recebimento da obra e destinação final do produto.

- **Liberação de retenção contratual** – caso a empresa contratante tenha retido dinheiro da empresa executante.
- **Resolução das últimas pendências** – encontro de contas, pagamento de medições atrasadas, negociações de pleitos contratuais e outros.
- **Termo de recebimento** – provisório e definitivo.

11.4.2 Planejamento

O planejamento constitui-se em um dos principais fatores para o êxito de empreendimentos de engenharia, seja público, seja privado. Planejar é pensar antes de agir, levar o futuro em consideração, olhar para frente, refletir sobre o futuro, prevenindo o indesejável.

O planejamento da execução de um empreendimento segue passos bem definidos e é marcado por objetivos de custos, prazos, qualidade e benefício social. Dessa forma, a obra tem um ciclo de vida transitório e predefinido, ou seja, apresenta começo, meio e fim.

Ao se planejar uma obra, adquire-se alto grau de conhecimento do empreendimento, o que permite ser mais eficiente na condução dos trabalhos. Os principais benefícios que o planejamento traz são:

- **Conhecimento pleno da obra** – impõe aos profissionais o estudo dos projetos, a análise do método construtivo, a identificação das produtividades consideradas no orçamento, a determinação do período trabalhável em cada frente de serviço.
- **Detecção de situações desfavoráveis** – permite-se tomar providências a tempo, adotar medidas preventivas e corretivas, e tentar minimizar os impactos no custo e no prazo.
- **Agilidade de decisões** – o planejamento e o controle permitem uma visão real da obra, servindo de base confiável para decisões gerenciais, como: mobilização e desmobilização de equipamentos, redirecionamento de equipes, aceleração de serviços, alteração de métodos construtivos, entre outros.
- **Relação com o orçamento** – ao usar as premissas de índices, produtividades e dimensionamento de equipes empregadas no orçamento, o profissional vincula orçamento com planejamento, tornando possível avaliar inadequações e identificar oportunidades de melhoria.
- **Otimização da alocação de recursos** – por meio da análise do planejamento, são tomadas decisões importantes, como nivelar recursos, protelar a alocação de determinados equipamentos.
- **Referência para acompanhamento** – o cronograma desenvolvido no planejamento é uma ferramenta importante para o acompanhamento da obra, ao permitir comparar o previsto com o realizado.
- **Padronização** – disciplina e unifica o entendimento da equipe, tornando consensual o plano de execução da obra.
- **Referência para metas** – programas de metas e bônus por cumprimento de prazos podem ser facilmente instituídos, porque há um planejamento referencial bem construído, sobre o qual as metas podem ser definidas.
- **Documentação e rastreabilidade** – por gerar registros escritos e periódicos, o planejamento e o controle propiciam a criação de uma história da obra, útil para resolução de pendências, resgate de informações, elaboração de pleitos contratuais, mediação de conflitos e arbitragem.
- **Criação de dados históricos** – serve de base para o desenvolvimento de cronogramas e planos de ataque para obras similares.
- **Profissionalismo** – o planejamento proporciona seriedade e comprometimento à obra e à empresa.

Consta do roteiro do planejamento a identificação das atividades, a definição das durações, a definição da precedência, a montagem do diagrama de rede, a geração do cronograma e a elaboração dos projetos.

11.4.2.1 Identificação das atividades

Após a definição precisa das características e diretrizes do empreendimento e do trabalho que precisa ser realizado para sua entrega, a identificação das atividades é a próxima etapa para elaboração do cronograma. A maneira mais prática de identificar as atividades é por meio da elaboração da Estrutura Analítica do Projeto (EAP), que consiste numa estrutura hierárquica que decompõe a totalidade da obra em pacotes progressivamente menores. O tamanho do pacote deverá ser feito conforme a necessidade de controle. A EAP tem a vantagem de organizar o processo de desdobramento do trabalho, permitindo que o rol de atividades seja facilmente checado e corrigido.

A EAP para construção de um sistema de abastecimento de água é exemplificada abaixo em três diferentes configurações: árvore, analítica (ou sintética) e mapa mental (Figura 1).

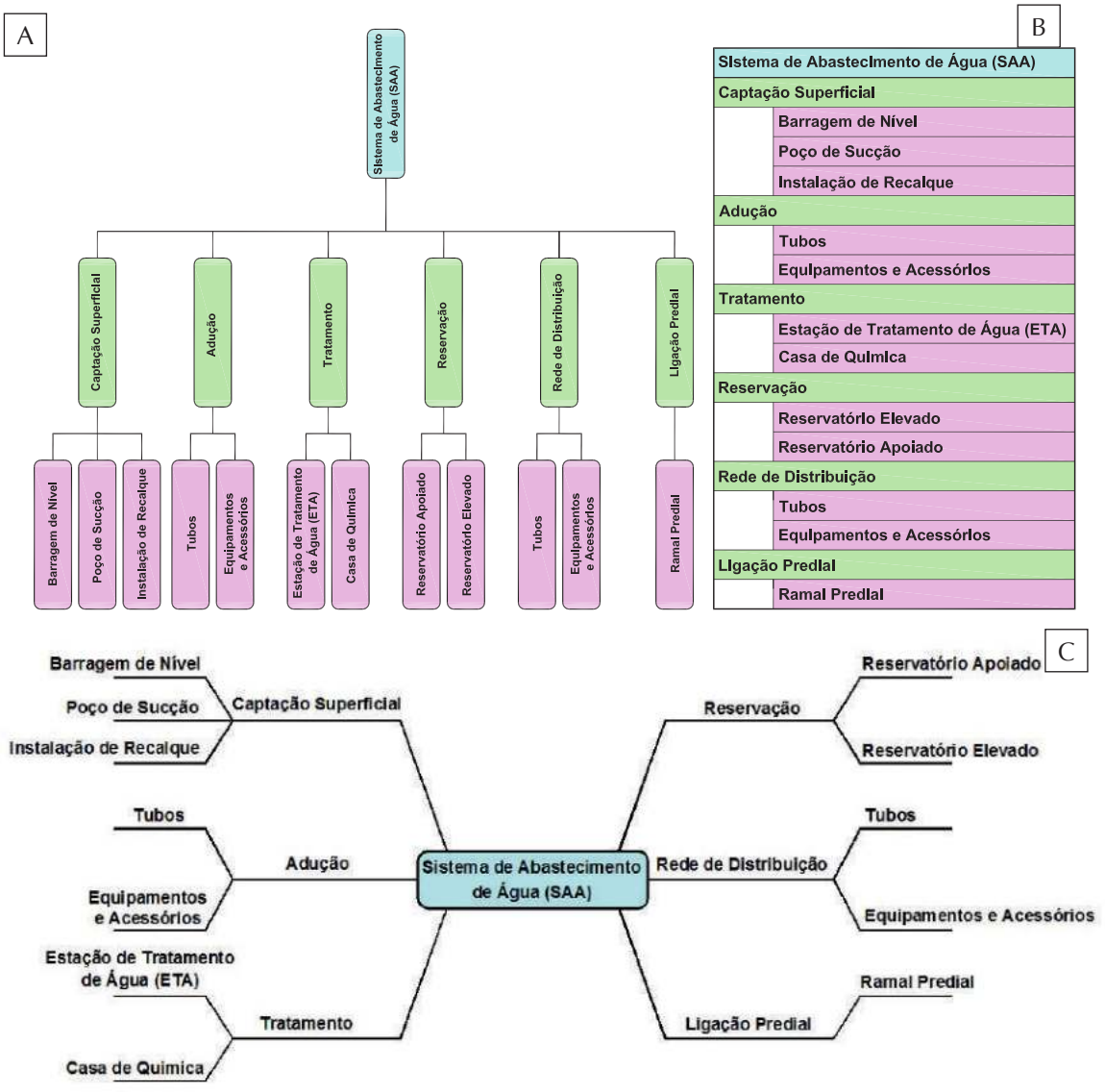


Figura 1 – Representação em árvore (A), analítica ou sintética (B) e mapa mental (C).

11.4.2.2 Definição das durações

Toda a atividade do cronograma precisa ter uma duração associada a ela. A duração é a quantidade de tempo – em horas, dias, semanas ou meses – que a atividade leva para ser executada.

Há tarefas que têm duração fixa, independentemente da quantidade de recursos humanos e equipamentos alocados (ex.: cura do concreto), e outras cuja duração depende da quantidade de recursos. Assim, por exemplo, uma atividade de escavação manual de valas de um determinado trecho pode ser realizada por dois serventes em 20 dias, ou por quatro serventes em 10 dias. A duração depende, portanto, da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados.

Para definir as durações das atividades, é necessário estimá-las isoladamente, baseando-se em parâmetros estabelecidos. Admitindo que o índice de um servente para escavação manual de valas com material de primeira categoria numa profundidade de até 1,50 m é de 3,50 h/m^3, podemos estimar a duração para realização de um serviço semelhante, com 300 m^3, com o seguinte cálculo:

$$\text{Duração} = \frac{300\ \text{m}^3 \times 3{,}50\ \text{h/m}^3}{4\ \text{serventes} \times 8\ \text{h/dia}} = 32{,}8\ \text{dias ou}\ 33\ \text{dias}$$

11.4.2.3 Definição da precedência

A precedência é a dependência entre as atividades ("quem vem antes de quem"), com base na metodologia construtiva da obra. Para cada atividade são atribuídas suas predecessoras imediatas, isto é, aquelas atividades que são condição necessária para que a atividade em questão possa ser desempenhada. Entretanto, as atividades sucessoras a outras iniciam imediatamente após a conclusão desta.

Ao montar o quadro sequencial de atividades, identifica-se aquelas iniciais, que são as que não possuem predecessoras, e as demais, que dependem de outras para iniciar ou terminar. Algumas devem obrigatoriamente ocorrer antes de outras, são as mandatórias; outras são definidas como predecessoras não obrigatórias, são as chamadas preferencial ou arbitrada. A Tabela 6 e a Figura 2 exemplificam as sequências das atividades.

Tabela 6 – Exemplo de quadro sequencial de atividades.

Código	Atividade	Predecessora
A	Locação da adutora	-
B	Escavação de vala	A
C	Assentamento de tubos	B
D	Reaterro compactado de valas	C
E	Cadastro de adutora	C



Figura 2 – Esquema de precedência entre as atividades.

11.4.2.4 Montagem do diagrama de rede

Uma vez criado o quadro sequencial com a lógica da obra e a duração de cada atividade, o passo seguinte é a representação gráfica das atividades e suas dependências lógicas, por meio de um diagrama de rede.

O diagrama de rede permite a visualização clara do inter-relacionamento entre as atividades e serve de matriz para o cálculo do caminho crítico pela técnica Pert/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*). Este método está pautado na teoria do caminho crítico e define as etapas de um empreendimento que não devem ser atrasadas, sob pena de criar dificuldades ou mesmo impossibilidade nos prosseguimentos de outras etapas a elas ligadas. A Figura 3 apresenta esquematicamente um exemplo de diagrama de rede.

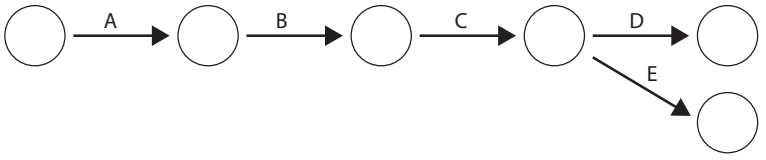


Figura 3 – Exemplo de diagrama de rede.

Elaborado o diagrama, passa-se à etapa de cálculos na rede, com o objetivo de obter a duração total do projeto. A sequência de atividades que produz o tempo mais longo é aquela que define o prazo total do projeto. A essas atividades dá-se o nome de atividades críticas, e o caminho que as une constitui o caminho crítico, o qual é representado no diagrama por um traço mais forte ou duplo.

Identificar o caminho crítico e monitorar suas atividades componentes é uma das principais tarefas do planejador e da equipe gestora da obra, pois o aumento de uma unidade de tempo em uma atividade crítica é transmitido ao prazo do projeto, motivo pelo qual atividades críticas não devem atrasar. Contudo, o ganho de tempo em uma atividade crítica reduz o prazo total do projeto.

11.4.2.5 Cronograma

O cronograma é, por excelência, o instrumento do planejamento no dia a dia da obra. Pode ser representado sob forma de gráfico de barras, também conhecido como diagrama ou cronograma de Gantt. É um método no qual o projeto é decomposto em atividades, que são posicionadas em escala, um instrumento que serve de administração, de programação e de controle, esquematizado por barras, em escala, que representam as atividades ou tarefas. Estas barras estão distribuídas numa escala de tempo e marcam o início e o fim de cada tarefa, sem estabelecer uma correlação entre elas (Tabela 7).

Tabela 7 – Exemplo de cronograma de obra.

Etapa da obra	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Estação de tratamento de água						
Adutora de água tratada						
Reservatório de distribuição						

11.4.2.6 Projeto de engenharia

A palavra projeto vem do latim *projectu*, significando plano para realização de um ato ou um empreendimento. De uma maneira geral, o projeto de um empreendimento é caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, destinados a atingir um objetivo claro e definido, conduzidos por pessoas dentro de parâmetros estabelecidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade.

Em engenharia, o projeto pode ser entendido sinteticamente como a representação gráfica e escrita com o orçamento de uma obra que se pretende realizar. Elaborar um projeto é, antes de mais nada, contribuir para a solução de problemas, transformando ideias em ações.

Os estudos e os projetos deverão ser desenvolvidos de forma harmônica e consistente, observando a não interferência entre os diversos elementos do empreendimento. Principais diretrizes de projeto:

- Captar ou compreender os desejos do interessado em relação ao empreendimento, o plano de desenvolvimento em que se insere, os incentivos e as restrições a ele pertinentes.
- Considerar a área de influência do empreendimento, relacionada com a população e a região a serem beneficiadas.
- Utilizar materiais e métodos construtivos adequados aos objetivos do empreendimento e às condições do local de implantação.
- Adotar solução construtiva racional, elegendo, sempre que possível, sistemas de modulação e padronização compatíveis com as características do empreendimento.
- Adotar soluções que ofereçam facilidades de operação e manutenção dos diversos componentes do sistema.
- Adotar soluções técnicas que considerem as disponibilidades econômicas e financeiras para a implantação do empreendimento.

11.4.2.6.1 Etapas de projeto de engenharia

Os projetos para construção de obras de engenharia são normalmente elaborados em três etapas sucessivas: anteprojeto, projeto básico e projeto executivo.

a) **Anteprojeto.**

Na fase de planejamento do empreendimento, é necessária a elaboração de anteprojeto que deve apresentar alguns elementos de arquitetura, de locação, das instalações em geral, de modo que seja possível conhecer o empreendimento e traçar as diretrizes a serem seguidas. Contudo, o anteprojeto não é suficiente para a perfeita caracterização da obra, pois não contém elementos e estudos que somente serão elaborados nos projetos básico e executivo.

b) **Projeto básico.**

Compreende o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequada, para caracterizar a obra ou o serviço, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos e levantamentos preliminares, que asseguram a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilita a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução. É constituído por um relatório técnico, contendo desenhos e plantas, memorial descritivo, memorial de cálculo, especificações técnicas dos materiais, equipamentos e serviços a serem empregados e/ou incorporados à obra, orçamento detalhado e cronograma.

c) **Projeto executivo.**

Apresenta os elementos necessários à realização do empreendimento, detalhando todas as interfaces dos sistemas e seus componentes. Além dos desenhos que representam todos os detalhes construtivos elaborados com base no projeto básico aprovado, o projeto executivo é constituído pelo relatório técnico, contendo a revisão e a complementação do memorial descritivo e do memorial de cálculo apresentados naquela etapa de desenvolvimento do projeto.

11.4.2.6.2 Elementos de um projeto

Os principais elementos que compõem um projeto são: projeto gráfico, memorial descritivo, memorial de cálculo, especificações técnicas, orçamento e cronograma.

a) **Projeto gráfico.**

É o conjunto de desenhos técnicos com representações em escalas adequadas delineando a obra a ser executada. Devem conter todas as informações que possibilitem a interpretação e a execução da obra. A forma de indicar cada parte constituinte do projeto deverá estar descrita na legenda em todas as plantas.

Em engenharia, o termo plantas geralmente se refere a vários desenhos reunidos em um conjunto organizado de desenhos técnicos, de modo a transmitir a maior quantidade possível de informação sobre um projeto que possa ser colocada no papel (ex.: planta de fundações, planta baixa, elevações, cortes, plantas de instalações elétricas e hidrossanitárias, detalhes, adutoras, perfis, locação, situação, projeto urbanístico, desapropriações e servidão).

O desenho técnico é uma representação precisa de algo que deve ser executado, define formas e medidas, além de especificar materiais, acabamentos, processo de execução e tudo que se tornar necessário para correta e segura condução, na execução de um projeto.

As peças gráficas devem ser representadas em escalas adequadas delineando a obra a ser executada, conter todas as informações que possibilitem a interpretação e a execução da obra, apresentar legendas e carimbos de identificação e ser apresentadas em papel de tamanhos e formatos padronizados. A Tabela 8 apresenta as escalas adequadas aplicáveis em alguns projetos de saneamento.

Tabela 8 – Escalas adequadas para elementos gráficos de Sistema de abastecimento de água, Sistema de esgotamento sanitário e Drenagem.

Descrição do desenho	Escala
Layout do sistema proposto e sistema existente	1:5.000 a 1:25.000
Planta de situação	1:5.000
Adutoras, interceptores, emissários, galerias e canais	Vertical – 1:100 a 1:200 Horizontal – 1:1000 a 1:2000
Redes de distribuição de água e redes coletoras de esgoto	1:1.000 a 1:2.000
Plantas de locação, interligações, urbanização, sessões e travessias	1:100 a 1:200
Plantas de cobertura, de nível e cortes	1:50
Detalhamento	1:10 a 1:25

b) **Memorial descritivo.**

Apresenta a concepção geral do sistema e a descrição de todas as unidades do empreendimento e da obra. No memorial descritivo deve constar informações referentes à solução técnica adotada, aos locais em que serão desenvolvidos os trabalhos, aos métodos executivos, à descrição do material a ser utilizado e à forma de implantação de cada etapa.

c) **Memorial de cálculo.**

São apresentados os critérios, os parâmetros, os gráficos, as fórmulas, os ábacos e os *softwares* utilizados na análise e no dimensionamento de cada um dos vários elementos que compõem a obra proposta quanto aos quantitativos dos itens que constam na planilha orçamentária, à resistência, à utilização e à durabilidade da obra, à compatibilidade da obra proposta com as demais obras porventura existentes e ao adequado dimensionamento do sistema, com vistas à verificação da garantia do funcionamento correto e ao cumprimento efetivo dos objetivos do empreendimento.

d) **Especificações técnicas.**

As especificações técnicas são representadas por um documento que caracteriza os materiais, os equipamentos e os serviços a serem utilizados na obra, visando a um desempenho determinado. Deverão ser elaboradas em conformidade com normas técnicas e práticas específicas, de modo a abranger todos os materiais, equipamentos e serviços previstos no projeto. Devem manter coerência entre o projeto básico/executivo e a planilha orçamentária; ser concisas, breves, usar linguagem simples e clara; ser dirigidas ao executante da obra; evitar expressões "tipo ou similar"; especificar materiais padronizados, sempre que possível; e incluir todos os serviços a executar.

e) **Orçamento e cronograma.**

O orçamento pode ser entendido como a relação discriminada de serviços com as respectivas unidades, quantidades, preços unitários, valores parciais e totais, resultantes das somas dos produtos das quantidades pelos preços unitários.

Na elaboração do orçamento detalhado é preciso: conhecer os serviços necessários para a exata execução da obra, que constam dos projetos, dos memoriais descritivos e das especificações técnicas; levantar com precisão os quantitativos desses serviços; elaborar as planilhas de composição de custo unitário dos serviços; calcular o custo direto da obra; estimar os custos indiretos e o lucro.

A curva ABC é uma importante ferramenta que auxilia o orçamento e o planejamento de obras. Baseado no teorema de Pareto, ela aponta quais são os itens que mais pesam no orçamento da obra, de modo que se destacam os insumos, a mão de obra e os equipamentos mais relevantes da planilha orçamentária, facilitando sua visualização e controle (Figura 4).

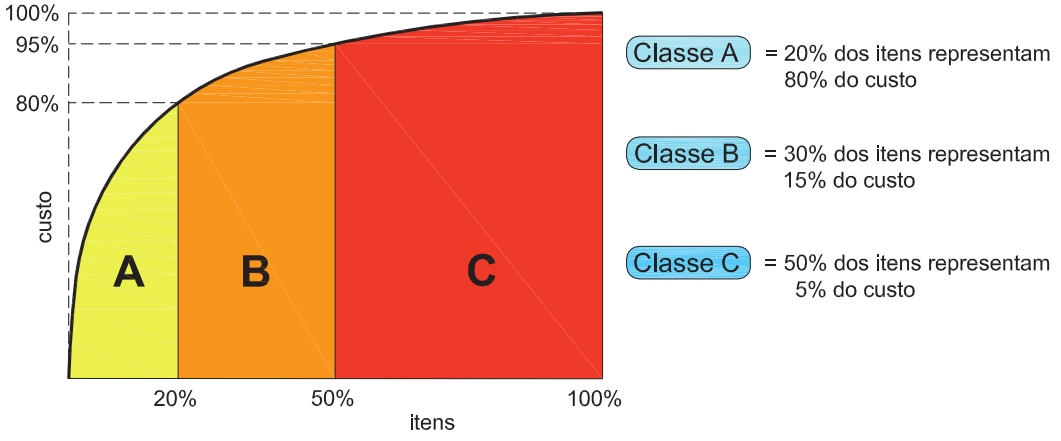


Figura 4 – Modelo de curva ABC.

Com a elaboração da curva ABC é possível estabelecer uma hierarquia de insumos e serviços, definir prioridades na negociação e nas cotações desses itens, buscar economia, atribuir responsabilidades ao gerente do empreendimento na sua negociação, e permitir uma avaliação contínua dos impactos das variações do custo durante a execução da obra.

O cronograma físico-financeiro é utilizado para relacionar os serviços a serem executados na obra, com seu respectivo peso financeiro em relação ao tempo de sua duração. Portanto, tem por objetivo programar o desenvolvimento da obra ao longo do prazo de construção, traduzindo a evolução física da obra em recursos financeiros. Contém os critérios de medição e pagamento definidos e deve estar em harmonia com o projeto básico, de forma que possa refletir o andamento e a realidade da obra ou do serviço.

f) **Plano de operação e manutenção.**

O plano de operação e manutenção consiste na apresentação de documentos que descrevem de maneira detalhada os procedimentos e as rotinas operacionais e de manutenção do equipamento construído. Além das atividades diárias dos operadores, deverão constar rotinas e paradas de manutenção, descrição de indicadores de gestão operacional e da manutenção, plano de inspeção dos equipamentos, plano de capacitação e treinamento de pessoal, plano de situações de emergência, medidas mitigadoras previstas no Estudo de Impactos Ambientais (EIA) e outros elementos pertinentes a cada tipo de empreendimento.

No caso de aterro sanitário, deve ser incluído o plano de encerramento do aterro com os procedimentos para manter a cobertura final do aterro. As estações de tratamento de esgoto e de água devem prever, obrigatoriamente, a capacitação para operação dos equipamentos eletromecânicos e procedimentos em situação de interrupção não programada, com o objetivo de minimizar os inconvenientes à população atendida.

g) **Plano de monitoramento e controle.**

Já o plano de monitoramento e controle descreve as rotinas e os procedimentos que serão adotados para o monitoramento operacional e ambiental do empreendimento. São estabelecidos os parâmetros de controle baseado em normas técnicas, ambientais e de saúde pública nessa fase, bem como detalha quais equipamentos são necessários e os responsáveis pelo monitoramento.

Esse elemento incorpora o monitoramento ambiental, previsto no EIA, o monitoramento dos processos operacionais e o monitoramento da qualidade da prestação do serviço à comunidade atendida. Alguns serviços complementares poderão ser exigidos para garantir a eficiência do controle, como a emissão de laudos técnicos especializados.

11.4.2.7 Responsabilidade, desenvolvimento e apresentação de projetos

Os projetos deverão ser desenvolvidos em conformidade com as leis, normas técnicas e práticas estabelecidas para cada área da engenharia, sob a responsabilidade de profissionais ou empresas legalmente habilitados. Os trabalhos deverão ser realizados obedecendo às etapas estabelecidas, de modo a evoluírem gradual e continuamente em direção aos objetivos previstos, reduzindo os riscos de perdas e retrabalhos.

11.4.2.8 Diretrizes para elaboração ou contratação de projeto de saneamento

O Termo de Referência (TR) é o conjunto de informações e prescrições estabelecidas com o objetivo de definir e caracterizar as diretrizes, o programa e a metodologia relativos a um determinado trabalho ou serviço a ser executado.

Neste item serão abordados apenas os principais tópicos que devem constar no TR para balizar a elaboração ou a contratação de um projeto técnico de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos), como o diagnóstico e os estudos de concepção e viabilidade, o Relatório Técnico Preliminar (RTP), os serviços de campo necessários para elaboração dos projetos básicos e executivos e o licenciamento ambiental, ressaltando que as especificidades de cada área devem ser particularizadas conforme o caso.

11.4.2.8.1 Relatório Técnico Preliminar (RTP)

Para elaboração de um projeto, deverão ser levantadas informações que permitam conhecer a área de abrangência e suas características ambientais, sociais, econômicas e culturais. O diagnóstico situacional e os estudos de concepção e viabilidade são os passos iniciais consolidados no RTP. Este deverá apresentar alternativas de concepção do empreendimento, comparando a viabilidade de cada uma baseada em critérios predefinidos e apontando aquela a ser adotada.

- **Diagnóstico da situação atual.**

a) Diagnóstico da situação atual: compreende os estudos preliminares para reconhecimento do município/localidade(s), abrangendo os aspectos sociais, econômicos, ambientais e políticos (legal e institucional), a caracterização física, operacional, administrativa e financeira. Deverão ser consultados dados e estatísticas oficiais em instituições como companhias de saneamento básico, prefeitura, órgãos ambientais municipal, estadual e federal, companhia de energia elétrica, dentre outros.

b) Caracterização básica dos sistemas existentes:

- Sistema de abastecimento de água – mananciais superficiais e subterrâneos, captações, condutos adutores e subadutores, estações elevatórias (casa de bombas e instalações e equipamentos), reservatórios, estações de tratamento (características gerais, casa de química, unidades de tratamento, equipamentos dosadores e de laboratório, operação e manutenção), rede de distribuição, válvulas, comportas e demais aparelhos, sistemas elétricos e de automação, vias de acesso, despesas com operação de cada parte do sistema e ligações prediais.
- Sistema de esgotamento sanitário – redes coletoras e interceptores, estações elevatórias, linhas de recalque, emissários, estação de tratamento e corpo receptor dos efluentes.
- Sistema de drenagem pluvial urbana – rede coletora (tipo e diâmetros das tubulações), poços de visitas (PVs), interferências com outras infraestruturas, bocas-de-lobo, caixas de passagens, lançamentos, alas, dissipadores de energia.
- Resíduos sólidos – processos de coleta (tipo, frequência, tipos de equipamentos utilizados), volumes gerados, existência de coleta seletiva, unidades de reciclagem e inserção de catadores em forma de associações ou cooperativas, transporte (distâncias percorridas) e disposição final dos rejeitos em aterros sanitários licenciados (localização e porte), existência de disposição a céu aberto em lixões, dentre outros aspectos.

c) Cadastro físico das unidades passíveis de aproveitamento – levantamento cadastral das obras existentes que poderão ser integradas ao novo empreendimento.

- **Estudo de concepção e viabilidade.**

O estudo de concepção e viabilidade deverá contemplar seleção e desenvolvimento das alternativas com indicação da melhor solução sob o ponto de vista técnico, econômico, financeiro, ambiental e social, constando de estimativas de custos das alternativas elencadas, com a apresentação da concepção adotada, bem como indicação de serviços de campo necessários para o desenvolvimento dos projetos básico e executivo e dos estudos ambientais. São elementos do estudo de concepção e viabilidade:

a) Delimitação e caracterização da área de abrangência do empreendimento: definição das zonas residenciais, comerciais e industriais e o padrão de ocupação atual e futuro de cada zona; densidades demográficas; previsão de expansão da cidade; estudo de zona de pressão; presença de lençol freáticos, dentre outras.

b) Levantamento cartográfico: os elementos cartográficos utilizados para a elaboração dos estudos de concepção podem ser constituídos de mapas, fotografias aéreas, levantamentos aerofotogramétricos ou planialtimétricos.

c) Estudos de projeção populacional baseados em dados censitários: o horizonte dos estudos populacionais geralmente é 20 anos a partir do ano 1 de operação do empreendimento. Deverão ser avaliadas as extrapolações de tendências de crescimento definidas por dados estatísticos suficientes para constituir uma série histórica, aplicando modelos matemáticos (mínimos quadrados ou outro, desde que devidamente justificado) aos dados censitários. Uma curva que melhor se ajusta aos dados censitários deve ser escolhida como representativa de crescimento futuro àquela. Outros métodos podem ser utilizados, como a aplicação à última população conhecida da comunidade em estudos das mesmas tendências verificadas em comunidades com características análogas às das comunidades em estudo. As populações flutuantes e temporárias devem ser avaliadas nesse estudo.

d) Estudos de demandas a partir de parâmetros normatizados ou, preferencialmente, obtidos no local: para a determinação da demanda de água, devem ser considerados, sempre que possível, dados operacionais do local. Além das ligações residenciais, os estabelecimentos comerciais, industriais e públicos devem ter seus consumos avaliados com base no histórico das economias medidas e por meio de estimativa de consumo para as economias não medidas.

e) Serviços de campo: são necessários para subsidiar a elaboração dos projetos básicos e executivos e dos estudos ambientais. Compreendem principalmente os serviços topográficos, geotécnicos, geofísicos, geológicos e a análise da qualidade da água (manancial e/ou corpo receptor).

11.4.2.8.2 Projetos básico e executivo

Vencidas as fases de diagnóstico, estudos de concepção e viabilidade, elaboração do RTP e realização dos serviços de campo, é desenvolvido o projeto básico. O projeto executivo será elaborado após análise do projeto básico, atendendo a eventuais alterações/adequações e apresentando o detalhamento completo do projeto.

11.4.2.8.3 Estudos ambientais

São necessários para subsidiar o projeto como um todo e para o licenciamento junto aos órgãos ambientais competentes. Os estudos ambientais devem indicar e analisar a situação da localidade, observando o conjunto de fatores físicos, químicos, biológicos, culturais e socioeconômicos, avaliando os impactos que o projeto causará em um determinado espaço de tempo e propondo medidas mitigadoras, com vistas a minimizar os impactos negativos. Deverão ser elaborados de planos de monitoramento e controle das principais variáveis do sistema, como, por exemplo, da qualidade da água para abastecimento e do efluente tratado, que retornam ao meio ambiente.

A elaboração dos estudos ambientais deverá seguir as diretrizes do órgão ambiental responsável, com foco no atendimento das exigências, conforme o porte, o potencial poluidor e a localização do empreendimento, integrando as informações secundárias disponíveis sobre o meio socioeconômico e ambiental com informações do projeto e dados obtidos no campo por equipe multidisciplinar.

11.4.3 Administração e supervisão da obra

A execução de obras públicas poderá ser direta, quando o órgão público executa com a utilização de pessoal e equipamentos próprios, ou indireta, por meio da contratação de terceiros, e obedece a um conjunto de normas estabelecidas pelo estado. A Administração Pública deve programar a execução de um empreendimento plenamente funcional e, obrigatoriamente, a partir de um projeto básico elaborado.

Para que a execução dos serviços da obra esteja de acordo com os requisitos de qualidade, é imprescindível atender ao conjunto de normas técnicas estabelecidas. Em casos específicos, outros padrões podem ser utilizados, desde que haja o consentimento do contratante. Outros fatores são também relevantes, como a qualificação da mão de obra e a logística capaz de suprir a contento os materiais, os equipamentos, as ferramentas e os dispositivos de segurança necessários.

11.4.3.1 Diário de obra

O diário de obra é um importante instrumento de registro dos eventos que ocorrem durante a execução da obra. Possui formulário próprio e seu preenchimento deve ser diário. Nele constam a descrição das etapas em construção, as falhas detectadas pela utilização de materiais impróprios ou baixa qualidade do serviço, o descumprimento dos prazos e seus motivos e as solicitações de providências.

11.4.3.2 Equacionamento de soluções construtivas

Com frequência, situações não previstas no projeto ou nas planilhas orçamentárias implicam uma análise cuidadosa do caso. Tal situação exige uma reunião entre os interessados com o objetivo

de encontrar soluções, e, a depender da complexidade, pode exigir estudos complementares ou modificações no projeto. Em determinados casos a solução demanda a revisão da planilha orçamentária, a qual deverá ser submetida para aprovação pelo contratante.

11.4.3.3 Controles tecnológicos

Alguns serviços e materiais usados na obra podem condicionar o emprego de controles tecnológicos específicos com o objetivo de assegurar o atendimento rigoroso das especificações técnicas do projeto. É muito comum no caso de concreto e equipamentos diversos, e sua metodologia é estabelecida por norma técnica.

À medida que é necessário, conforme solicitação da fiscalização da obra ou definido por norma técnica, são emitidos laudos de controle por profissionais ou empresas devidamente qualificados, seguidos de relatórios claros e conclusivos. Os resultados apontados como não conforme são relevantes para que o técnico ou a empresa construtora indique medidas para correção. A fiscalização da obra somente poderá aceitar medições dos serviços se o controle tecnológico atestar a sua conformidade.

11.4.3.4 Relatório fotográfico da obra

Considerada como uma atividade essencial no registro dos eventos durante a execução da obra, a elaboração do relatório fotográfico deve ser feita em cada uma das etapas, de modo que fique demonstrada em um acervo digital e impressa a sua evolução. Esse relatório deve compor os relatórios de andamento da obra.

11.4.3.5 Boletim de medição

O boletim de medição tem a finalidade de quantificar o fornecimento de materiais e equipamentos, a execução de serviços efetivamente concluídos até a sua data, e seu custo correspondente, aceitos pela fiscalização da obra. Deve seguir critérios preestabelecidos, respeitando a itemização da planilha orçamentária, e, quando for o caso, deve estar acompanhado dos respectivos laudos de controle de qualidade.

Para sua elaboração são utilizados uma memória de cálculo, desenhos e croquis representando o local e os detalhes do serviço medido. Por vezes, são necessários serviços complementares para aferir os quantitativos medidos. Em todas as anotações devem constar as características dos serviços, as assinaturas dos responsáveis e da fiscalização da obra.

11.4.3.6 Necessidade de termos aditivos

Em razão de determinadas circunstâncias, pode haver necessidades de ajustes no cronograma físico-financeiro da obra. Entretanto, somente com o acompanhamento sistemático da fiscalização dela é possível se ter uma avaliação precisa do seu desenvolvimento até então e a real necessidade dos ajustes para a conclusão do empreendimento. Os termos aditivos poderão ser:

a) **De valor:** quando é necessário o aumento nos quantitativos serviços inicialmente propostos ou a incorporação de novos serviços.

b) **De prazo:** quando há necessidade de alteração do cronograma físico da obra, com comprometimento do prazo final previsto em contrato.

c) **De valor e prazo:** quando o aumento nos serviços inicialmente propostos ou a introdução de novos serviços implicar alteração do cronograma físico da obra, com comprometimento do prazo final previsto em contrato.

d) **De acréscimos e decréscimos de serviços, com ou sem alteração de valor contratual**: também chamados de aumento ou redução da meta física, com o objetivo de melhor aplicar o recurso financeiro disponível.

11.4.3.7 Cadastro do objeto como construído ("*as built*")

O cadastro do objeto como construído ou "*as built*" é a representação gráfica do objeto como ele foi realmente construído, alterado ou complementado. Esse cadastro é o acervo técnico que subsidiará a aprovação do objeto e, posteriormente, futuras ampliações, manutenções e operação do empreendimento.

11.4.3.8 Testes pré-operacionais e entrega da obra

Ao final da construção e montagem dos equipamentos, deverão ser realizados testes pré-operacionais por parte do responsável pela execução com o acompanhamento da fiscalização do contratante e da operação local. Nesse momento são registradas possíveis irregularidades da execução do empreendimento para que sejam feitos os ajustes e as correções necessários. É o chamado comissionamento da obra, ou seja, período contratual estabelecido para operação do empreendimento pela construtora, e assistida pelo contratante, com o objetivo de assegurar que os equipamentos e as instalações foram executados, operados e mantidos de acordo com os requisitos preestabelecidos.

Caso não haja irregularidades, deve ser emitido o termo de recebimento provisório da obra ou, quando for o caso, o termo de recebimento definitivo da obra, que certifica que foram cumpridas todas as etapas para conclusão e entrega do empreendimento.

11.4.4 Fiscalização e controle da obra

A fiscalização da execução da obra é a atividade exercida de modo sistemático pelo contratante e seus prepostos, objetivando a verificação do cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas, em todos os seus aspectos. O controle assegura a conformidade da obra ao projetado e sua eficiência reflete significativamente na qualidade, no tempo e nos custos da obra. Sua referência deve ser estabelecida no planejamento.

11.4.4.1 Fiscalização

A Administração Pública, quando contratante, deverá manter, desde o início da obra até o seu recebimento definitivo, uma equipe de fiscalização constituída por profissionais habilitados para o acompanhamento e o controle dos trabalhos realizados pela contratada. Entretanto, esta deverá facilitar, por todos os meios ao seu alcance, a ampla ação da fiscalização, permitindo o acesso aos serviços e obras em execução, bem como atendendo prontamente às solicitações que lhe forem efetuadas. Também é papel da fiscalização:

a) Manter um arquivo completo e atualizado de toda a documentação pertinente aos trabalhos.

b) Promover reuniões periódicas no canteiro de obras para análise e discussão sobre o andamento dos serviços, esclarecimentos e providências necessárias ao cumprimento do contrato.

c) Esclarecer ou solucionar incoerências, falhas e omissões eventualmente constatadas nos desenhos, nos memoriais, nas especificações e nos demais elementos de projeto, bem como fornecer informações e instruções necessárias ao desenvolvimento dos trabalhos.

d) Solucionar as dúvidas e questões pertinentes à prioridade ou à sequência dos serviços das obras em execução, bem como às interferências e às interfaces dos trabalhos da contratada com as atividades de outras empresas ou profissionais eventualmente contratados pelo contratante.

e) Paralisar ou solicitar o refazimento de qualquer serviço que não seja executado em conformidade com projeto, norma técnica ou qualquer disposição oficial aplicável ao objeto do contrato.

f) Solicitar a substituição de materiais e equipamentos que sejam considerados defeituosos, inadequados ou inaplicáveis aos serviços.

g) Solicitar a realização de testes, exames, ensaios e quaisquer provas necessárias ao controle de qualidade dos serviços objeto do contrato.

h) Exercer rigoroso controle sobre o cronograma de execução, aprovando os eventuais ajustes que ocorrerem durante o desenvolvimento dos trabalhos.

i) Aprovar partes, etapas ou a totalidade dos serviços executados, verificar e atestar as respectivas medições, bem como conferir, dar vista e encaminhar para pagamento as faturas emitidas pela contratada.

j) Solicitar a substituição de qualquer funcionário da contratada que embarace ou dificulte a ação da fiscalização ou cuja presença no local das obras seja considerada prejudicial ao andamento dos trabalhos.

k) Verificar e aprovar o "*as built*" elaborado pela contratada.

A fiscalização sistemática deverá exigir os relatórios diários de execução dos serviços e das obras, conhecido por Diário de Obra, com o registro do desenvolvimento dos trabalhos, como: entrada e saída de equipamentos, serviços em andamento, efetivo de pessoal, condições climáticas, visitas ao canteiro de obras e às atividades de suas subcontratadas.

11.4.4.2 Controle

O controle da obra dá-se quando a fiscalização observa os eventos que ocorrem durante a execução e toma todas as medidas necessárias para que esta seja entregue no prazo, atendendo aos requisitos estabelecidos no projeto.

É fundamental o acompanhamento do cronograma físico-financeiro, o qual poderá indicar a necessidade de ajustes nos prazos inicialmente definidos. Sempre que for necessário, solicitações de aditamento de prazo e/ou de recursos financeiros complementares poderão ocorrer, desde que devidamente justificados e fundamentados. Caso não haja recursos complementares disponíveis, a fiscalização poderá avaliar medidas para a redução de serviços que não venham a prejudicar a operação do empreendimento.

Outras ferramentas de controle da execução da obra permitem a melhor compreensão da evolução dos trabalhos e custos, e devem ser apropriadas pela fiscalização no seu exercício, a exemplo da curva S e da linha de balanço.

A curva S representa o avanço do percentual físico ou financeiro acumulado ao longo do tempo. Na fase de planejamento, a partir do cronograma estabelecido uma curva é projetada representando a alocação acumulada dos recursos ao longo do tempo de duração da obra, chamada de curva S do projeto. Durante a execução do empreendimento, a fiscalização deve avaliar o desempenho quantitativo e qualitativo da obra por meio do avanço "realizado", comparando-o com o "previsto" (Figura 5).

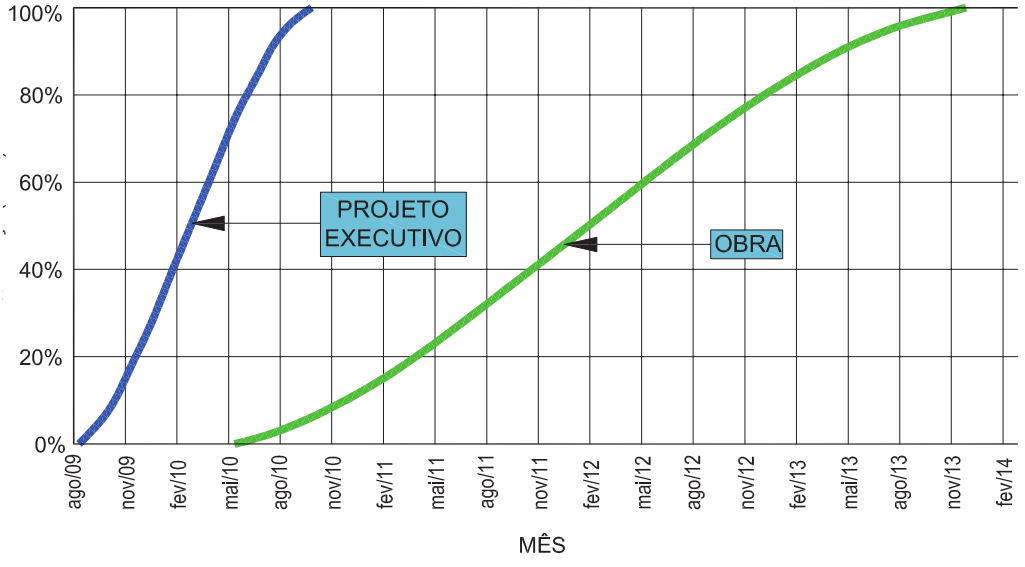


Figura 5 - Exemplo de curva S.

Fonte: Adaptado de Mattos, 2010.

A linha de balanço, também conhecida como diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento e controle desenvolvida para obras com ciclos de produção, aplicável no saneamento. Os serviços repetitivos são representados por retas traçadas em um gráfico "tempo x progresso". Suas inclinações correspondem ao ritmo empregado em cada etapa (Figura 6).

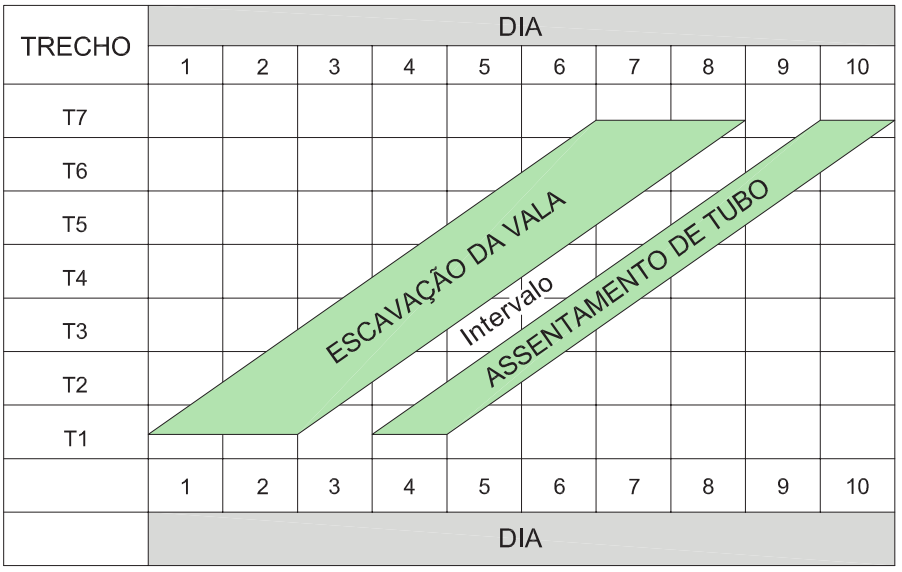


Figura 6 – Exemplo de linha de balanço em uma adutora.

Fonte: Adaptado de Mattos, 2010.

A Figura 6 ilustra o controle da execução de uma adutora dividida em sete trechos, cujo ciclo de trabalho consiste em serviços consecutivos realizados em cada trecho. A escavação da vala é realizada a cada dois dias por uma equipe, e o assentamento das tubulações é realizado por outra equipe no mesmo trecho após o intervalo de um dia.

O gerenciamento de todos os processos para implantação, ampliação, reforma, fabricação ou recuperação de um empreendimento é de fundamental importância para que seus objetivos sejam alcançados com a eficiência prevista e a eficácia esperada pelo investimento.

A aplicação das ferramentas de gestão apresentadas deve ocorrer acompanhada por profissional experiente, habilitado, e com conhecimento amplo do problema e da área de abrangência do empreendimento. Desse modo, é possível reduzir os riscos de não cumprimento dos prazos, alterações indesejadas nos custos e garantir a qualidade da obra.

11.5 Materiais empregados em obras de saneamento

Para garantir maior eficiência na aquisição e no emprego dos materiais mais usados em obras de engenharia em geral, com ênfase em saneamento, deverão ser definidos os princípios básicos para a escolha dos produtos, os elementos constituintes do material empregado, a forma de estocagem, o modo de usar e outros procedimentos.

11.5.1 Tubulações

As tubulações são importantes elementos construtivos em obras de infraestrutura sanitária e integram todas as etapas dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, de grande parte do sistema de drenagem pluvial urbana, e também nos aterros sanitários.

11.5.1.1 Critérios para escolha de tubulações

Na escolha do material da tubulação a ser utilizada nas obras de saneamento, vários fatores devem ser considerados, destacando-se:

- Propriedades do líquido transportado.
- Condições de serviço: pressão (incluindo picos e transientes), atmosfera corrosiva para tubulação exposta, carga do solo, capacidade de suporte e recalque, cargas externas e potencial corrosivo para a tubulação enterrada.
- Disponibilidade: tamanhos, espessuras e conexões.
- Propriedades do tubo: força estática e fadiga, resistência à corrosão, resistência à fricção de fluido do tubo ou revestimento interno.
- Economia: vida útil, manutenção, custo (fabricação e frete ao local) e custo dos reparos.
- Certificação de qualidade: recomenda-se a utilização de tubos certificados conforme normas vigentes.

11.5.1.1.1 Tubulações para coleta e transporte de esgoto

A tubulação para rede de esgoto sanitário trabalha como condutos de escoamento livre e na seleção do material das tubulações, de uma maneira geral, devem ser observados: características dos esgotos; resistência à abrasão e ao ataque químico; resistência às cargas externas; facilidade de transporte; disponibilidade de diâmetros necessários; custo do material; custo de assentamento; métodos aplicados na construção; e condições locais.

Na maioria dos casos, os tubos plásticos e cerâmicos atendem a essas condicionantes para os diâmetros médios e o concreto armado para os diâmetros grandes. Em casos especiais pode ser necessário o emprego de tubos de ferro fundido dúctil com revestimentos internos de plástico, borrachas, entre outros.

11.5.1.1.2 Tubulações para abastecimento de água

A tubulação para abastecimento de água trabalha como conduto forçado, e, na escolha do tipo de tubulação, deve-se considerar os aspectos técnicos, tais como vazão, rugosidade, resistências física e química às ações interna e externa, facilidade de montagem, manutenção, dentre outros, que devem assegurar a qualidade da obra e o desempenho satisfatório do sistema projetado. Os aspectos econômicos devem permitir a execução da obra de acordo com o planejamento e o cronograma previamente definidos, considerando-se, também, os custos de manutenção durante a vida útil da obra.

11.5.1.2 Materiais das tubulações

Os materiais das tubulações utilizadas nas obras de saneamento têm sido tubo cerâmico, concreto, plásticos, ferro fundido e aço. Os tubos de fibrocimento não são mais utilizados e os de ferro fundido cinzento foram substituídos pelos tubos de ferro fundido dúctil, muito embora existam em grandes extensões de redes em funcionamento.

11.5.1.2.1 Tubo cerâmico

Os tubos cerâmicos, também denominados manilhas de barro, são utilizados nas redes coletoras de esgoto. Os principais tipos de juntas utilizadas nas tubulações cerâmicas são: junta de argamassa de cimento e areia; junta composta de betume (semirrígida); junta de solo-cimento e junta elástica.

Os tubos cerâmicos apresentam excelente resistência à corrosão, não sendo atacados pelo ácido sulfúrico, inertes em relação ao solo, porém sua resistência mecânica é baixa, com facilidade de quebra durante o manuseio ou transporte.

11.5.1.2.2 Tubo concreto

Em todo o mundo, a principal alternativa para a construção de galerias de águas pluviais e esgotos sanitários urbanos são os tubos circulares de concreto. No Brasil, os tubos de concreto simples (sem armadura de aço) são fabricados com diâmetros variando entre 200 mm e 600 mm, e os tubos de concreto armado (com aço), são fabricados nos diâmetros de 200 mm a 2.000 mm, que podem ser em "ponta e bolsa" ou em "macho e fêmea", sendo os tubos circulares com geometria em ponta e bolsa os mais empregados.

Os tubos de concreto no sistema de esgotos sanitários são normalmente utilizados em emissários, interceptores e coletores tronco. A utilização de tubos de concreto não armados está limitada a vazões pequenas e diâmetros nominais inferiores a 600 mm. Já os tubos de concreto armado são utilizados com bastante frequência para diâmetros nominais superiores a 400 mm.

11.5.1.2.3 Tubulações de materiais plásticos

Existem materiais plásticos de PVC (policloreto de vinila), PE (polietileno) e PB (polibutileno), que são os mais utilizados para as redes de distribuição de água e de coleta de esgoto, e destacam-se pela baixa rugosidade da superfície interna, boa resistência química e resistência à corrosão.

a) **Tubulações de PVC.**

O PVC é um termoplástico obtido a partir de insumo proveniente do sal marinho (57%) e de fontes não renováveis, como o petróleo e o gás natural (43%).

Os tubos e as conexões de PVC rígidos aplicados para distribuição de água potável em redes enterradas são produzidos de acordo com normas específicas para tubos de ponta bolsa e anel (PBA) e de diâmetro compatível a ferro fundido (DeFoFo). Os tubos e as conexões PBA são fabricados na cor marrom, com juntas elásticas (JE), nos diâmetros nominais de 50 mm, 75 mm e 100 mm, nas classes 12, 15 e 20, para pressões de serviço (a 20^0C) de 0,60, 0,75 e 1,0 Mpa, e os tubos são produzidos em barras de aproximadamente 6 metros. Os tubos PVC DeFoFo são fabricados na cor azul, em barras de aproximadamente 6 metros, com juntas elásticas (JE) ou junta elástica integrada (JEI), nos diâmetros nominais de 100 mm a 500 mm, para pressão de serviço de 1,0 MPa (1º kgf/cm^2) (20^0C). Os tubos de PVC DeFoFo possuem a característica de terem o diâmetro externo compatível com o diâmetro externo dos tubos de ferro fundido, sendo, portanto, facilmente conectados às conexões e aos tubos de ferro fundido.

Os tubos de PVC devem ser transportados, apoiados e empilhados, tomando-se o cuidado especialmente com as extremidades (ponta e bolsa), para que não sejam danificadas, não devendo ser jogados ou arrastados no chão. Devem ser armazenados de forma adequada e as conexões e os demais acessórios e materiais para as juntas devem ser levados para a obra no momento da utilização.

b) **Tubulações de PE.**

O PE é um termoplástico com larga aplicação nas embalagens obtido pela polimerização do etileno na presença de catalizadores. Quando a polimerização ocorre à baixa pressão, obtém-se o polietileno de alta densidade (PEAD).

Os tubos de polietileno apresentam as seguintes vantagens: alta resistência ao impacto, maior flexibilidade, baixa rugosidade, menor número de juntas, alta resistência à corrosão e a agentes químicos, manuseio e instalação mais fáceis e rápidos. Os tubos de PEAD são largamente utilizados em ligações prediais de água e em coletores e emissários de sistemas de esgotos.

Os tubos de polietileno estão disponíveis em diâmetros que variam de 20 mm até 1.600 mm, sendo produzidos tipo ponta/ponta. Para diâmetros até 125 mm os tubos são fornecidos em bobinas ou barras, e para diâmetros superiores a 125 mm são fornecidos em barras de 6 ou 12 metros. As conexões podem ser produzidas por injeção ou a partir de segmento de tubos, para união por meio de conexões mecânicas, solda de topo ou solda por eletrofusão.

As juntas de compressão são um dos tipos existentes de junta mecânica, sendo, portanto, executadas por meio de montagem, e não soldagem. Estas conexões são compostas normalmente de duas bolsas nas extremidades, nas quais os tubos são encaixados e presos por um anel interno que impede seu deslocamento longitudinal. A estanqueidade é garantida por intermédio de anéis de borracha.

c) **Tubulações de ferro fundido cinzento e dúctil.**

O ferro fundido cinzento tem longa vida útil, boa resistência à compressão, facilidade de moldagem, resistência à corrosão, usinabilidade e resistência à fadiga, porém apresenta a desvantagem de ser frágil em relação ao ferro dúctil, podendo romper-se facilmente devido principalmente a choques originados durante o transporte, o manuseio e o assentamento ou originado por pedras ou outros materiais.

O ferro fundido dúctil, por meio de sua forma esferoidal da grafita, acrescenta a resistência à tração e ao impacto, elevado limite elástico, e ao alongamento, com a desvantagem de ser mais susceptível à corrosão.

Os tubos de ferro fundido dúctil são produzidos nas classes K 7 e K 9, para instalação de junta com flanges soldados e roscados, e em diâmetros que variam de 80 mm a 1.200 mm, sendo que as juntas podem ser dos tipos elástica (JGS), junta travada interna (JTI), junta travada externa (JTE) e junta mecânica (JM).

d) **Tubulações de aço.**

Os tubos são recomendados nos casos em que ocorrem esforços elevados sobre a linha, como em travessias diretas de grandes vãos ou subaquáticos, ou, ainda, quando se deseja uma tubulação com pequeno peso, com absoluta estanqueidade e grande resistência a pressões de ruptura. Devido à sua grande flexibilidade, os tubos de aço resistem aos efeitos de choques, deslocamentos e pressões externas.

A tubulação de aço geralmente é competitiva em comparação à tubulação de ferro fundido dúctil quando se trata de grandes diâmetros e pressões elevadas, sendo que suas principais vantagens são: vazamentos quase inexistentes quando soldados; baixa fragilidade; alta resistência às pressões internas e externas; e disponíveis para vários diâmetros e tipos de juntas. Como desvantagens, destacam-se: maior cuidado com o transporte e o armazenamento; cuidados com a dilatação térmica; dimensionamento adequado quando do colapso das paredes dos tubos; e pouca resistência à corrosão externa, necessitando de revestimentos especiais e proteção catódica.

Os tubos de aço são disponíveis no mercado, com ponta e bolsa, contendo junta elástica ou soldados, rebitados, sem costura e corrugados. São fabricados em diâmetros entre 150 mm e 2.500 mm, e sua aplicação torna-se mais vantajosa nas tubulações com diâmetros maiores que 800 mm. Esse tipo de material é utilizado principalmente em adutoras de sistema de abastecimento de água.

Nos casos das tubulações com ponta e bolsa com junta elástica, podem ser encontradas conexões próprias, com variações de diâmetro de 150 a 600 mm nas classes de pressões de PN-10, PN-16, PN-25, com revestimentos nas mesmas especificações dos tubos.

11.5.2 Geossintéticos

Denominação genérica de geotêxteis e produtos correlatos sintéticos. Os principais tipos de geossintéticos são:

- Geotêxtil: produto têxtil permeável, utilizado predominantemente na engenharia geotécnica.
- Geocomposto: produto formado pela associação de geotêxteis e/ou correlatos.
- Geogrelha: estrutura plana em forma de grelha constituída por elementos com função predominante de resistência à tração.
- Geomalha (geonet): estrutura plana, constituída de forma a apresentar grande volume de vazios, utilizada predominantemente como meio drenante.
- Geomembrana: manta ou membrana impermeável.

O prefixo geo vem sendo acrescentado aos nomes de alguns produtos correlatos, geralmente sintéticos utilizados predominantemente na engenharia geotécnica.

11.5.2.1 Material geotêxtil

É um material têxtil formado por filamentos contínuos, distribuídos aleatoriamente de modo a constituir uma manta, a qual adquire coesão e resistência por processo mecânico, químico ou térmico.

Os principais tipos de geotêxteis são:

- **Geotêxtil tecido** – material resultante do entrelaçamento de fios, filamentos, laminetes (fitas) ou outros componentes, segundo direções preferenciais, denominadas trama e urdume.
- **Geotêxtil não tecido** – material composto por fibras ou filamentos, orientados ou distribuídos aleatoriamente, os quais são interligados por processos mecânicos, térmicos e/ou químicos.
- **Agulhado** – material obtido pelo entrelaçamento mecânico das fibras ou filamentos por meio de agulhas dentadas.
- **Termofixado** – material submetido a processo térmico de estabilização da posição das fibras, à temperatura inferior à de fusão.
- **Termoligado** – material obtido pela ligação das fibras ou filamentos, mediante fusão parcial por aquecimento.
- **Resinado** – material obtido pela ligação das fibras ou dos filamentos por meio de produtos químicos.
- **Geotêxtil reforçado** – geotêxtil no qual são introduzidos elementos (costuras, fios de aço, fios sintéticos e outros) com a finalidade de melhorar suas propriedades mecânicas, cuja denominação deve indicar o processo de fabricação e o tipo de reforço.

As características básicas dos geotêxteis são a permeabilidade, a textura e a resistência. Destas decorrem as suas funções básicas de operação, que são:

- **Separação** – atua como barragem flexível entre dois materiais de características diferentes, garantindo a manutenção das propriedades inerentes a cada um deles, como, por exemplo: entre o subleito e a base granular em rodovias e aeroportos ou entre o subleito e a base granular em ferrovias.
- **Filtragem** – forma um sistema de equilíbrio com o solo, garantindo passagem livre de água sem perda de solo, como, por exemplo, na substituição de filtros granulares, na interface solo/gabiões ou no envelopamento de trincheiras drenantes.
- **Drenagem** – possibilita a condução de um fluido no plano de assentamento, como, por exemplo, em interceptadores de fluxo horizontal, drenos para líquidos ou gases, ou entre geomembranas em aterros sanitários.
- **Reforço** – aumenta a resistência de um sistema por meio de suas características mecânicas que faltam ao meio, como, por exemplo, sobre solos moles em estradas, aeroportos, ferrovias, aterros ou em aterros e paredes reforçadas.

11.5.3 Materiais empregados em edificações

Os materiais de construção empregados em edificações podem ser simples ou compostos obtidos diretamente da natureza ou resultado de processo industrial. O conhecimento dos materiais e suas propriedades é imprescindível para a orientação da escolha, que deve ser pautada pela qualidade e pelos aspectos técnicos, econômicos, estéticos e ambientais, dentre outros.

11.5.3.1 Agregados

Materiais granulares, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para o preparo de argamassa ou concreto utilizados em obras de engenharia. Estes materiais incluem, por exemplo, blocos, pedras, pedregulhos, cascalhos, seixos, britas, pedriscos, areias e outros. Podem ser classificados em natural, artificial, reciclado e especial.

- **Agregado natural** – material rochoso granular que pode ser utilizado tal e qual encontrado na natureza, podendo ser submetido à lavagem, à classificação ou à britagem.
- **Agregado artificial** – material granular resultante de processo industrial envolvendo alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original.
- **Agregado reciclado** – material granular obtido de processos de reciclagem de rejeitos ou subprodutos da produção industrial, da mineração ou da construção ou da demolição da construção civil, incluindo agregados recuperados de concreto fresco por lavagem, para uso como agregado.
- **Agregado especial** – material granular cujas propriedades podem conferir ao concreto ou à argamassa um desempenho que permita ou auxilie no atendimento de solicitações específicas em aplicações não usuais.

Segundo as dimensões das partículas, são classificados em agregados graúdo e miúdo. O agregado graúdo corresponde aos fragmentos que passam pela peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na malha de 4,75 mm (ex.: brita), e agregado miúdo quando esses fragmentos passam na peneira de 4,75 mm de abertura e ficam retidos na malha de 0,15 mm (ex.: areia).

Os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, duráveis e limpos e, não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possa afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

a) **Brita ou pedra britada.**

Agregado graúdo proveniente da desagregação das rochas em britadores, que, após passarem em peneiras selecionadoras, podem ser classificadas de acordo com sua dimensão média em: brita zero ou pedrisco (de 2 a 4,75 mm); brita 1 (de 4,75 a 12,5 mm); brita 2 (de 12,5 a 25 mm); brita 3 (de 25 a 50 mm) e brita 4 (de 50 a 75 mm).

Na confecção de concretos são exigidas as seguintes qualidades para brita: não conter substâncias nocivas, como torrões de argila, partículas que se fragmentam facilmente, material em estado de pó e materiais derivados do carvão em quantidades superiores aos limites máximos fixados em normas específicas; possuir resistência à compressão requerida do concreto; ter durabilidade e formato que possibilite melhor aderência.

b) **Seixo rolado.**

É naturalmente encontrado no leito dos rios e tem sido utilizado como agregado graúdo do concreto principalmente em regiões com deficiência ou escassez de brita; entretanto, seu formato arredondado e a superfície lisa representam deficiências quanto se trata da aderência mecânica com a matriz do concreto.

c) **Areia.**

Agregado miúdo obtido da desintegração de rochas. É chamada de areia natural quando resultante de ação de agentes da natureza; areia artificial, quando proveniente de processos industriais; areia reciclada, quando proveniente de processos de reciclagem; e areia de britagem, quando proveniente do processo de fragmentação mecânica de rocha. Quanto à granulometria, as areias naturais classificam-se em:

- Grossas: passam na peneira com abertura de malha de 4,8 mm e ficam retidas na malha de 2 mm. São indicadas para o preparo do concreto.
- Médias: passam na peneira com abertura de malha de 2 mm e são retidas na malha de 0,42 mm. São indicadas para alvenaria e emboços.
- Finas: passam na peneira com abertura de malha de 0,42 mm e ficam retidas na malha de 0,075 mm. São indicadas para reboco.

As areias utilizadas em concretos deverão ser isentas de sal, óleos, graxas, impurezas orgânicas e argila. Nunca utilizar areia de praia de mar por conter sal.

Um teste prático para uso da areia grossa em concreto consiste em esfregar uma amostra nas mãos, não devendo fazer poeira e nem as sujar. Além disso, observar a sonoridade desse processo. Recomenda-se também verificar o teor de umidade, pois, quanto maior a umidade destas, menor será o seu peso específico.

11.5.3.2 Aglomerantes

Os aglomerantes ou aglutinantes são os produtos ativos empregados para a confecção de argamassas e concretos. Apresentam-se geralmente sob forma de pó e, quando misturados com água, formam pastas que endurecem pela secagem e como consequência de reações químicas. Com o processo de secagem os aglomerantes aderem-se nas superfícies com as quais foram postos em contato. Os principais aglomerantes são: o cimento, o cal e o gesso.

a) **Cimento.**

Cimento Portland é a denominação mundial para o material usualmente conhecido na construção civil como cimento. Trata-se de um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, não se decompõe mais.

O cimento Portland é composto de clínquer (calcário e argila submetidos a temperaturas superiores a 1.300^{0}C) e de adições (ex.: gesso, escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos). O clínquer é o principal componente e está presente em todos os tipos de cimento. As adições podem variar de um tipo de cimento para outro, e são principalmente elas que definem os diferentes tipos de cimento.

Os principais tipos de cimento oferecidos no mercado, ou seja, os mais empregados nas diversas obras de construção civil, são o cimento Portland comum, o composto, o de alto-forno e pozolânico. São normalmente fabricados segundo as resistências à compressão de 25, 32 ou 40 MPa, obtidos após 28 dias de cura.

A água é a maior aliada do cimento na hora de confeccionar as argamassas e os concretos. Mas, antes disso, é a sua maior inimiga, pois, se o cimento entrar em contato com ela na estocagem, ele vai empedrar ou endurecer antes do tempo, inviabilizando sua utilização na obra ou fábrica de pré-moldados e artefatos de cimento. Portanto, é preciso evitar que o cimento estocado entre em contato com a água. Assim, recomenda-se empilhar o cimento sobre um tablado de madeira, montado a uma distância mínima de 30 cm do chão ou do piso, e não formar pilhas maiores que dez sacos.

b) **Cal.**

Produto de grande versatilidade produzido a partir de rochas calcárias, composto basicamente de cálcio e magnésio. A cal virgem e a cal hidratada são os tipos mais usados, sendo que, na construção civil, a cal hidratada é utilizada principalmente como componente fundamental no preparo de argamassas de assentamento e de revestimento. É utilizada também no preparo de tintas alcalinas.

A cal virgem não pode ser empregada diretamente, devendo ser extinta (hidratada) pelo menos 48 horas antes do uso. Para tanto, deve-se adicionar dois ou três volumes de água para cada um de cal, formando-se uma pasta branca de cal extinta, após certo tempo. As mãos não devem ter contato com ela, pois se trata de substância cáustica.

c) **Gesso.**

Produto obtido pela calcinação da gipsita constituído predominantemente de sulfato de cálcio. Suas propriedades específicas, como pega e endurecimento rápidos, plasticidade da pasta, lisura da superfície endurecida e estabilidade volumétrica, o tornam um aglomerante interessante nas edificações, gerando componentes com boa isolação térmica e resistência ao fogo. No Brasil, é mais utilizado como revestimento de paredes e na execução de painéis para divisórias e forros.

11.5.3.3 Materiais cerâmicos

Produtos cerâmicos são materiais de construção obtidos pela moldagem, pela secagem e pelo cozimento de argilas ou misturas de materiais que contêm argilas. Exemplos de produtos cerâmicos para a construção: tijolos, blocos, telhas, azulejos, ladrilhos, lajotas e manilhas.

11.5.3.3.1 Tijolos e blocos cerâmicos

Tijolos ou blocos cerâmicos são componentes básicos empregados nas construções em geral, principalmente em alvenaria de vedação ou estrutural.

a) **Tijolos cerâmicos.**

Os tijolos cerâmicos empregados em alvenaria são produzidos a partir da argila; por extrusão ou prensagem; geralmente sob a forma de paralelepípedo; queimados à temperatura que permita ao produto final atender às condições de uso com qualidade, apresentando coloração avermelhada. Podem ser maciços ou perfurados:

- Tijolo cerâmico maciço: possui todas as faces plenas de material, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área. As dimensões normatizadas são: 190 mm de comprimento, 90 mm de largura e altura variando em 57 e 90 mm.
- Tijolo cerâmico perfurado: semelhante ao maciço, que possui furos na vertical, ou, no máximo, três furos na horizontal.

b) **Adobe ou tijolo cru.**

É obtido da argila simplesmente seca ao ar ou ao sol, sem cozimento e usada em construções rústicas.

c) **Tijolos refratários.**

São refratários aqueles materiais capazes de suportar elevadas temperaturas. Os materiais refratários por excelência, entre outros, são as cerâmicas. Seu emprego faz-se necessário em temperaturas acima de 500 ^{0}C.

d) **Blocos cerâmicos.**

Os blocos cerâmicos possuem furos prismáticos e são utilizados em alvenaria de vedação e estrutural. Em alvenaria de vedação, são popularmente conhecidos como tijolos.

O bloco cerâmico para vedação é produzido para ser usado especificamente com furos na horizontal, mas também pode ser produzido para utilização com furos na vertical. Empregado nas alvenarias externas ou internas, não tem a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte. Já o bloco cerâmico estrutural possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm e é produzido para ser assentado com furos na vertical.

Os blocos também podem ser confeccionados com argamassa de cimento e areia. São largamente utilizados na construção civil em alvenaria estrutural ou de vedação, e suas dimensões usuais são 10 x 20 x 40 cm e 20 x 20 x 40 cm.

e) **Revestimentos cerâmicos.**

São placas usadas na construção civil para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas, em ambientes internos e externos. Recebem designações tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, grês, lajota, piso, entre outros.

O azulejo é o material mais usado no revestimento de banheiro, cozinha e lavanderias. É colocado diretamente sobre o emboço (massa grossa) e nunca em cima do reboco (massa fina). A massa para assentamento é composta de uma parte de cimento, uma parte e meia de cal e quatro de areia. Os azulejos devem ficar 24 horas submersos na água antes de serem assentados. Molhe a parede emboçada antes de receber a massa de assentamento. O azulejo é fixado sobre a massa ainda fresca,

usando, para isso, cimento e água (nata) para a perfeita colagem. As aplicações de revestimentos deverão obedecer às orientações dos fabricantes.

11.5.3.4 Madeira

Deve estar bem seca, livre de brocas e fendas. Sugestões para diversos tipos de uso:

- Andaimes, barracão e escoramento: madeira mais barata do local (pinho do Paraná de segunda).
- Formas de concreto: madeira barata, porém de boa de qualidade (pinho do Paraná, freijó, mandioqueira).
- Telhado e taco: madeira de lei bem seca (maçaranduba, sucupira, ipê, araribá).
- Porta e janela: madeira de lei bem seca (cedro, peroba, sucupira, imbuia, acaju, canela).
- Forro: cedro, canela, peroba.
- Caibros de estrutura que o sustenta, o mesmo que para a estrutura do telhado.
- Escada: madeira de lei (peroba ou sucupira).
- Portas e gradil: madeira de lei (peroba, angelim, ipê).
- Rodapé: madeira de lei (canela, peroba, sucupira, angelim).

11.5.3.5 Telha

É o artefato utilizado para cobertura das construções, fabricado com diversos tipos de materiais, como, por exemplo: cerâmica, concreto, metais (alumínio e zinco), plásticos (PVC e policarbonato), vidro e uma grande variedade de outros materiais e compostos.

11.5.3.6 Aço para concreto armado

Aço e ferro são produtos siderúrgicos usados em obras de engenharia cuja diferença entre ambos é o teor de carbono. O aço possui teor de carbono inferior a 2,0%, é passível de deformação plástica (ductilidade), permitindo que não se quebre quando dobrado para a execução das armaduras, enquanto no ferro, especialmente o fundido, este teor varia entre 2,0% e 6,70%. Portanto, o aço, e não o ferro, é a liga metálica mais utilizada em armaduras de concreto, ou seja, em obras estruturais.

Os produtos de aço para concreto estrutural podem ser divididos nos seguintes tipos: vergalhões para concreto armado (barras e fios); telas de aço soldado; fios e cordoalhas para concreto protendido; barras para concreto protendido e fibras de aço.

Os fios e as barras de aço utilizados nas estruturas de concreto são classificados em categorias, conforme o valor característico da resistência de escoamento (fyk). Nesta classificação, a unidade de medida está em kgf/mm^2, sendo os aços classificados como: CA 25, CA 40, CA 50 ou CA 60. As barras possuem diâmetro igual ou superior a 5 mm e são obtidas por laminação a quente, enquanto os fios apresentam o diâmetro igual ou inferior a 10 mm, obtidos por estiramento (trifilação). São comercialmente vendidos por peso e embalados em feixe (vara), feixe dobrado e rolo (Tabela 9).

Tabela 9 – Características físicas dos fios e das barras de aço usuais em construções.

Diâmetro ou bitola (mm)		Massa linear	Área da seção	Perímetro
Fios	Barras	(kg/m)	(mm^2)	(mm)
5,0	5,0	0,154	19,6	17,5
5,5	-	0,187	23,8	17,3
6,0	-	0,222	28,3	18,8
-	6,3	0,245	31,2	19,8
6,4	-	0,253	32,2	20,1
7,0	-	0,302	38,5	22,0
8,0	8,0	0,395	50,3	25,1
9,5	-	0,558	70,9	29,8
10,0	10,0	0,617	78,5	31,4
-	12,5	0,963	122,7	39,3

Fonte: ABNT, 1996.

11.5.3.7 Composições

Trata-se da mistura conveniente de diversos materiais.

11.5.3.7.1 Argamassa

É uma mistura homogênea de agregados miúdos (areia), aglomerantes (cimento ou cal) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento. A argamassa é bastante utilizada em assentamento de paredes e em revestimento de paredes, pisos e tetos, podendo ser confeccionada ou dosada com materiais disponíveis na própria obra ou a partir de produtos industrializados. A denominação da argamassa é dada em função do aglomerante, por exemplo: argamassa de cal, argamassa de cimento, argamassa mista (cimento + cal).

A argamassa industrializada vem ganhando mais espaço nas obras, devido à sua aplicabilidade específica ao serviço a ser executado, podendo ser principalmente: argamassa colante (assentamento de cerâmicas), argamassas para rejuntamento de cerâmicas, argamassa para assentamento de alvenaria de vedação e estrutural, argamassa para revestimentos interno e externo; argamassas de impermeabilização (monocomponentes e bicomponentes) e argamassas para reforço e recuperação estrutural.

O traço da argamassa é definido em função da relação entre as proporções de cimento e os outros materiais componentes (areia, cal, água, aditivos), e pode ser especificado em massa, volume ou peso. As proporções de cimento, cal e areia definem argamassas mais ou menos fortes, mais ou menos resistentes a agentes agressivos, em função da finalidade de uso.

A dosagem pode ser experimental ou não, dependendo do porte da obra. As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam traços práticos mais utilizados para vários aglomerantes e areia, e a Figura 7 apresenta a sequência para confecção da argamassa manualmente e com betoneira.

Tabela 10 – Argamassa de cal – unidade (m^3).

Especificações	Unidade	Traços			
		1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4
Cal	m^3	0,66	0,44	0,33	0,264
Areia	m^3	0,66	0,88	0,99	1,056
Água	lata (18 litros)	18,3	12,2	9,2	7,3

Tabela 11 – Argamassa de cimento – unidade (m^3).

Especificações	Unidade	Traços					
		1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
Cimento	kg	645	434	325	260	217	176
Areia	m^3	0,993	1,120	1,167	1,200	1,225	1,244
Água	lata (18 litros)	18,0	12,0	9,0	7,2	6,0	4,9

Tabela 12 – Argamassa de cimento – unidade (m^3).

Especificações	Unidade	Traços					
		1 : 8	1 : 9	1 : 10	1 : 11	1 : 12	1 : 13
Cimento	kg	163	144	130	115	100	93
Areia	m^3	1,244	1,260	1,275	1,288	1,302	1,312
Água	lata (18 litros)	4,5	4,0	3,6	3,2	2,8	2,6

Argamassa misturada a mão:



Argamassa misturada em betoneira:

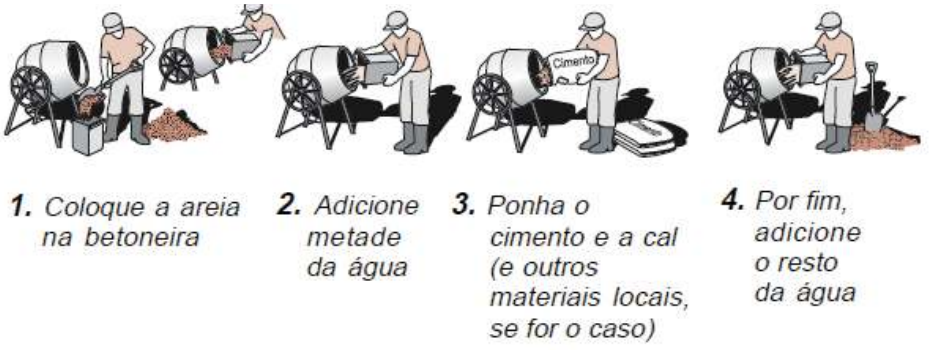


Figura 7 – Argamassa misturada manualmente e com betoneira.

Fonte: ABCP, 2002.

11.5.3.7.2 Concreto

O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (brita). Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas.

A composição do concreto varia de acordo com a finalidade do serviço a ser executado na obra, que pode ser racional (em laboratório) e experimental (empírico). A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalecentes durante a construção.

Traço ou dosagem é a indicação das proporções empregadas, com relação aos elementos componentes do concreto. A expressão 1 : a : p significa que, na confecção do concreto, devem entrar uma parte de cimento e, respectivamente, a e p partes de areia e pedregulho. A indicação de uma dosagem só será completa quando fizer referência à quantidade de água por unidade de medida de cimento. As Tabelas 13 e 14 apresentam diversos traços utilizados na confecção de concreto e suas aplicações.

Tabela 13 – Concreto – unidade (m^3).

Especificações	Unidade	Traços						
		1 : 2 : 3	1 : 2 : 4	1 : 3 : 3	1 : 3 : 4	1 : 3 : 5	1 : 3 : 6	1 : 4 : 8
Cimento	kg	344	338	260	250	240	217	194
Areia	m^3	0,78	0,76	0,75	0,70	0,654	0,59	0,554
Brita	m^3	0,73	0,79	0,75	0,80	0,852	0,92	1,013
Água	lata (18 litros)	9,5	9,4	7,2	7,0	6,6	6,0	5,4

Tabela 14 – Concreto e suas aplicações.

Aplicação	Traço	Rendimento por saco de cimento	Instruções de uso
Base para fundações e pisos	1 saco de cimento 8 ½ latas de areia 11 ½ latas de pedra 2 latas de água	14 latas ou 0,25 m^3	Este é o chamado "concreto magro", que serve como base para pisos em geral. Antes de receber o concreto magro, o solo deve ser nivelado e socado.
Fundações (alicerce)	1 saco de cimento 5 latas de areia 6 ½ latas de pedra	9 latas ou 0,16 m^3	O concreto da fundação não poderá ser colocado diretamente sobre a terra. Antes o solo deverá receber um lastro de "concreto magro" com cerca de 5 cm de espessura.
Pilares, vigas e lajes (para construções com até dois pavimentos)	1 saco de cimento 4 latas de areia 5 ½ latas de pedra 1 ¼ lata de água	8 latas ou 0,14 m^3	O escoramento e as fôrmas das lajes e vigas só devem ser retirados três semanas após a concretagem. Para os pilares, uma semana é suficiente.

Principais requisitos para um bom concreto:

a) **Resistência – para suportar cargas externas e esforços internos.**

Os principais fatores são:

- Fator água-cimento: a quantidade de água que se mistura ao cimento Portland é, basicamente, fator de controle na produção de resistência.
- Qualidade da água: a água não deve conter elementos que perturbem as reações relativas ao endurecimento, como quantidades nocivas de óleo, de materiais alcalinos ou orgânicos.
- Qualidade do agregado: além de ser resistente, durável e sem ação química nociva sobre o cimento, não deve levar para o concreto elementos estranhos, prejudiciais às reações do cimento ou que dificultem a aderência da pasta aos grãos de pedra.
- Mistura de concreto: uma boa mistura é indispensável para produzir um contato perfeito entre as partículas de cimento e de água.
- Idade: a resistência do concreto cresce com a idade.
- Cura: o cimento, ao reagir com a água, aumenta a temperatura, liberando calor, o que pode acarretar uma rápida retração do concreto, que provoca fissuras ou trincas. Por esse motivo, costuma-se proteger as obras de concreto, durante as primeiras semanas, irrigando-as abundantemente.
- Atividade: dependendo do fenômeno de endurecimento das reações dos elementos ativos do cimento com água, quanto maior a energia do cimento empregado, maior a resistência resultante para o concreto.

b) **Consistência plástica.**

O concreto deve apresentar mobilidade satisfatória para ser moldado, a fim de ocupar todo o volume das formas e deslizar facilmente entre os ferros da armadura, sem separação dos elementos que o compõem. Concretos de consistência não plástica são devidos à:

- Quantidade pequena de água.
- Quantidade muito elevada de água.
- Quantidade muito elevada de agregado.
- Proporção muito elevada de pedregulho ou de brita.

Deve-se fazer a correção da plasticidade pela variação da quantidade de agregado, e não pela adição de água.

c) **Impermeabilidade.**

Meios de obtê-la:

- Manter relação fraca de água-cimento: o excesso de água sacrifica a permeabilidade, em virtude do aumento de seus poros.
- Utilizar cimento em boas condições.
- Ter o máximo cuidado na cura.
- Evitar vazios pela escolha da consistência adequada.

O concreto armado é a estrutura que possui em seu interior armações feitas com barras de aço, necessárias para atender à deficiência do concreto em resistir aos esforços de tração, pois o concreto simples é mais resistente à compressão.

11.6 Considerações finais

Obras de saneamento bem projetadas, planejadas e executadas, associadas a uma correta gestão dos serviços, tendem a contribuir com o desenvolvimento da sociedade e a melhoria nos indicadores de saúde pública.

Referências bibliográficas

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo: ABCP, 2002. (BT-106).

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** agregado para concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

_____. **NBR 7480**: barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 9935**: agregados – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde - Funasa. **Orientações para execução de obras e serviços de engenharia pela Funasa**: manual técnico. Brasília: Funasa, 2006. 186p.

_____. _____. _____. **Manual de Saneamento.** Brasília: Funasa, 2007. 407p.

_____, _____ . _____. Manual de saneamento. 4.ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

_____. Portaria nº 590, de 2 de dezembro de 2013. Aprova a atualização do quadro geral de unidades de medida adotado pelo Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 dez. 2013a. Seção 1, p. 102.

_____. Tribunal de Contas da União. **Obras públicas**: recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras públicas. 3. ed. Brasília: TCU, 2013b. 94p.

_____. Secretaria de Estado de Administração e Patrimônio. **Manual de obras públicas**: edificações. [s.l.]: [s.d.].

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

IBRAOP – INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS. **Orientação técnica**: obra e serviço de engenharia (OT-IBR 002/2009). Florianópolis: IBRAOP, 2009. 9p.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Sistema Internacional de Unidades**. Duque de Caxias: Inmetro, 2012. 94p. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2015.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010. 420p.

PAIVA, A. **Método do caminho crítico**. [s.l.]: [s.n.], 2011. Disponível em: <http://gerentedeprojeto.net.br/?p=584>. Acesso em: 13 ago. 2014.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** (guia PMBOK). 5. ed. Newtown Square: [s.n.], 2013. 567p.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 643p.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos:** estabelecendo diferenciais competitivos. 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005. 250p.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar.** 10. ed. São Paulo: Pini – SindusCon, 2009. 769p.

12 Educação em saúde ambiental no saneamento

12.1 Introdução

As intervenções de educação em saúde ambiental no saneamento devem ser desenvolvidas de forma integrada, com a finalidade de contribuir para a promoção da saúde e qualidade de vida da população. A promoção da saúde resulta da inter-relação de vários aspectos, entre estes os sociais, os econômicos, os ambientais, os políticos e culturais, que se combinam de forma particular em cada território. Isso porque se considera importante, para se ter saúde, um conjunto de determinantes relacionados não apenas a fatores biofísicos ou serviços adequados, mas também a outros de igual relevância, como: renda, habitação, educação, alimentação adequada, ambiente saudável, recursos sustentáveis, equidade, justiça social, paz, entre outros.

Neste contexto, a finalidade do saneamento está em promover a saúde e melhorar as condições de vida da população, por meio de intervenções em infraestrutura e educacionais adequadas às diferentes realidades, ou seja, respeitando-se as características socioculturais, econômicas e ambientais locais, bem como buscando tecnologias apropriadas. Para tal, é imprescindível que essas intervenções sejam desenvolvidas com participação social, a partir da mobilização de indivíduos, membros de determinada comunidade, que se organizam em grupos sociais para que, juntos com o poder público, possam refletir, opinar e agir diante dos seus problemas de saneamento, implementando ações de forma mais sustentável e que se revertam em benefícios reais à população.

Deve-se lembrar que todo processo de educação em saúde ambiental tem como referência de atuação um determinado território, um lugar em que as pessoas vivem, moram, trabalham e divertem-se, ou seja, relacionam-se constantemente, compartilhando realidades e experiências de suas condições de trabalho, produção, lazer, cultura, formas de organização, habitação, saneamento, meio ambiente, entre outras.

A educação em saúde ambiental pode, portanto, por meio de ações estratégicas e metodologias participativas, favorecer o envolvimento direto dos sujeitos como agentes de transformação da sua própria realidade, no território de produção da saúde, desde que orientada para a autonomia e a emancipação social e política da coletividade. Dessa maneira, as transformações geradas são construídas a partir do cotidiano de vida das pessoas em seu território.

Não se pretende, neste capítulo, esgotar todas as possibilidades, esclarecer todas as dúvidas e questões relacionadas à forma como a educação em saúde ambiental pode contribuir no enfrentamento da problemática socioambiental associada ao saneamento, uma vez que não se acredita em soluções únicas e formatadas. A riqueza desse processo está na criação coletiva de soluções e estratégias pautadas em princípios sólidos, democráticos e contextualizados às realidades locais.

12.2 Conceitos

A concepção de educação em saúde ambiental no saneamento e de suas inter-relações passa pela compreensão de alguns conceitos construídos socialmente, sujeitos a diferentes entendimentos e interpretações.

12.2.1 Educação ambiental

Processo em que se busca despertar a preocupação individual e coletiva para a questão ambiental, garantindo o acesso à informação em linguagem adequada, contribuindo para o desenvolvimento de uma consciência crítica e estimulando o enfretamento das questões ambientais e sociais. Desenvolve-se num contexto de complexidade, procurando trabalhar não apenas a mudança cultural, mas também a transformação social, assumindo a crise ambiental como uma questão ética e política (MOUSINHO, 2003).

12.2.2 Educação em saúde

É um processo sistemático, contínuo e permanente que objetiva a formação e o desenvolvimento da consciência crítica do cidadão para a promoção e a proteção de sua saúde, estimulando a busca de soluções coletivas para os problemas vivenciados e a sua participação real no exercício da cidadania e do controle social.

12.2.3 Educação em saúde ambiental

É um conjunto de práticas pedagógicas e sociais, de conteúdo técnico, político e científico, que, no contexto da saúde ambiental e do saneamento, devem ser desenvolvidas de forma permanente e contínua, favorecendo relações mais dialógicas entre sujeitos de instituições públicas e privadas e a coletividade, para construção de valores, saberes, conhecimentos e práticas voltadas à promoção da saúde e ações cada vez mais sustentáveis da sociedade humana.

12.2.4 Sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade tem sua origem relacionada ao termo "desenvolvimento sustentável", definido como aquele que atenda às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades.

A sustentabilidade deve ser compreendida em seus vários aspectos, entre eles o social, o ambiental, o econômico, o político, o cultural, centrada no exercício responsável e consequente da cidadania, com distribuição equitativa da riqueza que gera, de modo a favorecer condições dignas de vida e de saúde, sem comprometer o futuro das próximas gerações.

As ações de sustentabilidade cultural visam preservar os valores e as tradições de cada povo, reconhecendo e considerando a diversidade de suas tradições, como língua, formas de produção agrícola, crenças e práticas de saúde.

As ações de sustentabilidade da política democrática contribuem para a evolução de um sistema descentralizado e participativo, com a construção de espaços públicos comunitários, maior autonomia dos governos locais e descentralização da gestão de recursos.

12.2.5 Políticas públicas

Conjuntos de programas, ações e atividades desenvolvidas pelo Estado diretamente ou indiretamente, com a participação de entes públicos ou privados, que visam assegurar determinado direito de cidadania, de forma difusa ou para determinado segmento social, cultural, étnico ou econômico. As políticas públicas correspondem a direitos assegurados constitucionalmente ou que se afirmam graças ao reconhecimento por parte da sociedade e/ou pelos poderes públicos, enquanto novos direitos das pessoas, comunidades, coisas ou outros bens materiais ou imateriais.

12.2.6 Governança

É maneira pela qual o poder é exercido na administração dos recursos sociais e econômicos de um país visando ao desenvolvimento e à capacidade de avaliar, direcionar e monitorar a gestão das diversas políticas públicas colocadas em prática para atender às demandas da população, utilizando-se de um conjunto de instrumentos e ferramentas adequados.

12.2.7 Territórios

Espaço de relações, no qual se manifesta a vida cotidiana dos indivíduos e das populações. É resultante de uma acumulação de situações históricas, econômicas, ambientais, sociais e culturais que promovem condições particulares para a produção de saúde.

12.2.8 Intersetorialidade

É uma das formas de operacionalização da gestão social viável que se apoia em uma articulação possível entre os diversos atores sociais (gestores, técnicos e usuários), de diferentes áreas do conhecimento e setores profissionais, visando construir, de forma conjunta e pactuada, um projeto integrado, destinado a alcançar objetivos mais amplos. Trata-se, portanto, de um instrumento estratégico de otimização de saberes, competências e relações sinérgicas, em prol de um objetivo comum e prática social compartilhada, que requer pesquisa, planejamento e avaliação para realização de ações conjuntas.

12.2.9 Transversalidade

No contexto da saúde e do saneamento, pode ser considerada como a implementação de ações e serviços não fragmentados, mas conectados pelos nós da rede de cooperação, conscientização e responsabilidades sanitárias. O princípio da transversalidade vem justamente propor o desafio do diálogo entre as fronteiras do saber e do poder, de uma permanente e cooperativa reinvenção das linhas dessas fronteiras, em que se criem novos modos de se produzir saúde e, portanto, da produção de novos sujeitos.

12.2.10 Controle social

Conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos. É importante para o fortalecimento da cidadania, pois assegura a participação do cidadão na gestão pública.

12.2.11 Mobilização social

Ocorre quando um grupo de pessoas, uma comunidade ou sociedade decide e age com um objetivo comum, buscando alcançar os resultados desejados por todos. Portanto, a mobilização social enseja a convocar vontades para atuar com um propósito sob uma interpretação e um sentido compartilhado.

12.2.12 Participação popular

Compreende as múltiplas ações que diferentes forças sociais desenvolvem para influenciar a formulação, a execução, a fiscalização e a avaliação das políticas públicas e/ou dos serviços básicos na área social (saúde, educação, habitação, transporte, saneamento básico e outros).

12.3 Intervenções de educação em saúde ambiental no saneamento

As intervenções de educação em saúde ambiental voltadas para a promoção da saúde devem ser desenvolvidas considerando que todo cidadão é protagonista dessa ação, e sua participação deve ser incentivada. Assim, o universo cultural das pessoas, as formas de organização das comunidades e suas manifestações (experiências, valores, crenças, conhecimentos e práticas) devem ser respeitados. Além disso, devem ocorrer sempre no contexto do território, sendo este um integrador de espaços, envolvendo atores sociais, agentes e políticas públicas de intervenção, com valorização da cultura local e a inclusão social, propiciando a interlocução e o diálogo entre os saberes científicos e populares na construção de novos saberes e práticas.

Na área urbana e rural, junto às comunidades quilombolas, extrativistas, ribeirinhas, em assentamentos ou em grupo social, para que essas ações sejam bem-sucedidas, devem favorecer a atuação em rede, manter a intersetorialidade e a interface com outras políticas públicas desenvolvidas pelos diversos setores da sociedade, além do setor saúde, e contribuir para a construção de comunidades e territórios saudáveis e sustentáveis.

Assim, as intervenções educativas devem levar em consideração os condicionantes e os determinantes sociais da saúde, entre eles: a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais visando à produção e à promoção da saúde para a qualidade de vida (Figura 1).



Figura 1 – Determinantes sociais da saúde (modelo de Dahlgren e Whitehead).

Fonte: Mendes, 2011.

12.4 Princípios da educação em saúde ambiental no saneamento

Os princípios norteadores da educação em saúde ambiental no saneamento básico são:

- Ter o território de produção da saúde como referência de relações e atuação.
- Ter os diferentes grupos populacionais e as comunidades como sujeitos das ações.
- Ter a saúde como o ponto de interação sustentável entre meio ambiente, economia e comunidades, sendo o ambiente um território vivo, dinâmico, em que se materializa a vida humana e a sua inter-relação.
- Incentivar a participação dos sujeitos como protagonistas nas ações de educação em saúde ambiental para promoção da saúde.
- Respeitar o universo cultural das pessoas, as formas de organização das comunidades e suas manifestações no processo saúde-doença, considerando experiências, valores, crenças, conhecimentos e práticas, tendo os respectivos territórios como referência.
- Promover a interlocução, o diálogo entre os saberes científicos e populares, para a produção compartilhada de conhecimentos, adequações das práticas à lógica de vida da população e a conformação dos territórios.
- Ter a vulnerabilidade socioambiental como um ponto de partida para a atuação em educação em saúde ambiental, para que os riscos em saúde sejam contextualizados em estratégias mais amplas de promoção da saúde.
- Desenvolver intervenções intersetoriais, integradas e supletivas com base nos determinantes sociais da saúde, com vistas à melhoria da qualidade de vida das populações.

Estes princípios, quando plenamente internalizados e compreendidos, podem ser enriquecidos e complementados permanentemente pelos agentes de gestão, gerando uma sinergia entre as iniciativas de educação em saúde ambiental e ações de saneamento.

Os princípios complementam-se, nutrem-se, potencializam-se uns aos outros. E, a partir da integração de forma plena, surgem territórios para ampliação da compreensão, que favorecem a educação em saúde ambiental com participação popular, proporcionando as bases de um novo modo de entender, de agir e de valorizar a vida.

A percepção plena de cada um, quanto à amplitude e aos aspectos a serem considerados no conjunto de princípios, depende não só da experiência e do conhecimento, importantes para auxiliar na obtenção do sucesso da participação, mas de sabedoria para encontrar os caminhos ideais de construção de uma participação consciente, de olhar presente, comprometida e criativa.

Neste sentido, é importante destacar algumas questões que se colocam como balizadoras quando se trata de processos de educação em saúde ambiental no sentido da participação:

- Estão adequadamente estabelecidos os conceitos de participação, e quais são as partes interessadas?
- Estão adequadamente desenvolvidos os vínculos entre educação em saúde ambiental, saneamento básico e promoção da saúde?
- Há entendimento entre os grupos de usuários, a comunidade e as entidades públicas sobre o que esperam de uma educação em saúde ambiental no saneamento básico com participação social?
- Há percepção de como as diversas partes interessadas podem contribuir com seus conhecimentos e práticas?
- Quais são as necessidades de informação e apropriação temática para subsidiar a prática e possibilitar um adequado processo de educação em saúde ambiental e mobilização social em saneamento?
- A participação dos sujeitos na tomada de decisões está assegurada?
- A democratização e o acesso à informação segura de interesse do grupo estão garantidos?
- Como a educação em saúde ambiental no saneamento básico pode proporcionar o início de mudanças que possam resultar em melhoria contínua no setor e nos demais setores?
- Quais mecanismos podem ser estabelecidos entre as comunidades, os usuários e os agentes de educação em saúde ambiental, de forma a favorecer o constante diálogo entre estes atores e, consequentemente, processos de retroalimentação entre demandas e ações, possibilitando melhorias contínuas?
- A participação e a corresponsabilidade estão associadas ao comprometimento e ao desenvolvimento sustentável?

12.5 Atuação em educação em saúde ambiental no saneamento

As intervenções de educação em saúde ambiental fazem interface direta com as ações de saneamento e configuram-se como uma ferramenta estratégica num cenário com deficiência de cobertura de saneamento, principalmente nas zonas rurais e periféricas urbanas.

A participação popular nos projetos de saneamento implantados propicia a atuação compartilhada e o protagonismo de todos os segmentos do território e ganha relevância na sustentabilidade socioeconômica, ambiental e sanitária dessas ações. Atua no estabelecimento das relações entre os diversos atores sociais que compartilham determinada problemática, suas causas e consequências, para transformar a realidade de forma concreta.

12.5.1 Organização das estratégias metodológicas

Metodologicamente a organização das estratégias de ação pode ser desenvolvida em momentos que se articulam e/ou concomitantemente.

Diversos instrumentos e estratégias podem ser utilizados para conhecer as comunidades. O diagnóstico participativo em educação em saúde ambiental para o saneamento pode ser adotado para diferentes contextos. Realizar diagnóstico é conhecer a realidade, é uma aproximação daquilo que se quer entender via utilização de métodos, técnicas e instrumentos, e pode ser orientado pelos seguintes passos.

12.5.1.1 Conhecendo a realidade

É a partir do olhar e do desejo compartilhado por mudanças de objetivos comuns que um grupo ou uma população organiza-se para iniciar uma intervenção de educação em saúde ambiental. É do conhecimento da realidade que tudo começa.

No geral, inicia-se com a realização de um diagnóstico socioambiental e sanitário para conhecer a realidade em que se vai atuar, ou seja, não apenas diagnosticar a problemática a ser equacionada, mas a percepção e a compreensão dos sujeitos envolvidos perante a realidade. Pode se optar por uma pesquisa participativa ou outro tipo de levantamento incluindo mapas, pesquisa indireta, dados sociossanitários e ambientais, complementados com aplicação de questionários, entrevistas, ou outro instrumento dessa natureza, sobre conhecimentos, atitudes e prática da população, com perguntas facilitadoras do que se quer conhecer.

No diagnóstico situacional coleta-se informações sobre a caracterização do território (física, geográfica, ambiental, perfil populacional, localização, histórico), levantamento das condições de saneamento (água, esgoto, resíduos sólidos, manejo de águas pluviais), principais doenças, formas de prevenção e controle destas, meio ambiente (uso e ocupação do solo, condições dos mananciais e bacias, possíveis desmatamentos, queimadas, entre outros), trabalho (ocupação das famílias, situações de desemprego, oportunidades de trabalho, programas de geração de renda, trabalho escravo, exploração do trabalho infantil), entre outras informações necessárias para se conhecer a saúde ambiental e humana do grupo investigado.

Posteriormente, faz-se o levantamento junto à população. Devem ser considerados não só os aspectos negativos (problemas), mas os recursos existentes (potencialidades) e que podem ser utilizados para impulsionar as ações e os resultados pretendidos. Na sequência, realiza-se o mapeamento da comunidade identificando o seu potencial mobilizador e de participação.



Figura 2 – Situação sanitária da comunidade.

Para efeito deste manual serão descritos as visitas domiciliares, com entrevistas e conversas, as caminhadas e o mapeamento participativo.

a) **Visitas domiciliares, entrevistas e conversas com a comunidade.**

A entrevista realizada com os moradores das casas da comunidade é um contato direto da equipe de saúde e saneamento com as pessoas em suas residências. Tem como objetivos iniciais a construção de relações de confiança; o levantamento de questões gerais e específicas da vida da comunidade; o fornecimento de informações básicas para futuras etapas do diagnóstico; o levantamento de dados qualitativos e quantitativos.

As entrevistas podem ser realizadas tendo como base um roteiro elaborado previamente. É importante que se garanta espaço para anotações de assuntos que não foram contemplados no roteiro proposto inicialmente. Normalmente a entrevista inicia com uma conversa informal, de forma que o entrevistado possa livremente responder às questões formuladas (Figura 3). Recomenda-se ainda, por questões éticas, a utilização de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentando, em linguagem clara e objetiva, as intenções e condições da entrevista, o qual deverá ser assinado pelos entrevistados.



Figura 3 – Entrevista domiciliar.

Concomitantemente, pode-se utilizar a técnica da observação participante, ou seja, participar de atividades da comunidade, com uso de diário de campo, a fim de anotar informações pertinentes e importantes ao diagnóstico (Figura 4).



Figura 4 – Técnica de observação participante em saneamento.

b) **Caminhadas na comunidade.**

Consiste em realizar caminhadas metódicas no território e residências visitadas com o acompanhamento da(s) pessoa(s) entrevistada(s), para observação da realidade e de indicadores escolhidos previamente, como: tipos de ambientes, tipos de plantios, tipos de insumos utilizados, recursos naturais, quem trabalha em cada local da propriedade, possíveis gastos, possível uso de inovações em diferentes áreas, presença de animais, local ou locais de captação de água, qualidade aparente da água, destinos do esgoto, localização e destino do lixo, áreas de plantio, áreas de mata, presença de nascentes, áreas ou atividades com potencial poluidor, entre outros determinantes das condições socioambientais (Figura 5).

Os objetivos deste levantamento de informações e sua distribuição geográfica, por meio de caminhada no território e elaboração de diagrama visual (corte transversal) do trecho percorrido, permitem visualizar as condições socioambientais e os possíveis impactos relacionados ao saneamento. Além disso, observar e levantar a teia de relações, os equipamentos públicos existentes, que podem ser utilizados nas intervenções.



Figura 5 – Caminhada na comunidade.

c) **Mapeamento participativo.**

O mapeamento participativo possibilita o levantamento de indicadores biofísicos, econômicos e sociais. Elaborado com elementos familiares aos moradores, permite uma representação visual da percepção da comunidade e a discussão de questões relativas ao que for sendo representado durante o desenho, ou seja, trata-se de um instrumento de diagnóstico e, ao mesmo tempo, de intervenção socioeducativa (Figura 6).

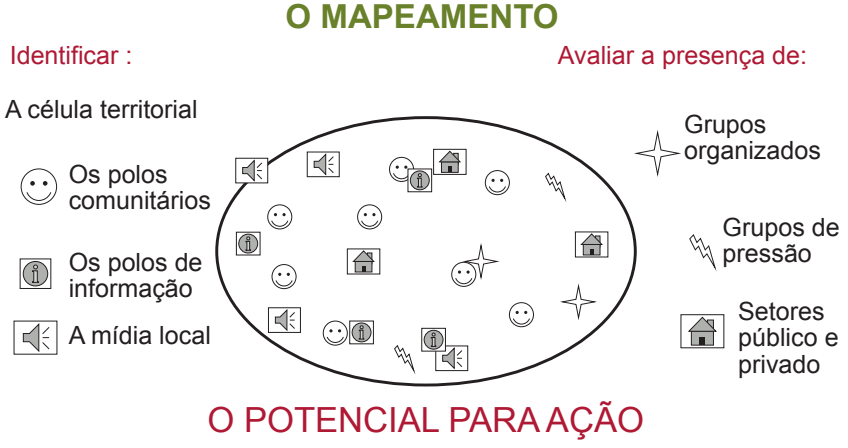


Figura 6 – Modelo de mapeamento participativo.

Podem-se utilizar ainda outros instrumentos durante o diagnóstico na comunidade, como uma roda de conversa, uma técnica de construção coletiva do conhecimento ou a combinação de vários deles, a exemplo do mapa falante (Figura 7) ou do grupo focal, da visita domiciliar, da casa a casa ouvindo os moradores, do registro fotográfico ou de vídeos com imagens retratando a realidade da comunidade, sempre estimulando a participação ativa dos sujeitos da problemática no reconhecimento de seus principais problemas, necessidades e anseios.



Figura 7 – Elaboração de mapa falante.

12.5.1.2 Discussão, interpretação e identificação dos problemas e estabelecimento de prioridades

As informações levantadas no diagnóstico, de forma sumarizada, são apresentadas à população pela equipe por meio de uma leitura técnica, pois essas informações serão fundamentais no conhecimento da realidade e como subsídios para ações na construção do plano. Apesar de ser elaborada por uma equipe, essa leitura só tem real validade caso sirva de base para as discussões realizadas durante leitura comunitária.

Diante das informações levantadas da realidade e conhecendo quais as situações-problema e as potencialidades identificadas, é importante que os sujeitos envolvidos na intervenção educativa reflitam e compreendam por que estas situações acontecem, quais as suas causas e consequências para a manutenção ou não da qualidade de vida da comunidade.

Neste momento, realiza-se uma oficina para devolução dos dados e para refletir e debater com a comunidade a situação encontrada, encerrando essa etapa com a leitura comunitária.

a) **Leitura comunitária.**

A leitura comunitária é feita pela população, sob os pontos de vista dos diferentes segmentos socioeconômicos (empresários, profissionais, trabalhadores, movimentos populares, entre outros). Nesta leitura deverá ser identificada a questão local para compreender a realidade a partir dos que lá vivem, para, assim, conhecer e reconhecer potencialidades e capacidades para transformação da realidade.

Dentre vários mecanismos de leitura comunitária, a prática de construção de mapas, discussões e, principalmente, a sistematização da leitura técnica em linguagem acessível com mapas temáticos do território, orientarão as discussões para compreensão geral de todos. Dependendo do tamanho do grupo, sugere-se dividi-lo em subgrupos, por interesse, para facilitar a discussão, e, em seguida, apresentar as conclusões no grupo para que todos tenham acesso às explicações e compreendam coletivamente o que se passa na realidade do território em que vivem. Pode-se, também, fazer reuniões comunitárias, encontros, rodas de conversa com a participação dos moradores, inclusive convidar técnicos especialistas para ajudar a debater os temas (Figura 8).



Figura 8 – Leitura comunitária do mapa falante.

Ainda, na oficina, tendo sido compreendido pelo grupo quais situações-problema se apresentam (o que, onde, como e por que ocorrem), chegou a hora de o grupo identificar e listar os problemas por ordem de prioridade. A comunidade pode construir um mural registrando essas informações, um painel com fotos ou outra forma de registro. Por exemplo, o grupo da comunidade pode concluir que um dos problemas constatados e de maior prioridade é a necessidade de água em quantidade e qualidade para atender à população, o desperdício ou mesmo a falta de água na comunidade, ou a expansão da cobertura de saneamento a toda a comunidade. Questões socioculturais e/ou étnicas devem ser devidamente consideradas no reconhecimento destas prioridades.

12.5.1.3 Elaborando um plano de ação

Esta etapa corresponde à organização dos grupos na comunidade para definir coletivamente quais ações, como, onde, quando, com quem e quais resultados se espera atingir, e a melhor forma de fazê-lo é organizando um plano de ação.

A elaboração de um plano de ação ou conjunto de ações deve contar com a participação de pessoas da comunidade e demais parceiros, reconhecendo o potencial de todos para se organizar e agir. Neste plano são definidos o público-alvo da intervenção socioeducativa, os objetivos e as metas de curto, médio e longo prazos, as estratégias de ação e atividades a serem desenvolvidas, o período de realização e as formas de avaliar e medir os resultados. Além disso, são distribuídas as responsabilidades entre os participantes e planejados encontros para interpretar os resultados alcançados, reconhecer dificuldades e, se necessário, definir novas estratégias e novos rumos.

12.5.1.4 Agir para superar os problemas e transformar a realidade

O trabalho deve ser conduzido por equipes intersetoriais e interdiciplinares, compostas por representantes da comunidade e de outras instituições. Se possível, constituir um núcleo permanente que motive, incentive e sustente as ações na comunidade.

As ações devem envolver a todos, governo e comunidade, com ações intersetoriais e participação de várias áreas, abordando a temática do saneamento e da saúde ambiental, ampliando o foco para promoção da saúde e cidadania, fortalecendo redes, diálogo e mediação de conflitos. Para tal, a constituição de um grupo permanente da comunidade, com acompanhamento de representantes do município, é essencial para manter a comunidade motivada e para a sustentabilidade e a continuidade das ações, de forma a apoiar a formação de redes de atuação entre comunidades com interesses comuns e demais atores envolvidos no processo de equacionamento dos problemas.

Todos os espaços no território devem ser considerados como potenciais para intervenções educativas, seja a casa das pessoas, sejam as ruas, as praças, as escolas, os grupos comunitários de

cultura, lazer e esportes, as associações, os postos de saúde, as instalações de saneamento, a cooperativa de catadores, as igrejas, os terreiros, os clubes, a rádio comunitária, as feiras, as quermesses e outros, sensibilizando, assim, toda a sociedade para a importância do saneamento para a promoção da saúde e melhoria das condições de vida, os benefícios e as vantagens, os investimentos necessários, onde buscar apoio e recursos materiais, humanos e financeiros, entre outros aspectos, os quais, após devidamente incorporados, serão melhor investidos na comunidade.

O exercício do controle social, no acompanhamento das decisões e ações e na correta e transparente aplicação dos recursos financeiros nos projetos e empreendimentos, deve ser incentivado e facilitado, por meio das ações educativas junto à comunidade, favorecendo sua responsabilidade no uso, na conservação e na sustentabilidade das melhorias e dos equipamentos ofertados, e a plena aplicação do recurso público para o que se destina.

Espera-se também, com estas ações, envolver e sensibilizar os gestores e técnicos municipais de forma permanente, com vistas a apoiar os programas, os projetos e as ações de saneamento básico a serem implantados e/ou implementados.

12.5.1.5 Monitoramento e avaliação do processo e de resultados

Durante e depois da realização do diagnóstico socioambiental e da execução das ações propriamente ditas, é importante dedicar um período para o monitoramento e avaliação de tudo que foi vivenciado. Considera-se monitoramento como um acompanhamento pela gestão da execução das ações realizadas por todos, técnicos e comunidade, reconhecendo os aspectos positivos e os negativos, aquilo que necessita ser melhorado e aperfeiçoado. Logo, o monitoramento ao longo do processo contribui diretamente para uma avaliação criteriosa e fundamentada, possibilitando a revisão das ações até então implementadas e a continuidade destas de forma sustentável (Figura 9).



Figura 9 – Avaliação do processo e dos resultados.

Para subsidiar o monitoramento e a avaliação, é importante que se estabeleçam indicadores, ou seja, parâmetros quantitativos e/ou qualitativos que poderão ajudar a aferir o que está acontecendo. Essa tarefa de criar indicadores deve ter a participação de todo o grupo da comunidade e dos parceiros envolvidos nas ações. Os indicadores devem ser construídos no início do planejamento das ações ou durante a realização das oficinas com a comunidade.

Pode-se usar indicadores para cada fase do trabalho desenvolvido ou para avaliar a ação como um todo. Por exemplo, na fase de diagnóstico, quando se constrói o mapa falante identificando e localizando os principais problemas sociais, ambientais, de saúde e saneamento, pode-se, de forma compartilhada, verificar se todos os atores foram envolvidos, se houve dificuldades no acesso às informações, se houve ou está havendo colaboração da comunidade. Na fase de desenvolvimento, pode-se aferir: se os problemas identificados no diagnóstico participativo foram enfrentados, no todo ou em parte; se as ações

planejadas estão sendo ou foram executadas; qual o percentual de execução dessas ações; a quantidade de pessoas que participam ou participaram das ações; o grau de satisfação dos envolvidos nas ações.

Pode-se usar também dados existentes nos serviços de saúde do município para verificar mudanças ocorridas na realidade, fazendo comparações. Por exemplo, no caso de implantação de um sistema de abastecimento de água ou outra solução coletiva ou individual, se houve redução em porcentagem dos casos de diarreia ou de morte por doenças de veiculação hídrica, ou se houve adesão ao uso da solução de hipoclorito de sódio a 2,5%. No caso dos resíduos sólidos, se a população está procedendo a destinação adequada do lixo ou a limpeza dos arredores do domicílio, ou, ainda, se o número de lixões ou terrenos baldios com lixo diminuiu, se houve redução de população de roedores na área ou diminuição da incidência de casos de dengue na área. Se a população tem melhorado as práticas de saúde quanto às águas paradas ou aos cuidados com a caixa d'água e os depósitos de água no domicílio. Ou se população acompanha o desenvolvimento das obras de saneamento e se tem noção de que medidas de conservação e sustentabilidade devem tomar sob sua responsabilidade.

A avaliação pode ocorrer por meio de reuniões na comunidade, por grupos, setores ou temas escolhidos, verificando se há necessidade de correção de rumos, reprogramação das ações ou reforço daquilo que está dando certo. Recomenda-se o uso também de registros sistematizados de informação, por meio de imagens fotográficas, filmagens antes, durante e depois das ações, para se ter um parâmetro se e de como a realidade foi transformada. As possibilidades são muitas e podem ser expressas de forma criativa e como a comunidade optar.

Ressalta-se a necessidade de se fazer memória, uma sistematização descritiva e analítica de todo o processo vivenciado como forma de servir de referência de experiência para outras comunidades e municípios.

Em síntese, a intervenção de educação em saúde ambiental pode ser representada conforme a Figura 10.

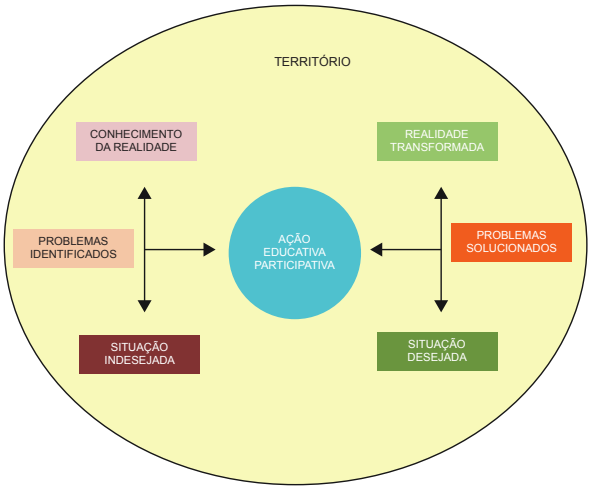


Figura 10 – Diagrama com a ação de educação em saúde ambiental.

12.6 Considerações finais

A educação em saúde ambiental e a mobilização social, indispensáveis ao controle social, possibilitam a criação de perspectivas de atuação concreta na gestão dos serviços e nas políticas públicas de saneamento. As bases para o novo olhar provêm dos saberes tradicionais e populares em interação com o conhecimento técnico-científico norteadores das problemáticas e respectivas soluções. Princípios da reflexão crítica, conhecimento da realidade, diálogo e participação devem ser orientadores das práticas, reforçando o poder local, especialmente as condições de governança, na busca coletiva e constante de melhores condições de vida.

Referências bibliográficas

BÓGUS, C. M. W. Participação social e cidadania em movimentos por cidades saudáveis. *In:* FERNANDEZ, J. C. A.; MENDES, R. (Orgs.). **Promoção da saúde e gestão local**. São Paulo: Editora Hucitec, 2007. (Coleção Saúde em Debate, Série Linha de Frente, n. 3).

BORDENAVE, J. D. **O que é participação?** São Paulo: Brasiliense, 1986. 88p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano diretor participativo**: guia para a elaboração pelos municípios e cidadãos. Brasília: Ministério das Cidades, 2004.

_____. _____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Temas transversais**: saneamento e educação ambiental. Guia do Profissional em Treinamento: nível 2. Salvador: ReCESA, 2008.

_____. _____. _____. Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento. **Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009a.

_____. _____. _____. Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento. **Caderno metodológico para ações de educação ambienta1 e mobilização social em saneamento**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009b.

_____. _____. _____. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009b. v. 2.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Saúde Ambiental**: guia básico para construção de indicadores. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

_____. _____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 4.ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

_____. _____. _____. UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana. **Orientações metodológicas para programa de educação ambiental em saneamento para pequenos municípios**. Caderno de orientações - Caderno I. Brasília: UEFS, Funasa, 2014. 61p .

_____._____._____. **Metodologias para o fortalecimento do controle social no saneamento**. JACOBI, P.R.: Paz, M. G. A. da: SANTOS, I. P. de O. - org. Brasília: Funasa, 2016. 60p.

_____. _____. _____. UEFS - Universidade Estadual de Feira da Santana. **Construção participativa de indicadores para avaliação do programa de educação ambiental em saneamento para pequenos municípios**. Caderno de orientações - Caderno II. Brasília: UEFS, Funasa, 2014. 74p.

_____. _____. _____. **7º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública.** Brasília: Funasa. 2013. 248p.

_____. _____. _____. **3º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Brasília: Funasa, 2010. 256p.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Política de Educação Ambiental**. [s.l.]: [s.d.]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BRONZO, C. **Programas de proteção social e superação da pobreza**: concepções e estratégias de intervenção. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

BURLANDY, L. A construção da política de segurança alimentar e nutricional no Brasil: estratégias e desafios para a promoção da intersetorialidade no âmbito federal de governo. **Ciênc. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, jun. 2009.

BUSS, P. M.; PELLEGRINI, A. A saúde e seus determinantes sociais. **Revista Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 77-93, 2009.

CEBES – CENTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DE SAÚDE. Desenvolvimento e sustentabilidade: desafios da Rio + 20. **Revista Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 36, n. especial, p. 4-12, jun. 2012.

GARAJAU, N. I. **Articulação intersetorial**: uma estratégia de gestão para o Programa Cozinha Comunitária. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013a.

_____. Reflexões sobre a intersetorialidade como estratégia de gestão social. *In*: SIMPÓSIO MINEIRO DE ASSISTENTES SOCIAIS, 3., Belo Horizonte, 2013. **Anais...** Belo Horizonte: CRESS, 2013b.

INOJOSA, R. Sinergia em políticas e serviços públicos: desenvolvimento social com intersetorialidade. **Cadernos Fundap**, n. 22, p. 102-110, 2001.

JUNQUEIRA, L. A. P. Descentralização, intersetorialidade e rede como estratégias de gestão da cidade. **Revista FEA-PUC-SP**, São Paulo, v. 1, p. 57-72, nov. 1999.

MENDES, E. V. **As redes de atenção à saúde.** Brasília: OPAS, 2011.

MILANI, C. R. S. O princípio da participação social na gestão de políticas públicas locais: uma análise de experiências latino-americanas e europeias. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 551-579, maio/jun. 2008.

MOUSINHO, P. Glossário. *In:* TRIGUEIRO, A. **Meio ambiente no século 21**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

NETO G. F. *et al.* Por um movimento nacional ecossanitário. *In:* CONFERÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE AMBIENTAL, 1., 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: Abrasco, 2009.

OPS – ORGANIZACIÓN PAN-AMERICANA DE LA SALUD. **Nuestro planeta, nuestra salud**. Washington: OPS/OMS, 1993. (Publicación Científica, n. 544).

PEDROSO, R. T.; VIEIRA, M. E. M. Humanização das práticas de saúde: transversalizar em defesa da vida. **Interface Comunicação, Saúde, Educação**, Botucatu, v. 13, supl. 1, 2009.

RADICCHI, A. L.; LEMOS, A. F. **Saúde ambiental**. Belo Horizonte: Nescon/UFMG, 2009.

SOUZA, R. O. Participação e controle social. *In:* SALES, M. A.; MATOS, M. C.; LEAL, M. C. (Orgs.). **Política social, família e juventude**: uma questão de direitos. São Paulo: Cortez, 2004. p. 167-187.

STOTZ, E. N. Participação social. *In*: FIOCRUZ – FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Dicionário da Educação Profissional em Saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2009.

TORO A. J. B.; WERNECK, N. M. D. **Mobilização social**: um modo de construir a democracia e a participação. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

VALLA, V. V. E.; STOTZ, E. N. Participação popular e saúde: a questão da capacitação técnica no Brasil. *In:* _____; _____. (Orgs.). **Participação popular, educação e saúde**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1993. p. 55-86.

VENTURA, D. V. R. **Documento técnico contendo propostas de estratégias para implementação das ações de educação em saúde junto às comunidades abrangidas pelo Programa de Saneamento Rural, com destaque para a participação popular na implantação e sustentabilidade dos serviços de saneamento em área rural**. Brasília: OPAS/Funasa, 2011. 41p.

ZOMBINI, E. V. **Educação ambiental e saneamento básico para a promoção da saúde da criança**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Grupo GT responsável pela 5ª edição - servidores da Funasa

Patrícia Valéria Vaz Areal - Cgcot/Densp – Coordenadora-geral
Filomena Kotaka - Codet/Cgcot/Densp - Coordenadora
Daniel Oliveira dos Santos - Suest/PB
Helena Magalhães Porto Lira - Suest/PE
Hélio Sanfelice - Suest/PR
Marcelo Carvalho de Resende - Suest/MG
Maria das Graças Dias - Codet/Cgcot/Densp
Mario Mutsuo Onuki - ex-Suest/PB
Rainier Pedraça Azevedo - Suest/AM
Selma Irene Antonio - Codet/Cgcot/Densp

Colaboradores à 5ª edição

Cibele Medeiros Brito Leite – Codet/Cgcot/Densp - contrato TC38 - Opas
Tailine Maria Silva Oliveira – Codet/Cgcot/Densp - contrato TC38 – Opas
Cristine Diniz Santiago - Codet/Cgcot/Densp - contrato TC38 – Opas

Ilustrações da 5ª edição - servidores da Funasa

Alan Mota Gusmão - Suest/AM
Ivan Cunha – Coarq/Cgear/Densp
Leandro Mendes Santos – Suest/AM

Apoio administrativo

Florência Rodrigues Cavalcante – Codet/Cgcot/Densp
Matheus dos Santos Coelho – Codet/Cgcot/Densp

Colaboradores das edições anteriores

Ademar Zanini Júnior
Alessandro Filgueiras da Silva
Alexandra Lima da Costa
Álvaro Eduardo Eiras
Antonio Carlos Batalini Brandão
Aroldo Ferreira Galvão
Aurélio Pessôa Picanço
Ana Maria Moreira Dias
Antônio Barreto Gonçalves Ferreira
Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
Carlos Alberto Sanguinete de Souza
Carlos Maurício Mendonça
Carlos Rebelo
Carlos Virgílio Napoleão de Miranda
Cristina Otsuschi
Daniel Oliveira dos Santos
Darcy de Valadares Rodrigues Ventura
Dealtagnan de Azevedo
Edilson Eduardo Werneck Machado
Edilton Carneiro Feitosa
Edmund G. Wagner

Elias Paulo da Silva
Eloy Yanes Martin
Emil Chanlett
Eurico Suzart Neto
Everaldo Resende Silva
Fernando Dias de Avila Pires
Filomena Kotaka
Francisco Anilton Alves Araújo
Francisco de Assis Quintieri
Froilan Moitta
Gilson de Oliveira
Gilvan Juvêncio Alves
Guilherme Augusto Telles de Miranda
Guilherme de França Messias
Helena Magalhães Porto Lira
Helena Ribeiro
Hélio Sanfelice
Henrique Bernardo Lobo
Ima Aparecida Braga
Isaias da Silva Pereira
Jamaci Avelino do Nascimento Júnior
Javancy Celso de Lima
João de Carvalho
João Luiz Dias da Silva
Johnny Ferreira dos Santos
Joilson Damasceno do Espírito Santo
José Augusto Batista
José Boaventura Teixeira
José Santos
Josiclene Moura Leite
Jucundino Ferreira Puget
Lara Tainá Souza Gomes
Leandro Luiz Giatti
Leila Bueno de Oliveira
Leonardo Decina Laterza
Lucimar Alves
Lúcio Henrique Bandeira
Luiz Carlos da Costa Menezes
Luiz Eduardo Mello
Luiz Sérgio Philippi
Luiz Solyon
Marcelo Libanio Coutinho
Marcelo Santalúcia
Mara Lúcia Carneiro
Marcos Rogério Rodrigues
Marcos von Sperling
Marcelo Carvalho de Resende
Maria Consuelo Ayres Marinho
Maria das Graças Dias

Maria de Lourdes Nobre Simões Arsky
Maria Lúcia Prest Martelli
Marinaldo Valente
Mário Mutsuo Onuki
Nelson Carvalho de Lucena
Nilce Bazzoli
Onivaldo Ferreira Coutinho
Osman de Oliveira Lira
Patrícia Valéria Vaz Areal
Paulo Roberto Corrêa Fritsch
Paulo Sérgio Scalize
Raimundo Pedrosa
Rainier Pedraça Azevedo
Rejane Maria de Souza Alves
Renata Ferraz de Toledo
Ricardo Silveira Bernardes
Roberto Fendrich
Roberto Nelson Nunes Reis
Rosa Maria Vahia Terzella
Servácio de Brito
Szachna Eliasz Cynamon
Selma Irene Antonio
Sergio Rolim Mendonça
Silene Lima Dourado Ximenes Santos
Sueli Etsuko Takada Pavese de Abreu
Theodulo Cerqueira de Almeida Neto
Válter Lucio de Pádua
Vera Aparecida de Oliveira Figueiredo
Vilma Ramos Feitosa
Walter Tabosa
e todos os servidores da Funasa, que, anonimamente, prestaram sua valiosa contribuição.

Capa
Editorar Multimídia

Projeto gráfico do miolo
Coordenação de Comunicação Social/GabPr

Revisão ortográfica e gramatical
Editorar Multimídia

Diagramação
Editorar Multimídia

Normalização bibliográfica
Suellen Viriato Leite da Silva - Dmurb/Coesc/GabPr

MANUAL
DE SANEAMENTO
5ª EDIÇÃO



MISSÃO

Promover a saúde pública e a inclusão social por meio de ações de saneamento e saúde ambiental.

VISÃO DE FUTURO

Até 2030, a Funasa, integrante do SUS, será uma instituição de referência nacional e internacional nas ações de saneamento e saúde ambiental, contribuindo com as metas de universalização do saneamento no Brasil.

VALORES

Ética; Eqüidade; Transparência; Eficiência, Eficácia e Efetividade; Valorização dos servidores; Compromisso sócio-ambiental.

FUNASA Fundação Nacional de Saúde
SUS
MINISTÉRIO DA SAÚDE