SANEAMENTO DO MEIO

VTÉCNICO

CETESB
00640
017460

MINISTÉRIO DO TRABALHO
FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Rua Capote Valente, 710 - CEP 05409 - São Paulo (SP) - Brasil - Caixa Postal 11.484 - CEP 05499
End. Telegr. - FUNDACENTRO - Tel. 853-6588 (PABX) - Telex Nº 011-23497 FUJD

CETESB - BIBLIOTECA

Presidente
Leon Alexandr

Superintendente
Pedro Elias Makaron

Revisão e Produção Gráfica
Equipe da FUNDACENTRO

MINISTÉRIO DO TRABALHO
FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO
DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

SANEAMENTO DO MEIO

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
Biblioteca Profº Drº Lucas Nogueira Garcez
Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiros
05459-900 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br

Organizador
Engº Arlindo Philippi Júnior

Autores
Engº Alvino Genda
Engº Antonio Carlos Rossin
Engº Arlindo Philippi Júnior
Engº Fernando de Araújo Guimarães
Engº George Kenge Ishihata
Engº José Araújo de Oliveira Santos
Engº Walter Engrácia de Oliveira

SÃO PAULO
FUNDACENTRO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA.
DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL
1988

CETESB - BIBLIOTECA
CLASS.
AUTOR
TOMBO 01746021

1ª Edição: 1ª Impressão, 1982 - Tiragem: 2.000 exemplares
2ª Impressão, 1985 - Tiragem: 2.000 exemplares
3ª Impressão, 1988 - Tiragem: 4.000 exemplares

Catalogação na fonte: SDB/FUNDACENTRO

P635s

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo, org.
Saneamento do meio. São Paulo, FUNDACENTRO; Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental, 1988

235 p. il.

I. Saneamento básico 1. FUNDACENTRO 2. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental

CDU 628.1/.6 CIS Xycu

Índices para o catálogo sistemático

1. Água abastecimento 628.1*
Xycub**
2. Artrópode 595.2*
Fid**
3. Esgoto 628.21*
Xycus**
4. Limpeza pública 625.76*
Xycus**
5. Roedor 599.32*
Fitr**
6. Saneamento básico 628.1/.6*
Xycu**

MINISTÉRIO DO TRABALHO
FUNDACENTRO
FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

Rua Capote Valente, 710 CEP 05409
Cx. Postal 11484 — São Paulo SP — Brasil

Tiragem: 4.000 exemplares

* Classificação Decimal Universal
** Classificação do "Centre International d'Informations de Sécurité et du Travail"

SUMÁRIO

CAPÍTULO I
ÁGUAS DE ABASTECIMENTO.
Departamento de Saúde Ambiental — USP

1 INTRODUÇÃO 3
1.1 Saúde 3
1.2 Saúde pública 3
1.3 Saneamento do meio 4

2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA 5
2.1 Água: recurso natural 5
2.2 A água na transmissão de doenças 10
2.3 Caracterização da água de abastecimento 13
2.4 Quantidade de água necessária — diferentes usos da água — variações de consumo 22
2.5 Abastecimento de água no meio rural 25
2.6 Desinfecção da água. 30
2.7 Abastecimento de água no meio urbano. 32

CAPÍTULO II
ÁGUAS RESIDUÁRIAS
Engº Arlindo Philippi Júnior

1 INTRODUÇÃO 43
2 SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS E DOS DEJETOS EM ZONA RURAL. 45
2.1 Generalidades 45
2.2 Soluções individuais para o sistema estátitco ou sem transporte hídrico . 46
2.3 Soluções individuais para o sistema dinâmico ou com transporte hídrico 57
2.4 Destino dos efluentes dos tanques sépticos e Imhoff 62

3. DISPOSIÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO MEIO URBANO 68
3.1 Introdução. 68
3.2 Características das águas residuárias 69
3.3 Sistemas de esgotos 70
3.4 Partes constitutivas de um sistema de esgotos sanitários — sistema separador absoluto. 71
3.5 Operação e manutenção 72
3.6 Efeitos do lançamento de águas residuárias nos cursos d'água 72
3.7 Tratamento de esgotos 73

4 EDUCAÇÃO SANITÁRIA 79

CAPÍTULO III

RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA

Prof. Walter Engrácia de Oliveira

1 POLUIÇÃO AMBIENTAL, RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. . . 83
1.1 Poluição ambiental . . . 83
1.2 Resíduos sólidos . . . 83
1.3 Limpeza pública ou urbana . . . 84

2 IMPORTÂNCIA DO PROBLEMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA . . . 84
2.1 Importância sanitária . . . 86
2.2 Importância sócio-econômica . . . 87
2.3 Importância relacionada ao bem-estar . . . 88

3 CLASSIFICAÇÃO DO LIXO . . . 89
3.1 Segundo a origem ou local de produção . . . 89
3.2 Segundo a zona de produção . . . 89

4 COMPOSIÇÃO DO LIXO . . . 89
4.1 Composição qualitativa . . . 90
4.2 Composição quantitativa . . . 90
4.3 Variação da composição . . . 91

5 PESO ESPECÍFICO DO LIXO . . . 91

6 QUANTIDADE DE LIXO PRODUZIDO POR PESSOA . . . 92

7 CARACTERÍSTICAS DO LIXO . . . 93
7.1 Características físicas . . . 93
7.2 Características químicas . . . 94
7.3 Características biológicas . . . 94

8 ETAPAS DA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DO LIXO . . . 94
8.1 Acondicionamento do lixo . . . 94
8.2 Coleta e transporte do lixo . . . 97
8.3 Tratamento e/ou disposição final do lixo . . . 101

9 LIMPEZA PÚBLICA . . . 111
9.1 Introdução . . . 111
9.2 Atribuições da limpeza pública . . . 111
9.3 Aspectos administrativos e econômico-financeiros . . . 111

CAPÍTULO IV

CONTROLE DE ARTRÓPODES E ROEDORES

Engº George Kenge Ishihata

Engº José Araújo de Oliveira Santos

1 CONTROLE DE "MOSQUITOS" . . . 117
1.1 Introdução . . . 117
1.2 Aspectos biológicos . . . 117
1.3 Principais criadouros . . . 118
1.4 Métodos de controle . . . 119

2 CONTROLE DE ANOFELINOS NA CAMPANHA DA ERRADICAÇÃO DA MALÁRIA . . . 120
2.1 Introdução . . . 120
2.2 Doutrina da erradicação . . . 120

3 CONTROLE DE "BARBEIROS" . . . 122
3.1 Introdução . . . 122
3.2 Definição . . . 122
3.3 Agente etiológico . . . 122
3.4 Transmissor . . . 122
3.5 Profilaxia . . . 123

4 CONTROLE DE "MOSCAS" . . . 123
4.1 Introdução . . . 123
4.2 Biologia . . . 124
4.3 Controle . . . 124
4.3.1 Medidas permanentes . . . 124
4.3.2 Medidas temporárias . . . 125

5 CONTROLE DE "BORRACHUDOS" . . . 125
5.1 Introdução . . . 125
5.2 Aspectos biológicos . . . 125
5.3 Controle . . . 126

6 CONTROLE DE "BARATAS" . . . 126
6.1 Introdução . . . 126
6.2 Aspectos biológicos . . . 127
6.3 Controle . . . 127

7 NOÇÕES DE RESISTÊNCIA . . . 127

8 CONTROLE DE "ROEDORES" . . . 127
8.1 Introdução . . . 128
8.2 Prejuízos causados pelo rato . . . 128

8.3 O rato no Brasil . . . 129
8.4 Caracteres morfológicos . . . 129
8.5 Caracteres biológicos . . . 130
8.6 Dinâmica populacional . . . 131
8.7 Sinais da presença de ratos . . . 131
8.8 Medidas de controle . . . 131

CAPÍTULO V
POLUIÇÃO DAS ÁGUAS
Engº Alvino Genda

1 CONCEITUAÇÃO DA POLUIÇÃO . . . 137

2 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA . . . 137

3 PRINCIPAIS TIPOS DE FONTES DA POLUIÇÃO . . . 137
3.1 Poluição natural . . . 137
3.2 Poluição agropastoril . . . 137
3.3 Poluição urbana . . . 138
3.4 Poluição industrial . . . 138

4 TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO E RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS . . . 138
4.1 Lagoas de estabilização ou lagoas de oxidação . . . 138
4.2 Valos de oxidação . . . 138
4.3 Bacias ou celas aeradas artificialmente . . . 139
4.4 Redução de cargas poluidoras industriais . . . 139

5 RECEBIMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS PELA REDE DE ESGOTOS . . . 139
5.1 Redução da carga poluidora . . . 139
5.2 Classificação dos recursos hídricos . . . 141
5.3 Vantagens do tratamento global . . . 143
5.4 Lançamento na rede pública . . . 143
5.5 Considerações complementares . . . 144

6 MALEFÍCIOS DA POLUIÇÃO . . . 144

7 FENÔMENO DA AUTODEPURAÇÃO . . . 145

8 PERTURBAÇÕES DAS CONDIÇÕES ECOLÓGICAS DE UM CORPO RECEPTOR DE POLUENTES . . . 145
8.1 Zona de degradação . . . 146
8.2 Zona de ativa decomposição . . . 146
8.3 Zona de recuperação . . . 146

9 BACIA HIDROGRÁFICA PRIORITÁRIA PARA CONTROLE . . . 146

10 ATIVIDADES PRELIMINARES DA IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE . . . 147

11 ETAPAS DO PLANEJAMENTO . . . 147

12 LEVANTAMENTO SANITÁRIO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS . . . 147

13 ETAPAS DA ATIVIDADE DE CONTROLE . . . 148
13.1 Fase da identificação . . . 148
13.2 Fase da avaliação . . . 148
13.3 Fase de controle . . . 148
13.4 Fase da fiscalização . . . 148

14 TIPOS DE ATIVIDADE . . . 148
14.1 Ação normativa (fases da identificação e avaliação) . . . 148
14.2 Ação executiva (fases do controle e da fiscalização) . . . 148

15 TIPOS DE CONTROLE . . . 149
15.1 Controle preventivo . . . 149
15.2 Controle corretivo . . . 149

16 SUPORTE TÉCNICO DA AÇÃO DE CONTROLE . . . 149

17 CRITÉRIOS PARA ESTABELECIMENTO DE UMA LEGISLAÇÃO DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS . . . 150
17.1 Critério do efluente . . . 150
17.2 Critério do corpo receptor . . . 150
17.3 Critério das cargas permissíveis . . . 151

18 UMA ENTIDADE PARA EXERCER O CONTROLE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS . . . 151

CAPÍTULO VI
POLUIÇÃO DO AR
Engº Fernando de Araújo Guimarães

1 INTRODUÇÃO: A POLUIÇÃO DO MEIO AMBIENTE . . . 157

2 A POLUIÇÃO DA ATMOSFERA . . . 157
2.1 A atmosfera . . . 157
2.2 Composição da homosfera – outras propriedades . . . 159
2.3 Poluição do ar: aspectos históricos . . . 160
2.4 Fontes naturais e artificiais . . . 161

3 PRINCIPAIS FONTES E PRINCIPAIS POLUENTES 162
3.1 Formas de expressar concentrações 162
3.2 Poluentes: classificação 162
3.3 Poluentes: principais 163
3.4 Principais fontes de poluição do ar 163
3.5 Reações na atmosfera 164

4 TRANSPORTE E DISPERSÃO DE POLUENTES 165
4.1 Introdução 165
4.2 Dispersão 166

5 EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR 168
5.1 Poluição do ar como um fator causal em doenças crônicas do aparelho respiratório 168
5.2 Efeitos da poluição do ar sobre crianças 169
5.3 Efeitos sobre os materiais 169
5.4 Efeitos sobre as propriedades da atmosfera 170
5.5 Efeitos sobre a vegetação 172
5.6 Repercussões econômicas da poluição do ar 172

6 MEDIDA DE POLUENTES 174
6.1 Introdução 174
6.2 Freqüência de amostragem 174
6.3 Localização das estações de amostragem 174
6.4 Duração da amostragem 175
6.5 Equipamentos e métodos usuais para determinação da concentração de poluentes na atmosfera 176
6.6 Amostragem e análise de gases e vapores 178

7 CONTROLE DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS 180
7.1 Introdução 180
7.2 Medidas indiretas 180
7.3 Medidas diretas: equipamentos anti-poluição 182

8 A LEGISLAÇÃO E A ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS DE AR 191

CAPÍTULO VII
O SANEAMENTO DO MEIO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL
Engº Arlindo Philippi Júnior

1 INTRODUÇÃO 197

2 ASPECTOS A SEREM OBSERVADOS 197

3 PLANEJAMENTO TERRITORIAL 198

4 FASES DE PLANEJAMENTO 199
4.1 Eclosão 199
4.2 Projeto 199
4.3 Execução 199

5 INSTRUMENTOS PARA PLANEJAMENTO TERRITORIAL 199

6 RECOMENDAÇÕES 199

CAPÍTULO VIII
SANEAMENTO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA
Engº Arlindo Philippi Júnior
Engº Antonio Carlos Rossin

1 INTRODUÇÃO 203

2 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA 203

3 ÁREAS DE OCORRÊNCIA 203

4 ABORDAGEM DO PROBLEMA 204

5 ATUAÇÃO DE UMA "COORDENADORIA DE SANEAMENTO" 204
5.1 Abrigo dos flagelados, incluindo limpeza de áreas prioritárias 205
5.2 Abastecimento de água 206
5.3 Destino dos dejetos 208
5.4 Acondicionamento, coleta e disposição do lixo 210
5.5 Combate aos vetores 212
5.6 Controle da contaminação de alimentos 213
5.7 Limpeza de áreas prioritárias para instalação de postos de atendimento médico 214
5.8 Drenagem de áreas com água estagnada 215
5.9 Remoção, queima e/ou enterro de cadáveres 215
5.10 Higiene dos flagelados 215
5.11 Programas de educação sanitária 216

6 RECURSOS NECESSÁRIOS 216
6.1 Recursos humanos 216
6.2 Recursos materiais 217

7 SOLUÇÕES PRÁTICAS PARA A DESINFECÇÃO DE ÁGUA 217
7.1 Introdução 217
7.2 Alguns aspectos teóricos da cloração 218
7.3 Produtos químicos usados na cloração 221
7.4 Equipamentos empregados na desinfecção 222
7.5 Dosagens empregadas 228
7.6 Aparelhos comparadores para cloro residual 229
7.7 Primeiros socorros 230

LISTA DE FIGURAS

F 1 — O ciclo hidrológico 9
F 2 — Órgãos constitutivos de um sistema de abastecimento urbano 32
F 3 — Processo de tratamento de águas de abastecimento 35
F 4 — Meios de transmissão de doenças pelos dejetos 43
F 5 — Ciclo do Nitrogênio 46
F 6 — Privada com fossa seca ou higiênica 48
F 7 — Detalhes construtivos 49
F 8 — Bases de tijolos 49
F 9 — Casinha 50
F 10 — Localização da fossa seca (em corte) 51
F 11 — Localização da fossa seca (em planta) 52
F 12 — Privada com fossa estanque 53
F 13 — Privada com fossa de fermentação 53
F 14 — Privada com fossa de fermentação (com tanque superficial) 54
F 15 — Fossa negra 56
F 16 — Caixa de gordura e fossa absorvente 58
F 17 — Tanque séptico prismático 59
F 18 — Tanque séptico cilíndrico 60
F 19 — Tanque Imhoff 61
F 20 — Tanque Imhoff para escolas 61
F 21 — Fossas absorventes 63
F 22 — Irrigação superficial — campo de absorção 64
F 23 — Campo de absorção 64
F 24 — Trincheira filtrante 66
F 25 — Caixa de distribuição 67
F 26 — Teste de percolação 68
F 27 — Atmosfera — subdivisão esquemática 158
F 28 — Perfis de temperatura 166
F 29 — Pluma esquemática 167
F 30 — Dispersão da pluma esquemática 167
F 31 — Custo dos efeitos da poluição do ar e seu controle versus grau de controle 174

F 32 — Dimensões do recipiente — padrão utilizado para coletar poeira sedimentável (TPS) 176
F 33 — Haivol montado no abrigo 177
F 34 — Método OPS/OMS — Amostragem de poeira e SO_2 178
F 35 — Esquema de uma câmara gravitacional 183
F 36 — Esquema de um ciclone 184
F 37 — 187
F 38 — Privada com fossa seca 209
F 39 — Depósito de lixo coberto (plataforma de madeira) 210
F 40 — Depósito de lixo coberto (plataforma de concreto) 211
F 41 — Depósito de lixo aberto 212
F 42 — Distribuição do HOCl e OCl^- na água em função de pH 218
F 43 — Duração do contato com cloro em minutos. Eficiência de desinfecção de água contendo E-Coli com cloro livre e combinado na dosagem de 1 mg/l 219
F 44 — Curva representativa do ponto de inflexão (Break Point) N=1mg/l 220
F 45 — Ejetor para aplicação de cloro-gás 223
F 46 — Montagem para pressões, no ponto de aplicação, dentro dos limites de utilização da bomba dosadora 225
F 47 — Montagem para pressões, no ponto de aplicação, acima dos limites de utilização da bomba dosadora 225
F 48 — Montagem recomendada para grande dosagem do desinfetante, superior a 5 1/h de solução desinfetante a 1% de cloro disponível 226
F 49 — Montagem recomendada para dosagem pequena de desinfetante, inferior a 5 1/h de solução desinfetante a 1% de cloro disponível 226
F 50 — 227
F 51 — 227
F 52 — 227
F 53 — 227
F 54 — Frasco de Mariotte 227
F 55 — Comparador para cloro residual 230

LISTA DE QUADROS

Q 1 — Resumo dos diversos padrões de potabilidade 15
Q 2 — Resumo do decreto nº 33.047, de 4 de julho de 1958 — São Paulo, que padroniza a condição de potabilidade das águas de alimentação 16
Q 3 — Dados de Saturnino de Brito 24
Q 4 — Dados para criação de animais (importantes para as zonas rurais) 24
Q 5 — Largura das valas 65
Q 6 — Caracteres morfológicos dos ratos 130
Q 7 — Caracteres morfológicos que permitem distinguir um camundongo de um rato jovem 130
Q 8 — Tipos de indústrias e respectivos sistemas de redução de carga poluidora . 140

LISTA DE TABELAS

T 1 — Composição da atmosfera 159
T 2 — Propriedades da atmosfera. 160
T 3 — Emissão de poluentes por fontes naturais 162
T 4 — Emissão de poluentes — Região Metropolitana de São Paulo, 1977 — em ton./dia 164
T 5 — Destino dos poluentes atmosféricos. 165
T 6 — Dano da poluição do ar a vários materiais 171
T 7 — Freqüência de amostragem 175
T 8 — Comparações econômicas de vários sistemas coletores(4) (60 000 pés^3 /min; 68º F; 5 grãos/pé^3) 185
T 9 — Custo de equipamento (dólares/pés^3/min.) 190
T 10 — Valores recomendados para residual mínimo de cloro livre e combinado para ação bactericida em função do pH 228

CAPÍTULO I

ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

Equipe do Departamento de Saúde Ambiental — USP

I – ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Saúde

Inicialmente devemos assinalar os seguintes princípios básicos:

- O gozo de melhor estado de saúde constitui um direito fundamental de todos os seres humanos, sejam quais forem suas raças, suas religiões, suas opiniões políticas, suas condições econômicas e sociais (preâmbulo da Constituição da Organização Mundial da Saúde).
- Saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças. Esta definição leva em conta que o homem é um ser que se distingue não somente por suas atividades físicas, mas também por seus atributos mentais, espirituais e morais e por sua adaptação ao meio em que vive. (Organização Mundial da Saúde).

Muitas e variadas podem ser as causas de doenças. Algumas são próprias do organismo, ou seja, internas – por defeito na constituição ou por razões hereditárias. Outras, externas, mais numerosas e freqüentes que as anteriores, procedem do meio físico ou biológico.

Os micróbios e os vermes, agentes biológicos, podem chegar diretamente ao organismo são, ou indiretamente, transportados por veículos animados (moscas, mosquitos e etc.) ou por veículos inanimados (ar, água, objetos, utensílios, roupas e etc.).

Os agentes físicos (calor, frio, eletricidade, radioatividade) alteram o equilíbrio do corpo humano. Uma ação similar pode ter certos agentes químicos que contaminam o ar, a água e os alimentos e intoxicam os organismos.

Os trabalhadores de algumas indústrias sofrem freqüentemente a ação perniciosa dos materiais que produzem ou manejam.

A saúde se ressente da iluminação adequada, da má ventilação, da fadiga, dos ruídos ou da alimentação deficiente.

A estas causas devemos agregar outras, muito mais indiretas, que conspiram contra o bem-estar dos seres humanos: a ignorância, o analfabetismo, a miséria e a promiscuidade, a habitação inadequada, os hábitos tóxicos (alcoolismo, por exemplo), etc. Por outro lado, as tensões, as preocupações e os problemas da vida moderna são grandes inimigos da vida sã, da mente sã e do corpo são.

1.2 Saúde pública

Tanto a saúde como a doença encerram problemas que a Saúde Pública trata de resolver. Além de conservar e melhorar a saúde, a Saúde Pública se encarrega de prevenir a doença, orientando não apenas o homem doente, mas também o homem são e investigando as causas das doenças que existem no ambiente que o rodeia.

Saúde Pública: é a ciência e a arte de promover, proteger e recuperar a saúde, através de medidas de alcance coletivo e de motivação da população.

À Saúde Pública cumpre principalmente as funções de educar e prevenir.

A Saúde Pública tem como colaboradores principais:

- a medicina preventiva e social, e
- o saneamento do meio.

A medicina preventiva, que se distingue da medicina curativa, atua através do exame periódico, da imunização, da educação sanitária e de outras medidas.

Do conjunto de fatores, sejam necessidades ou direitos, que influem sobre o bem-estar do homem e sua família, destacam-se: o pleno gozo das liberdades humanas; a educação e a cultura; o trabalho, a alimentação, a moradia e o vestuário; e a recreação.

Quando alguns deles incidem sobre a saúde, a medicina social intervém, não recorrendo aos medicamentos tradicionais, mas aos recursos que a ação solidária da sociedade coloca a serviço do homem por meio da assistência social e da previdência social.

1.3 Saneamento do meio

A fixação do homem em qualquer região está intimamente vinculada à disponibilidade, quantitativa e qualitativa, da energia necessária à sua subsistência: luz solar, ar, água e alimento.

A eficiência do homem ao consumir energia não é total, resultando desta utilização diversos tipos de resíduos, entre os quais predominam: esgoto e lixo.

O instinto que conduz o homem a se fixar próximo às fontes de energia não se propaga suficientemente para imbuí-lo da necessidade de afastar seus resíduos.

Este comodismo natural possibilita um contato íntimo entre as fontes de energia e os resíduos, e o homem se submete paulatinamente ao consumo de energias impuras, cujas proporções podem se tornar indesejáveis à vida. Assim, o agravamento das condições de salubridade de uma comunidade pode atingir níveis inadequados, prejudiciais à saúde e ao desenvolvimento da comunidade. Neste estágio, o instinto de autoconservação das comunidades mais evoluídas reage com a implantação de medidas destinadas à correção das causas interferentes na qualidade e quantidade das fontes de energia.

A evolução ordenada destes conceitos forma sistemas de organização coletiva, denominados Sistemas de Saneamento:

- Sistemas de Abastecimento de Água.
- Sistemas de Esgotos Sanitários.
- Sistemas de Drenagem Urbana.
- Sistemas de Limpeza Pública.
- Sistemas de Controle de Alimentos.
- Sistemas de Controle de Poluição do Ar, das Águas e do Solo, etc.

Saneamento do Meio pode ser definido como "o controle de todos os fatores do meio físico do Homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental e social" (Organização Mundial da Saúde).

Os objetivos do Saneamento do Meio são:

- Abastecimento de água.
- Coleta e disposição de águas residuárias (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais, águas pluviais).
- Acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou destino dos resíduos sólidos, e limpeza urbana.
- Combate à poluição das águas, do ar e do solo.
- Controle de artrópodes de importância em Saúde Pública (moscas, mosquitos, baratas, etc.).
- Controle de roedores (ratos, etc.) de importância em Saúde Pública.
- Saneamento de alimentos (leite, carne e outros).
- Saneamento nos meios de transporte.
- Saneamento de locais de reunião e recreação.
- Saneamento de locais de trabalho.

- Saneamento de escolas.
- Saneamento de hospitais.
- Saneamento da habitação.
- Saneamento no planejamento territorial.
- Saneamento em situação de emergência.
- Aspectos diversos de interesse no saneamento do meio (cemitérios, ruídos, etc.).

A expressão Saneamento Básico é reconhecida no Brasil, no estágio atual, como a parte do Saneamento do Meio que trata de problemas que dizem respeito ao abastecimento de água, à coleta e disposição dos esgotos sanitários, incluindo os resíduos líquidos industriais, ao controle da poluição por esses esgotos e, devido à explosão urbana em alguns centros, também à drenagem urbana (águas pluviais) e ao acondicionamento, coleta, transporte e destino dos resíduos sólidos.

Saneamento Básico é a condição essencial para o bem-estar humano, oferecendo situações de produtividade e melhor atuação na vida em sociedade.

Convém salientar o significado econômico dos serviços e obras que se realizam no campo do Saneamento Básico, sob dois aspectos ligados às características do líquido como se apresenta:

a) em primeiro lugar, a disponibilidade de uma matéria-prima essencial na atividade humana, que é a água, em condições de ser utilizada. Significa água aproveitável com custo econômico adequado aos processos produtivos e no oferecimento às populações para as quais satisfaz uma necessidade primária de vida;

b) em segundo lugar, como conseqüência do seu uso, a água não passa a ser um simples resíduo rejeitado e abandonado na natureza; e isso porque, situando-se na faixa de recurso natural escasso, a sua utilização posterior tem de ser obrigatoriamente levada em conta, resultando, assim, o controle da poluição e a necessidade de dar um destino final adequado às águas residuárias.

2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.1 Água: recurso natural

2.1.1 Introdução

A água é o melhor solvente que se conhece. Nela encontramos um sem número de substâncias e elementos dissolvidos.

Água pura, no ponto de vista químico, é um conceito limite. Pode-se dizer que sua existência é hipotética.

A obtenção de água com elevado grau de pureza, em laboratório, exige aparelhos e cuidados especiais. O aparelhamento deve ser de platina e estanho, metais que não sofrem praticamente nenhuma dissolução pela água, uma vez que o vidro é parcialmente dissolvido, fornecendo à água pequenas quantidades de hidróxido de sódio, ácido silício, boro e etc.. Durante o processo da purificação e depois, quando armazenada, a água deve estar inteiramente protegida do contato com o ar atmosférico, pois do contrário ela dissolverá instantaneamente gás carbônico, oxigênio e outros gases.

2.1.2 Ciclo hidrológico

A quantidade de água existente na Terra é imutável no tempo, se considerada em conjunto.

Ela varia nas diversas porções em que se apresenta, quer constituindo os oceanos, mares, rios e lagos, quer os lençóis subterrâneos e o vapor da atmosfera.

Essa variação resulta de sua passagem de um para outro manancial, devido sua mobilidade e facilidade com que muda de estado físico, nas condições naturais de calor. Este movimento perene de água é conhecido por ciclo hidrológico, representado esquematicamente pela Figura 1.

O ciclo hidrológico é a contínua circulação da água em nosso planeta. Não tem início nem fim, mas o conceito de ciclo hidrológico comumente começa com as águas do oceano, uma vez que cobrem cerca de 3/4 de superfície terrestre.

A irradiação solar evapora a água do oceano. O vapor de água sobe e forma as nuvens. Sob certas condições, as nuvens se condensam e se precipitam sob a forma de chuva, granizo ou neve.

A precipitação sobre a superfície do solo é a origem de todos os nossos suprimentos de água potável. Dela depende a reposição da quantidade de água que é a retirada dos lagos, cursos superficiais e poços, para os numerosos usos.

Uma parte da precipitação, depois de molhar a folhagem e o solo, escorre sobre a superfície do terreno em direção aos cursos de água. Outra parte se infiltra no solo. Grande parte da água que penetra no solo é retirada na zona das raízes das plantas, retornando eventualmente à superfície, através dos vegetais ou pela capilaridade do solo. Parte, porém, se infiltra abaixo da zona das raízes até alcançar o lençol de água subterrânea.

Ao juntar-se à massa de água subterrânea, a água infiltrada move-se através dos poros do material do subsolo, podendo reaparecer na superfície, em nível inferior ao que penetrou no lençol aqüífero. A água subterrânea sai naturalmente em tais lugares em forma de vertente, que mantém o fluxo dos cursos ou coleções de água em perído de estiagem.

Os cursos, carreando as águas do escoamento superficial e a descarga natural da água subterrânea, fazem-nas retornar ao oceano.

O ciclo hidrológico é, pois, o caminhamento da água do oceano passando por diversas fases e retornando novamente ao oceano.

No ciclo hidrológico distinguimos as seguintes fases:

- evaporação: na superfície das águas
  no solo
  pela transpiração dos vegetais
- precipitação
- escoamento superficial
- infiltração

Embora a maior parte da umidade atmosférica provenha da evaporação marítima, a evaporação dos lagos, dos cursos superficiais e do solo mais a transpiração das folhas das plantas, concorrem para o total. Calcula-se que aproximadamente 335.000 Km^3 de água são evaporadas anualmente no oceano e que 65.000 Km^3 são evaporadas das áreas continentais.

A precipitação total da atmosfera é igual à evaporação. Assim, 400.000 Km^3 de água caem sobre a terra, cada ano; às superfícies continentais cabem cerca de 100.000 Km^3 desse total.

O escoamento superficial pode ser direto ou indireto.

O escoamento indireto apresenta duas fases: na primeira há um escoamento subterrâneo e na segunda o aparecimento de fontes.

As fontes podem ser: emergentes e aflorantes.

A água que se infiltra no solo chama-se subsuperficial.

Nem toda a água que se infiltra se torna água subterrânea. Fundamentalmente, três acontecimentos podem resultar. Primeiro, a água pode voltar à superfície por capilaridade e evaporar-se na atmosfera. Segundo, pode ser absorvida pelas raízes das plantas e retornar à atmosfera pela transpiração do vegetal. Terceiro, a água que penetrou bastante, desce por gravidade até atingir uma zona saturada de água, zona de saturação, que constitui o lençol de água subterrânea e que abastece os poços; acima dela existe a chamada zona de aeração (não-saturada), parcialmente ocupada pela água.

A água da zona de saturação é a única proveniente das águas subsuperficiais que propriamente constitui a água subterrânea.

As formações ou camadas da zona saturada, nas quais se pode obter água para uso proveitoso, são chamadas formações aqüíferas, lençóis aqüíferos, reservatórios de água subterrânea ou, simplesmente, aqüíferos. Assim, aqüífero é uma unidade geológica saturada que fornece água a poços e nascentes.

Aqüífero freático, ou livre, ou lençol freático, é aquele em que a água se encontra livre, com sua superfície sob atuação direta da pressão atmosférica. Aqüífero artesiano, ou confinado, ou lençol artesiano, é aquele em que a água nele contida se encontra confinada entre camadas impermeáveis e sujeita a uma pressão maior que a pressão atmosférica.

A superfície superior da zona de saturação, ou do aqüífero, é chamada superfície do lençol ("water table"). Depende da topografia do terreno, tendendo em geral a acompanhar a conformação da superfície do solo.

A superfície livre do lençol freático não é estacionária: move-se periodicamente para cima e para baixo, conforme seja o período das águas ou da estiagem.

Quando um poço é perfurado através da camada superior confinante, atingindo o lençol artesiano, a água se eleva no poço; o nível de água atinge assim uma cota superior à da camada aqüífera; neste caso, se a água se elevar acima da superfície do solo, resulta um poço artesiano jorrante ou surgente. Em caso contrário o poço é artesiano não jorrante.

2.1.3 Classificação das águas naturais

Segundo o ciclo hidrológico, temos águas:

- meteóricas (chuvas, neve, granizo);
- osuperficiais; e
- subterrâneas.

2.1.4 Influência do ciclo hidrológico sobre a pureza das águas naturais

A água, como vimos, possui a capacidade de dissolver com facilidade numerosas substâncias.

Quando se precipita sob a forma de chuva, ou neve, a água vai absorvendo oxigênio, nitrogênio, gás carbônico, gás sulfídrico, cloretos, substâncias radioativas, além de poeiras, fumaças e outros elementos existentes no ar; bactérias e esporos de vegetais diminutos, também são carreados. Ao retirar o gás carbônico, presente na atmosfera, a água se acidifica, aumentando ainda mais a sua ação de solvente.

A água, ligeiramente acidificada, que corre sobre a superfície, dissolve, em maior ou menor extensão (conforme tempo de contato e grau de solubilidade), sais presentes nos minérios existentes em seu caminho.

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

Assim, um terreno contendo calcário (que são carbonatos de cálcio e magnésio) fornecerá uma água dura. A água não contendo CO_2 não dissolveria praticamente os calcáreos, porém, contendo CO_2, este reage com os carbonatos transformando-os em bicarbonatos, que são solúveis.

A água é também acidificada quando entra em contato com matéria orgânica em decomposição, a qual liberta CO_2, gás sulfídrico, amoníaco e etc; esta matéria orgânica em geral é de origem vegetal.

O gás sulfídrico é transformado posteriormente em sulfitos e sulfatos, e o amoníaco, em nitritos e nitratos.

A matéria orgânica em decomposição liberta também substâncias orgânicas coloridas, que são dissolvidas pela água ou postas em fino estado de suspensão (estado coloidal), colorindo a água. Por outro lado, o ferro e o manganês podem estar associados a essas substâncias orgânicas, ocasionando também a cor.

Mas, além da capacidade de solvente, a água tem outra, função da velocidade com que ela caminha sobre a superfície da terra, que é carrear materiais suspensos. Essa matéria suspensa é que confere à água o que chamamos de turbidez.

Existe também no corpo de um curso d'água, uma grande variedade de organismos vivos, tais como algas, protozoários, etc., que podem conferir gosto, cor e odor às águas.

A parte da água que se infiltra vai perdendo a turbidez, devido à filtração feita pelo terreno, mas a ação solvente da água continua presente e o gás carbônico também tem sua ação sobre os carbonetos, transformando-os em bicarbonatos solúveis.

Se receber ou não as águas residuárias é um outro fator que influi consideravelmente nas quantidades de materiais que uma água contém, pois elas podem conter uma série enorme de bactérias patogênicas ou não (quando provindas dos esgotos sanitários), e uma variedade grande de produtos químicos (quando provindos dos resíduos industriais). Este fator tanto tem atuação sobre as águas superficiais como sobre as subterrâneas, principalmente as do lençol freático.

Resumindo:

A água, percorrendo seu ciclo da Natureza, dissolve e carreia substâncias minerais e orgânicas que lhe conferem um caráter físico-químico bem definido em cada região ou localidade, e ainda se incorporam na água uma grande quantidade de microrganismos que podem provir do ar, do solo e das águas residuárias. Porém, praticamente, todo o risco de infecções, ligadas à água, prende-se à presença de microrganismos patogênicos orginários dos esgotos sanitários.

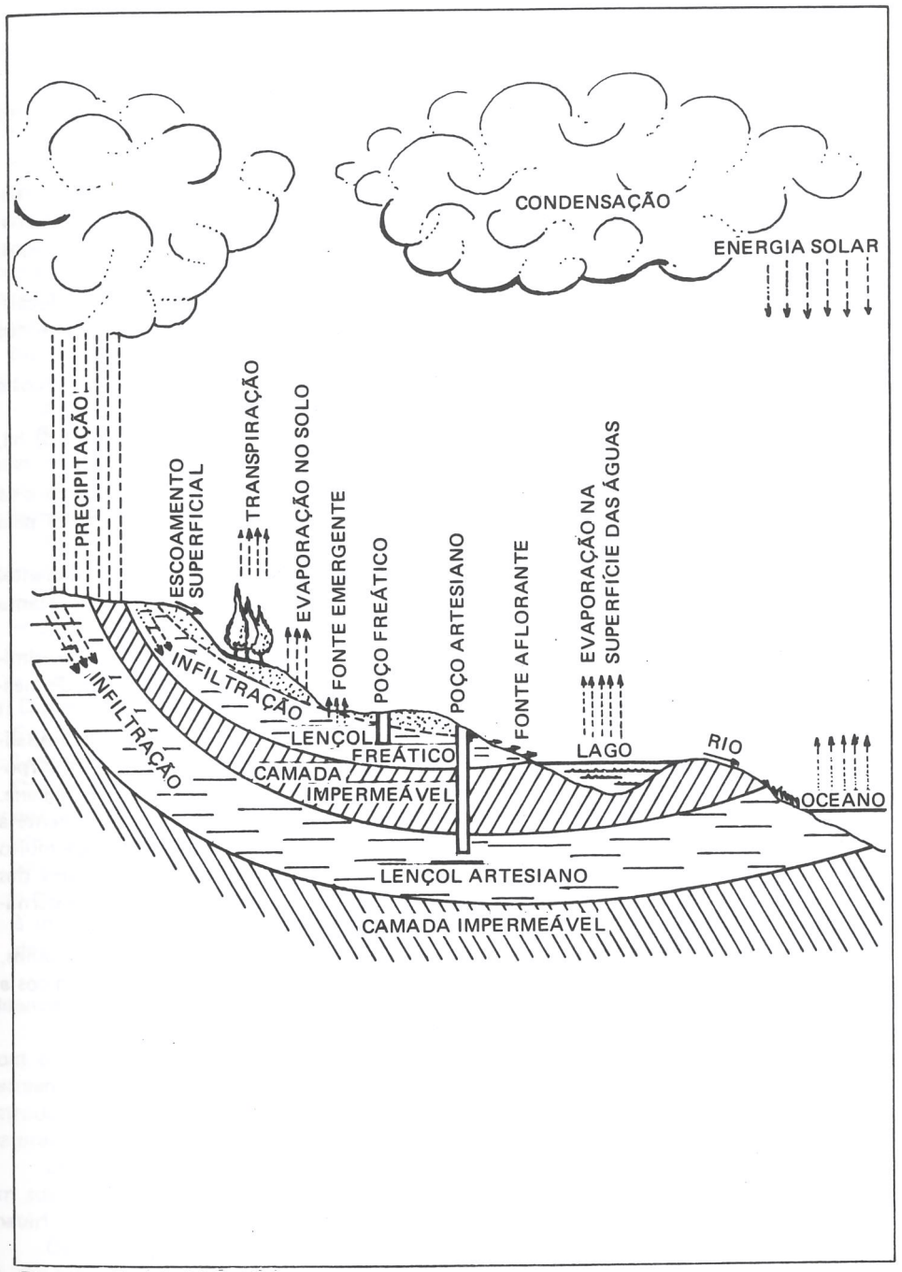


Figura 1. O ciclo hidrológico.

2.2 A água na transmissão de doenças

2.2.1 Usos da água e saúde

Dos muitos usos que a água pode ter, alguns estão muito intimamente relacionados com a saúde humana:

a) água ingerida na dieta;
b) água utilizada no asseio corporal ou a que, por razões profissionais ou outras quaisquer, venha a ter contato direto com a pele ou mucosas do corpo humano: ex: trabalhadores agrícolas em cultura por inundações, lavadeiras, atividades recreativas (lagos, piscinas, etc.);
c) água empregada na manutenção da higiene do ambiente e, em especial, dos locais, instalações e utensílios usados no manuseio, preparo e apresentação de alimentos (domicílio, restaurantes, bares, etc.);
d) água utilizada na rega de hortaliças ou nos criadores de moluscos — ostras, mariscos e mexilhões.

Em a) e b) há contato direto entre a água e o organismo humano; em c) e d) há, principalmente, contato indireto.

Segundo a "OMS", aproximadamente um quarto dos leitos existentes em todos os hospitais do mundo estão ocupados por enfermos, cujas doenças são ocasionadas pela água.

A nocividade da água pode resultar de má qualidade ou de quantidade insuficiente.

Em a) e d) influi a qualidade, e em b) e c), além da qualidade, é muito importante a quantidade disponível, que em alguns casos é fator preponderante.

A relação entre a qualidade de água e doenças, intuitivamente suspeitada ou admitida desde a mais remota antiguidade, só ficou provada cientificamente, a partir de meados do século passado (epidemia de cólera em Londres, 1854 — John Snow).

Reconhece-se que o fator quantidade tem tanta ou mais importância que a qualidade, na prevenção de algumas doenças. A escassez da água, dificultando a limpeza corporal e a do ambiente, permite a disseminação de enfermidades associadas à falta de higiene. Assim, a incidência de certas doenças diarréicas, do tipo shigelose, varia inversamente à quantidade de água disponível "per capita", mesmo que essa água seja de qualidade muito boa. A tracoma, que ocorre em vastas áreas de zona rural brasileira, tem como uma das bases de sua profilaxia, o abastecimento d'água no domicílio, em quantidade para permitir o asseio corporal satisfatório.

Também algumas doenças cutâneas e infecções por ectoparasitos, como os piolhos, podem ser evitados ou atenuados onde existe conjugação de bons hábitos higiênicos e quantidade de água suficiente.

2.2.2 Água e doenças

As doenças relacionadas com a água podem ser causadas por:

- agentes microbianos
- agentes químicos

Doenças causadas por agentes microbianos

São as doenças que apresentam caráter infeccioso ou parasitário.

Quanto às vias de penetração no organismo, podemos ter doenças por:

- via predominantemente oral

- via principalmente cutânea — mucosa

(a) doenças adquiridas por via oral

Agrupando as doenças por via predominantemente oral, segundo a importância da água como veículo, teremos:

- Num primeiro grupo:
  - cólera
  - febre tifóide
  - febres paratifóides

A veiculação dos agentes etiológicos destas moléstias através da água é a mais freqüente e a mais eficiente; para comprová-lo basta lembrar o declínio da incidência da febre tifóide e o desaparecimento da cólera em todos os países que adotaram práticas eficientes de purificação da água potável.

- Num segundo grupo:
  - desinteria bacilar
  - desinteria amebiana

Podem ser incluídas como doenças de veiculação hídrica, mas não serem classificadas de parelha com o primeiro, ou seja, existem outros meios de difusão mais atuantes na maioria dos casos.

- Num terceiro grupo:

A importância da água como veículo seria pequena ou ainda não comprovada e as doenças, apresentadas na seqüência dessa importância, são:

  - hepatite infecciosa
  - poliomielite
  - tuberculose
  - helmintoses

(b) Doenças adquiridas principalmente por via cutânea — pele ou mucosas

- Esquistossomose
- Leptospiroses
- Outras doenças que se referem aos banhos em piscinas, praias, rios, etc.: doenças nos olhos, ouvidos e vias aéreas superiores (conjuntivites, otites, corizas, sinuzites, etc.) têm sido atribuídas a banhos em piscinas, praias, etc., imputando-se a responsabilidade, seja à contaminação microbiana da água, seja à própria flora normal da pele e mucosas, porque a imersão prolongada diminui a resistência dos tecidos, prepara-os à invasão por esses germes, que de outro modo seriam detidos pelas defesas naturais de barreira cutâneo-mucosas.

Doenças causadas por agentes químicos

Vimos que a água, através de seu ciclo hidrológico, está em permanente contato com os constituintes da atmosfera e da crosta terrestre, dissolvendo muitos elementos e carreando outros em suspensão. Além disso, o homem, por suas múltiplas atividades, nela introduz substâncias das mais diversas naturezas. Assim, podemos distinguir poluentes naturais e artificiais.

Os poluentes naturais compreendem substâncias minerais e orgânicas, dissolvidas ou em suspensão, e gases provenientes de atmosfera ou das transformações microbianas de matéria orgânica.

Os poluentes artificiais, podem resultar:

- das substâncias empregadas no tratamento da água: sulfato de alumínio, cal, etc.

- do uso crescente de pesticidas (herbicidas, carrapaticidas, inseticidas, raticidas, etc.), largamente empregadas no combate às pragas da agricultura e aos vetores de doenças humanas e de animais. Em sua grande maioria são compostos orgânicos sintéticos, que, de um modo ou de outro, podem poluir as águas subterrâneas ou superficiais.
- dos despejos das indústrias e que compreendem uma variedade enorme de produtos.
- dos esgotos sanitários que, além de substâncias como detergentes, encerram matéria orgânica, cujas transformações por ação microbiana têm muita importância para o balanço de oxigênio dos cursos d'água, ao lado de outras alterações de natureza química que aí podem promover.
- da emissão das chaminés das fábricas, incineradores, etc. Algumas dessas substâncias acabam por se precipitar diretamente na água ou para ela são carreadas pelas chuvas, ou em decorrência do processo de incineração, por exemplo.

Os efeitos que os poluentes naturais ou artificiais podem ter sobre o organismo humano dependem da concentração da substância na área, da toxidez específica para o ser humano e da suscetibilidade individual, que é variável de pessoa a pessoa.

Praticamente, para todos os poluentes existem concentrações inofensivas, que aumentadas podem começar a agir sobre o organismo e, se atingirem um certo nível, os fenômenos tóxicos se acentuarão, sendo capazes de levar até a morte. Às vezes os sintomas são agudos, mas em outros casos, quando o tóxico é cumulativo, doses que, isoladamente, seriam inofensivas, com o consumo continuado, podem acarretar doenças de eclosão tardia. Em poucos casos, ao contrário, os malefícios decorrem, não do excesso, mas da carência do elemento na água, e esta ação também se revela a longo prazo; é o caso do iodo, por exemplo, que em quantidade inferior pode causar o bócio.

2.2.3 Observações

Deve-se assinalar que a água é imprescindível ao ciclo biológico de muitos vetores animados, de graves enfermidades. Por exemplo, os mosquitos que transmitem a malária e a febre amarela têm a fase larvária, obrigatoriamente, em meio aquático.

A água é de importância básica na transmissão da cólera, febre tifóide, febre paratifóide e esquistossomose; é de menor importância na transmissão das desinterias bacilar e amebiana.

O perigo de transmissão de doenças infecciosas pela água se refere, na prática, às doenças infecciosas intestinais, e a profilaxia gira em torno das seguintes medidas:

- proteção dos mananciais, inclusive medidas de controle de poluição das águas;
- tratamento adequado da água, com operação continuamente satisfatória;
- sistema de distribuição de água bem projetado, construído, mantido e operado. Deve-se manter a água na rede, sempre que possível com pressão adequada;
- controle permanente de qualidade bacteriológica e química da água na rede de distribuição, ou, preferivelmente, na torneira do consumidor;
- solução sanitária para o problema dos esgotos, incluindo os sistemas de coleta e destino, com ou sem tratamento, conforme o indicado, mas tendo sempre como uma das finalidades a proteção do abastecimento de água potável;
- na zona rural, observar as medidas indicadas para a proteção dos poços, nascentes e mananciais de superfície, inclusive a construção dos sistemas mais aconselháveis para o destino satisfatório dos dejetos, evitando a poluição direta da superfície do solo ou das coleções líquidas;

- melhoria da qualidade da água suprida às pequenas comunidades, auxiliando-as técnica e financeiramente a utilizarem métodos simples e pouco dispendiosos de tratamento, inclusive desinfecção, quando necessário;
- ao lado dessas medidas, que dizem respeito à água, a profilaxia das doenças infecciosas intestinais envolvem outras medidas de Saneamento do Meio:
  - controle de moscas;
  - cuidados com os alimentos e manipuladores dos mesmos.

2.3 Caracterização da água de abastecimento

2.3.1 Impurezas

A expressão "água pura" ou "água potável" tem sido convencionalmente adotada para exprimir uma água satisfatória para uso doméstico.

O conceito de "impureza da água" tem um significado muito relativo, dependente inteiramente do uso específico para o qual a água se destina.

As impurezas mais encontradas nas águas de abastecimento são:

- em suspensão:
  - bactérias
  - microrganismos (algas e protozoários)
  - areia, silte e argila
  - resíduos industriais e domésticos
- em estado coloidal:
  - substâncias corantes vegetais
  - sílica
- em dissolução:
  - sais de cálcio e magnésio
  - sais de sódio
  - ferro
  - manganês
  - gases (oxigênio, CO_2, etc.)
  - nitritos e nitratos

Além dessas substâncias, as águas apresentam:

- substâncias de interesse especial: flúor, iodo e substâncias radioativas;
- substâncias que podem causar envenenamento: arsênio, cromo, cobre, chumbo, etc.;
- substâncias que em excesso têm efeito laxativo: magnésio, sulfatos e sólidos totais;
- substâncias que em concentração normal não têm efeito adverso: alumínio, boro, rádio, prata, zinco, etc..

2.3.2 Conceito de qualidade da água para abastecimento

Do ponto de vista da potabilidade, o conceito de pureza de água é totalmente diferente do conceito químico.

A pureza química da água é não só dispensável como até mesmo indesejável. A água "quimicamente" pura é insípida, principalmente quando não contém gás carbônico e oxigênio dissolvidos.

Muitos dos compostos minerais ou elementos químicos que se encontram dissolvidos nas águas naturais constituem fatores de grande importância fisiológica, seja como

nutriente, seja como mantedores do equilíbrio físico-químico do meio interno. Entre outros, merecem destaque especial, dada a sua carência em outros tipos de alimentos, o iodo e o fluor, cuja ausência na alimentação pode respectivamente provocar distúrbios como o bócio e a cárie dentária em uma população que não disponha de outras fontes desses nutrientes.

Não se consideram inadmissíveis para fins domésticos, finalidade precípua do abastecimento público de água, águas que contenham impurezas, porque não se julga a qualidade de uma água de modo absoluto. Estabelecem-se limites de tolerância para impurezas segundo um princípio: "a condição ideal é difícil de ser obtida na prática e seria um desperdício e, ainda, uma falta de expediente exigir precisão além da que se poderia obter imediatamente, com os recursos correntes de engenharia, sob custos justificáveis".

A especificação de tais limites constitui o escopo dos "padrões de potabilidade da água".

2.3.3 Padrões de potabilidade

Os padrões de potabilidade indicam ou fixam os limites gerais aceitáveis para as impurezas contidas nas águas destinadas ao abastecimento público.

Os padrões podem ser estabelecidos, exigidos, adotados ou recomendados por:

- órgãos internacionais — (Organização Mundial da Saúde)
- instituições técnicas — (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
- entidades governamentais — (do Estado de São Paulo, por exemplo).

Como conseqüência do princípio enunciado no item anterior, conclui-se que os padrões vão-se tornando cada vez mais rigorosos, à medida que a técnica evolui.

O critério de potabilidade adotado pelos padrões é:

"A água destinada ao consumo humano deve ser isenta de contaminantes químicos ou biológicos, além de apresentar certos requisitos de ordem estética".

Entre os contaminantes químicos estão compreendidos os elementos ou compostos tóxicos, inclusive os de origem orgânica, e os elementos emissores de radiações ionizantes.

Entre os contaminantes biológicos são citados organismos patogênicos, principalmente vírus, bactérias, protozoários e vermes que, veiculados pela água, possam parasitar o organismo humano por ingestão ou simples contato.

Os requisitos de ordem estética são, principalmente, baixos índices de cor e turbidez e ausência de propriedades organolépticas — odor e sabor.

2.3.4 Exames, análises e pesquisas usados para a caracterização da qualidade de uma água

- Exame físico: indicação e medida de certas propriedades ou condições físicas.
- Análise química: determinação quantitativa de qualquer substância orgânica ou inorgânica que possa ser venenosa, injuriosa ou inconveniente; dosagem de substâncias desejáveis; pesquisa de compostos que sirvam de índices de poluição.
- Exame bacteriológico: indicação da presença de microrganismos patogênicos, através de pesquisa de coliformes.
- Exame hidrobiológico: identificação e contagem de microrganismos vegetais e animais capazes de conferir gosto e sabor desagradáveis à água, ou causar distúrbios no sistema de abastecimento.
- Inspeção sanitária de campo: investigação das condições físicas do sistema de abastecimento, em relação a causas potenciais de poluição.

Quadro 1 — Resumo dos diversos padrões de potabilidade (índices em mg/litro)

CARACTERÍSTICAS	U.S.P.H.S. 1962 (1)	ABNT—PB—19 Recomendado	ABNT—PB—19 Tolerado	Org. Mundial da Saúde Permissível	Org. Mundial da Saúde Excessivo
FÍSICOS					
Turbidez	5	1	5	5	25
Cor	15	10	30	5	50
Odor ou cheiro	3	inobjetável		inobjetável	
Sabor	aus. sabor	inobjetável		inobjetável	
QUÍMICOS					
ABS	0,5	—	—	—	—
Manganês (em Mn)	0,05	—	0,1	0,1	0,5
Chumbo (em Pb)	0,1(0,05)	—	0,1	0,1	—
Cobre	1,0	—	3,0	1,0	1,5
Zinco	5,0	—	15,0	5,0	15,0
Ferro (em Fe)	0,3	—	0,3	0,3	1,0
Magnésio (em Mg)	125,0	—	—	5,0	15,0
Arsênico (em As)	0,01(0,05)	0,08	0,10	0,2	—
Selênio (em Se)	(0,01)	—	0,05	0,05	—
Cromo (hexavalente)	0,05	—	0,05	0,05	—
Flúor	—	1,0	1,5	—	—
Cloretos (Cl)	250	—	250	200	600
Comp.fenol (fenol)	0,001	—	0,001	0,001	0,002
Sulfatos	250	—	250	200	400
Dureza ($CaCO_3$)	—	100	200	—	—
Cloro livre	—	0,2	0,5	—	—
Nitrog. nítrico	45	—	—	—	50
Sólidos totais	500	500	1000	500	1500
Cianetos (em CN)	0,01(0,2)	—	—	0	—
Cálcio (em Ca)	—	Limites p/ dureza		75	200
pH	—	pH(saturação) 6		7,0-8,5	6,5 9,2
BACTERIOLÓGICOS N.M.P. Coliformes		Tratadas		90% tempo inf. 1 100% tempo inf. 10	
100 ml	1	Naturais		90% tempo inf. 10 100% tempo inf. 20	

OBS: (1) Os números entre parênteses correspondem à rejeição; os demais, à recomendação. (Com base no quadro publicado no Manual do Curso Livre sobre "Operação e Manutenção de Estações de Tratamento de Água", pg. 215, realizado na Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de SP. — 1965).

Quadro 2 – Legislação de Águas para Consumo Humano. Parâmetros Físico-Químicos.

Parâmetros (Características)	Unidade (mg/l)	Decreto 12.486 de 20/10/78 NTA-60 (Estadual)			Decreto 79.367 de 09/03/77 Portaria 56 BSB de 13/03/77	
		Abastecimento Público	Fontes	Poços	VMD	VMP
1) **Físicos e Organolépticos**						
Aspecto	–	límpido	límpido	límpido	–	–
Cor	Pt/l (Hazen)	10-20	5	30	5	20
Odor	–	isento ou leve cloro	nenhum	nenhum	Não objetável	Não objetável
pH	–	5-9	4-10	5-10	–	–
Sabor	–	–	–	–	Não objetável	Não objetável
Turbidez	N.T.U.	2-5	5	10	1	5
2) **Químicos**						
Alcal. Hidróxidos	$CaCO_3$	–	0	0	–	–
Alcal. Carbonatos	$CaCO_3$	–	120	120	–	–
Alcal. Bicarbonatos	$CaCO_3$	–	–	250	–	–
Alumínio	Al	–	–	–	0,05	0,10
Arsênio	As	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Bário	Ba	1,0	1,0	1,0	–	1,0
Cádmio	Cd	0,01	0,01	0,01	–	0,01
Chumbo	Pb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Cianeto	CN	0,2	0,2	0,2	–	–
Cloretos	Cl	250	100	250	200	600
Cloro Residual	Cl_2	0,3	–	–	–	–
Cobre	Cu	1,0	1,0	1,0	0,2	1,0
Cromo Hexavalente	Cr	0,05	0,05	0,05	–	–
Cromo Total	Cr	–	–	–	–	0,05
Dureza	$CaCO_3$	–	300	100-200	–	–
Fenóis	C_6H_5OH	–	–	–	–	0,001
Ferro	Fe	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0
Fluoreto	F	1,0	1,0	1,0	–	0,6-1,7
Manganês	Mn	0,05	0,05	0,05	0,05	0,5
Mercúrio	Hg	–	–	–	–	0,002
Nitrogênio Amoniacal	N	–	0,05	0,08	–	–
Nitrogênio Albuminóide	N	–	0,08	0,15	–	–
Nitrogênio Nitrito	N	–	0-0,02*	0-0,02*	–	–
Nitrogênio Nitrato	N	10	2-5*	2-6*	–	10
Oxigênio Consumido	O_2	2,5	2,0	3,5	–	–
Prata	Ag	–	–	–	–	0,05
Selênio	Se	0,01	0,01	0,01	–	0,01
Sólidos Dissolvidos	–	–	–	–	500	1000
Sólidos Totais	–	500	500	500	500	1500
Sulfato	SO_4	250	–	–	–	–
Surfactantes	LAS	–	–	–	0,2	0,5
Zinco	Zn	5,0	5,0	5,0	1	5

Notas:
1) Os valores assinalados com asterisco são os máximos tolerados em face de exames bacteriológicos satisfatórios.
2) Os teores de fluoreto dependem da temperatura média diária do ar; consultar tabela específica na lei; quanto maior a temperatura, menor o teor de fluoreto admissível.
3) Há erros de impressão no original da Portaria 56, onde consta:
   – Bário 0,1 quando o correto é 1,0 mg/l Ba
   – Mercúrio 0,02 quando o correto é 0,002 mg/l Hg
4) No Decreto 12.486 não são tolerados resíduos de pesticidas e outras substâncias estranhas.
5) VMD = Valor máximo desejado
   VMP = Valor máximo permitido

2.3.5 Amostras para exame

A qualidade de uma água, dependendo das concentrações de impurezas tanto orgânicas como inorgânicas, nunca é estática, apresenta-se em contínuas mutações.

Conseqüentemente, o resultado de um exame retrata, apenas, condições reinantes no momento da retirada da amostra.

Além disso, o volume que se coleta para um exame é uma parcela muito pequena da quantidade total da água presente na ocasião; isoladamente pode ele não ser realmente representativo.

As amostras, portanto, devem satisfazer às seguintes condições básicas:

- serem constituídas de porções em número adequado, colhidas em pontos diferentes de modo, a poder representar o todo de onde provêm;
- serem colhidas com freqüência suficiente, para permitir que sejam acompanhadas as variações e as tendências de qualidade da água, dentro de intervalos de segurança prefixados;
- estarem a cargo de pessoas competentes, a fim de que se afastem ao máximo as causas de erro.

Nas especificações relativas aos padrões de potabilidade e aos métodos padrões de exame, são estabelecidas as condições a serem satisfeitas com relação às amostras (No Brasil tem-se obedecido ao "Standard Methods for the Examination of Water and Seeage" da "American Public Health Association" e da "American Water Works Association").

2.3.6 Exame físico

a) características analisadas:
   - temperatura
   - turbidez
   - cor
   - odor e sabor

Temperatura

Conceito: refere-se à temperatura da água no momento da colheita da amostra.
Determinação: usa-se termômetro. A temperatura é expressa, geralmente, em graus centígrados.

Turbidez

Conceito: a turbidez da água é devida à matéria em suspensão, como argila, siltre, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e partículas similares.
A medida de turbidez se baseia numa comparação entre a interferência à passagem de raios luminosos através da amostra e através de suspensões adotadas como padrões de medida.
Determinação:
A) Processo fundamental: determina-se a espessura da camada de água em exame através da qual se deve observar uma vela padronizada até que a imagem da chama desapareça. O aparelho usado denomina-se turbidímetro de Jackson. Consta de um tubo de vidro graduado e fechado inferiormente, uma vela padronizada e um suporte para a vela e para o tubo. Vai-se introduzindo a água no tubo e observando, através da massa líquida e no sentido do eixo do tubo, a chama da vela colocada sob a extremidade fechada do cilindro.

Quando se dá o desaparecimento da imagem da chama, lê-se na graduação do tubo a espessura da camada de água presente. A graduação do tubo permite leituras diretamente em "unidades de turbidez". Estas foram fixadas empiricamente e são expressas em "partes por milhão" — (uma parte por milhão, representada por *1 ppm*, equivale a um miligramo por litro).

B) Na prática, adotam-se certas suspensões como padrões de medida. Constituem-se de água destilada e partículas de sílica; são preparadas por meio de comparação com a escala do turbidímetro de Jackson; é conhecida como "escala de sílica".

A turbidez de uma amostra pode, assim, ser medida por comparação direta com as suspensões padrão. Usam-se aparelhos apropriados — turbidímetro de St. Louis, turbidímetro de Baylis.

Empregam-se também, em trabalhos de campo e em exame de rotina, aparelhos de fácil manejo, com graduação também referida ao turbidímetro de Jackson — turbidímetro de Hellige, turbidímetro do United States Geological Survey.

Cor

Conceito: a cor de uma água é devida unicamente às substâncias em solução; é a tonalidade mais clara ou mais escura apresentada pela água, após ter sido removida (por centrifugação) toda a matéria em suspensão. Em caso contrário é designado "cor aparente".

Determinação: introduz-se a amostra (ou diluições desta) em tubos transparentes padronizados e faz-se a sua comparação com soluções padrão de cores conhecidas.

As soluções padrão são constituídas de cloroplatinato de potássio dissolvido em água destilada.

A cor adotada como unidade de medida é aquela produzida pela solução de cloroplatinato de potássio que contenha *1* miligramo de platina por litro de água destilada (isto é, *1* ppm de platina). É expressa em partes por milhão (ppm) e denomina-se "escala de platina-cobalto".

Para trabalhos de campo, usam-se aparelhos práticos, graduados de acordo com a escala de platina-cobalto; tubos de alumínio com discos coloridos (United States Geological Survey).

Odor e sabor

Conceito: odor e sabor são característicos dependentes de efeitos subjetivos, exercidos sobre os órgãos sensitivos do olfato e do gosto.

Relacionam-se intimamente com a ocorrência de contaminação e com a presença de certas substâncias indesejáveis, como matéria orgânica em decomposição, microrganismos em desenvolvimento ("plankton"), resíduos industriais e substâncias decorrentes de tratamento impróprio dado à água.

Determinação: não existe uma escala fixa de medida, pois que a sua determinação depende da sensibilidade de cada operador.

O "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage" preconiza um método para a determinação, tanto quantitativa como qualitativa do odor. Baseia-se esse método na determinação da máxima diluição da amostra em que o operador ainda possa perceber o odor.

A medida do sabor é mais difícil, e ainda não foi estabelecido um método para tal fim. Muitas vezes não é fácil fazer distinção entre as sensações de odor e sabor.

b) interpretação dos exames físicos:

As características físicas da água pouco dizem a respeito dos danos que esta pode causar à saúde. Entretanto, o instinto humano e o conhecimento vulgar são constantemente levados a atribuir boas qualidades sanitárias às águas que se apresentam com agradável aspecto físico. A exigência de boas qualidades físicas é, por isso, uma necessidade também sanitária que, porém, se refere mais aos aspectos estético e psicológico, em atenção à repulsa que uma água turva colorida ou de odor e sabor desagradáveis pode causar aos consumidores.

Variações acentuadas nas qualidades físicas devem, entretanto, ser encaradas com grande suspeita. Com efeito, uma água normalmente límpida que, eventualmente, sofra um aumento de turbidez, evidenciará que é acessível a substâncias poluidoras e, da mesma forma, que provavelmente também o será aos organismos patogênicos.

Afora o ponto de vista sanitário, o controle das qualidades físicas da água, especialmente da turbidez, objetiva aspecto econômico: assim, por exemplo, a prevenção de distúrbios (obstruções) na rede de distribuição e em instalações industriais.

c) limites preconizados pelos padrões de potabilidade:

Temperatura: não há especificação.

Turbidez: no máximo 10 ppm (escala de sílica).

Cor: no máximo 30 ppm (escala de platina-cobalto).

Odor e sabor: a água não deverá ter nenhum odor ou sabor que mereça objeção.

2.3.7 Análise química

a) substâncias pesquisadas:

- relacionadas diretamente à potabilidade;
- relacionadas principalmente a inconvenientes de ordem econômica;
- indicadores de poluição.

Substâncias relacionadas diretamente à potabilidade:

Deverão constituir motivo de rejeição da água a presença de:

- chumbo acima de 0,1 ppm
- flúor acima de 1,5 ppm
- arsênico acima de 0,05 ppm
- selênio acima de 0,05 ppm
- cromo hexavalente acima de 0,05 ppm

O chumbo tem efeito cumulativo, causando envenenamento (saturnismo).

O flúor, em teores elevados, ataca o esmalte dos dentes (fluorose); em teores muito baixos, tem-se evidenciado que possibilita maior incidência das cáries dentárias.

Substâncias relacionadas principalmente a inconvenientes de ordem econômica:

A) substâncias causadoras da dureza:

A dureza é característica conferida à água pela presença de sais de cálcio e magnésio e outros metais sob a forma de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloretos, nitratos e, excepcionalmente, outros.

Quando os sais são bicarbonatos, a dureza é denominada temporária, e pode ser eliminada quase totalmente pela fervura.

Quando é devida a outros sais é denominada permanente.

Os inconvenientes das águas muito duras são:

- desperdício de sabão: a dureza é caracterizada pela extinção de espuma formada pelo

sabão, o que dificulta o banho e a lavagem de utensílios domésticos e roupas;
- danos industriais: as águas duras podem incrustar nas tubulações de água quente, radiadores de autos, etc.

B) substâncias responsáveis pela corrosividade das águas:
- substâncias relacionadas ao pH (concentração hidrogeniônica);
- substâncias relacionadas à alcalinidade (hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, etc.);
- substâncias relacionadas à acidez (gás carbônico, ácidos minerais, sais de ácidos fortes e bases fracas, etc.).

Substâncias indicadoras de poluição:
A) nitrogênio
Formas de ocorrência: nitrogênio como constituinte de matéria orgânica:
- nitrogênio amoniacal (NH_3);
- nitritos (NO_2^-);
- nitratos (NO_3^-).

Interpretação de resultados: a enumeração acima dos compostos de nitrogênio acompanha a seqüência de degradação da matéria orgânica, segundo o ciclo de nitrogênio, de modo que a distância provável do ponto de poluição ao ponto de colheita da amostra cresce segundo a mesma ordem de ocorrência. A presença de nitrogênio na forma de nitratos corresponde, assim, a uma poluição mais remota e, portanto, menos perigosa, porque os organismos patogênicos de transmissão hídrica, prováveis participantes da matéria orgânica poluidora, praticamente são só os de origem intestinal e perecem em poucos dias, quando excretados para fora do seu habitat natural.
B) oxigênio consumido: para se determinar o oxigênio consumido, aquece-se um certo volume de amostra com permanganato de potássio (agente oxidante) e determina-se a quantidade de oxigênio consumido nos processos oxidativos então ocorridos. O consumo de oxigênio está em relação com a quantidade de matéria orgânica presente na água. Tem-se, assim, uma indicação do grau de poluição por matéria orgânica e, indiretamente, da possibilidade de a água estar poluída.
C) cloretos: as águas naturais apresentam teores diferentes de cloretos nas várias regiões geográficas, mas os respectivos teores se mantêm mais ou menos constantes em cada região. Um aumento sensível do teor normal em cloretos, numa água, indica poluição por excreta ou por resíduos industriais.
b) interpretação das análises químicas:
As limitações impostas aos teores de substâncias relacionadas diretamente à potabilidade, dizem respeito:
- na primeira parte (motivos para rejeição da água), à proteção da saúde contra elementos venenosos ou injuriosos.
- na segunda parte (motivos para preferência na escolha), às razões de estética e conforto, de modo a melhorar a aceitação da água pelo consumidor (manchas em aparelhos sanitários, odor e sabor, efeito laxativo em pessoas não acostumadas a teores acentuados de certos sais, etc.) e, também, até certo ponto, à proteção da saúde;
- na terceira parte, aos efeitos maléficos da alcalinidade cáustica e de teores elevados de certas substâncias alcalinas.

As substâncias químicas toleráveis sob o ponto de vista da proteção à saúde, mas que causam danos à estação de tratamento, à rede de distribuição e às instalações dos consumidores, constituem um problema econômico que deve ser resolvido, a fim de se evitarem prejuízos materiais.

A análise dos índices de poluição é, hoje em dia, menos usada. Controle mais preciso da presença de microrganismos patogênicos se obtém pelo exame bacteriológico e é em relação aos resultados deste que os padrões especificam os limites de tolerância. Os exames químicos, porém, podem evidenciar, melhor que os exames bacteriológicos, o passado da água relativamente à poluição, isto é, a ocorrência mais recente ou mais remota da poluição.

2.3.8 Exame bacteriológico
a) tipos de exame:
- contagem de número total de bactérias
- pesquisa de Coliformes

Contagem de número total de bactérias — consiste em se determinar, sem discriminação de espécies, o número total de bactérias presentes, em média, em cada centímetro cúbico de amostra.
Pesquisa de Coliformes — consiste em se constatar a presença e determinar o número provável de bactérias pertencentes a um grupo denominado Grupo Coliformes, em cada 100 cm^3.
b) interpretação de resultados:
A) contagem do número total de bactérias
Bactérias em número elevado não indicam, por si, serem necessariamente perigosas.
Está positivamente constatado, porém, que águas naturais de melhor qualidade contêm poucas bactérias, porque pequeno é o número daquelas cujo habitat natural é a água.
Contagem elevada é indício de poluição por águas de enxurrada (bactérias do solo), por matéria orgânica ou por excreta.
Os padrões de potabilidade atuais não estabelecem especificações para a contagem total, preferindo fixar limites de tolerância por intermédio da pesquisa de Coliformes.
B) pesquisa de Coliformes
A pesquisa direta de bactérias patogênicas na água seria muito difícil, porque elas pertencem a espécies muito diferentes, o que exigiria a aplicação de um processo de investigação particular para cada uma. Além disso, quando presentes, as bactérias patogênicas encontram-se muito diluídas na água. Há evidência epidemiológica de transmissão pela água de abastecimento, apenas para organismos patogênicos expelidos através dos excretas (fezes e urina), causadores de febre tifóide, febres paratifóides, disenterias bacilares, disenteria amebiana, cólera, doenças devidas a helmintos (cisticercose, esquistossomose, ancilostomose e outras).
O intestino do homem é sede de uma grande flora bacteriana, na qual figuram, normalmente e em grande número, bactérias do Grupo Coliformes (em número da ordem de 100 milhões a 1 bilhão por grama de fezes).
Embora pertencentes a espécies diferentes, as bactérias do Grupo Coliformes podem ser pesquisadas por um único processo de exame, não só quanto à constatação da presença ou ausência, como à estimação do número provável ocorrente.
A demonstração da presença de Coliformes em uma água constitui uma indicação de possível poluição por excreta; assim, a quantidade de Coliformes presentes representa uma medida do grau de poluição.
A pesquisa de Coliformes tem maior significado sanitário que a pesquisa direta de micróbios patogênicos, porque evidencia a poluição por excreta; em conseqüência, dever-se-á temer que organismos patogênicos ocorram de um momento para outro, mesmo na

hipótese de exames específicos os revelarem ausentes na ocasião. A água em questão ter-se-á caracterizado como potencialmente contaminada.
Sua determinação se faz por técnica bem estabelecida. Os resultados são expressos em número de Coliformes por 100 ml de amostras de água. Atualmente o número de Coliformes é expresso pelo denominado "Número Mais Provável" (N.M.P.), que é obtido através de estudos estatísticos; representa a quantidade mais provável de Coliformes existente em 100 ml de água da amostra.

2.3.9 Exame hidrobiológico

a) tipos de exame:
- análise qualitativa dos organismos microscópicos presentes na água;
- estimativa do número por espécie, e as quantidades e as espécies prevalentes de matéria amorfa, que consiste de silte, de massas de matéria orgânica, etc.

b) conceitos:

Por "organismos microscópicos" deve-se entender todo organismo visível só pelo microscópio ou dificilmente visível a olho desarmado, excetuando-se as bactérias. O termo "Plankton" é seu sinônimo, quando usado em sentido geral, para designar não apenas as formas livres, nadantes, mas também aquelas formas minúsculas, normalmente grudadas a praias ou ao fundo.
Na flora microscópica encontram-se as algas *Diamatoceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae* e os fungos; na fauna incluem-se os *Protozoa, Rotifera, Crustacea, Bryozoa* e grande número de pequenos vermes e larvas de insetos.

c) finalidade e interpretações de exames:
- explicação da causa de uma cor, turbidez ou gosto e odor desagradáveis em uma água; indicação do método de correção mais adequado;
- fornecimento de dados auxiliares para interpretação de análises químicas;
- identificação da origem de uma água que esteja misturada com outra;
- averiguação da causa de obstrução em canalizações e filtros das estações de tratamento de água.

2.4 Quantidade de água necessária — diferentes usos da água — variações de consumo

A quantidade de água necessária e a população a ser servida são dois dados fundamentais para um projeto de abastecimento de água.

Muito embora caiba ao engenheiro atuar diretamente na elaboração de projetos de abastecimento de água, convém que outros profissionais sanitaristas tenham noções a respeito das necessidades do consumo de água, quer individual quer coletivo, e dos fatores que determinam alterações nesse consumo.

Essas noções são particularmente importantes para permitir a colaboração eficaz desses profissionais nos programas de Saneamento e, de modo especial, naqueles que tiverem por campo o ambiente rural ou pequenas cidades.

2.4.1 Usos da água

a) Doméstico
- como bebida;
- fins culinários;
- higiene pessoal;
- lavagens diversas na habitação;

- irrigação de jardins e pequenas hortas particulares;
- criação de animais domésticos; etc.

b) Público
- escolas, hospitais e demais prédios ou estabelecimentos públicos;
- irrigação de parques e jardins públicos; lavagem de ruas e demais logradouros públicos;
- fontes ornamentais e chafarizes;
- combate a incêndios, etc.

c) Industrial
- indústrias onde a água é utilizada como matéria-prima (refrigerante, gelo, etc.);
- indústrias onde a água é usada para refrigeração (metalúrgica);
- indústrias onde a água é usada para lavagem (matadouros, papel, tecido, etc.).

d) Comercial
- escritórios, armazéns, oficinas, etc.;
- bares, sorveterias, postos de gasolina, etc.

e) Recreacional
- piscinas;
- higiene pessoal, lavagem, etc.

f) Agrícola e pecuário
- irrigação;
- lavagem de instalações, máquinas e utensílios;
- bebidas de animais.

g) Perdas e desperdícios
- perdas são devidas a deficiências técnicas ou administrativas do serviço de abastecimento (vazamentos);
- desperdícios: má utilização do líquido; falta de educação sanitária.

2.4.2 Consumo de água

Costuma-se exprimir a quantidade de água necessária a um determinado sistema de abastecimento, em função do consumo diário "per capita".

O consumo diário "per capita" relativo a um sistema de abastecimento de água é obtido dividindo-se o consumo total de água durante um ano, pela população servida e pelo número de dias do ano.

O consumo diário "per capita" é expresso em litros por habitante por dia (l/hab/dia), e fornecido por taxas consagradas em normas ou regulamentos.
Exemplos:
- para o interior de S. Paulo: q=200 l/hab/dia.
- para a capital de S. Paulo: q=300 l/hab/dia.
- para as cidades até 50.000 hab. a SUDENE recomenda: q=100 l/hab/dia.

a) variações de consumo

O consumo diário "per capita" não constitui um dado fixo para todas as comunidades; ele varia intensamente sendo afetado pelos seguintes fatores:
- características da população: o estado econômico, os hábitos e a educação sanitária das populações influem consideravelmente sobre o consumo de água. Quanto mais elevado o nível de vida, tanto maior o consumo.
- desenvolvimento das cidades: o progresso das cidades tem implicado em aumento do consumo diário "per capita". Este fato deve-se não só a que, em geral, nas grandes cidades as características da população favorecem o maior consumo, como também

porque em pequenas cidades são limitadas as possibilidades de utilização da água, o que não sucede em grandes centros, onde a localização de grandes indústrias pode acarretar um considerável acréscimo do consumo de água.

- presença de indústrias: pode acarretar grandes alterações no consumo, em função da natureza, do número e da distribuição das indústrias.
- condições climáticas: influem na quantidade de água usada para higiene, bebidas, fins desportivos, etc.
- características do próprio serviço de água:

– qualidade de água: quanto melhor, maior o consumo.
– pressão na rede de distribuição: quanto maior a pressão maior o consumo.
– taxa d'água: a taxa deve custear o serviço. Quanto mais alta a taxa, menor o consumo.
– serviço medido (hidrômetro): fator de grande importância; um serviço medido pode reduzir até cerca de 50% o consumo de água de uma cidade.
– administração do serviço: o eficiente controle de vazamentos diminui consideravelmente o consumo.
– modo de suprimento: a distribuição domiciliar implica em maior consumo que a distribuição por torneira pública.

As variações de consumo não se dão apenas de local para local. O consumo varia também no mesmo local, em relação à média anual "per capita".

- ao longo dos dias do ano.

No dia de maior consumo ele é cerca de 1,1 a 1,3 vezes maior que a média "per capita".

- ao longo das horas do dia.

Na hora de maior consumo ele é cerca de 1,5 vezes maior que a média anual "per capita".

b) dados práticos sobre o consumo doméstico

Das utilizações possíveis da água, a parte do consumo doméstico merece uma atenção maior que as demais, porque ela representa praticamente a totalidade do volume a ser distribuído no ambiente rural e cerca de 40 a 50% desse volume em cidades médias e pequenas.

Quadro 3 — Dados de Saturnino de Brito

• Bebida	2 l/hab/dia
• Preparo de alimentos	6 l/hab/dia
• Lavagem de utensílios	9 l/hab/dia
• Ablusões diárias	5 l/hab/dia
• Banho de chuveiro	30 l/hab/dia
• Lavagem de roupa	15 l/hab/dia
• Lavagem de aparelhos sanitários	10 l/hab/dia
TOTAL	77 l/hab/dia

Quadro 4 — Dados para criação de animais (importantes para as zonas rurais)

• Cavalo ou novilho	45-60	l/cabeça/dia
• Vaca leiteira	120-130	l/cabeça/dia
• Porco	10-20	l/cabeça/dia
• 100 galinhas	10-15	l/dia
• 100 perus	20-30	l/dia

2.5 Abastecimento de água no meio rural

2.5.1 Introdução

a) Nas zonas rurais o abastecimento de água é feito principalmente por:

- águas meteóricas e
- águas subterrâneas.

O aproveitamento de água superficial em geral não é indicado, porque a água de superfície (rios, lagoas, etc.) deve ser considerada suspeita, o que obriga uma desinfecção contínua, impraticável devido a fatores econômicos e operacionais.

b) As águas meteóricas são raramente aproveitadas. Contudo, em certos locais utiliza-se a água que cai sobre os telhados das casas, armazenando-a em cisternas.

Na linha de suprimento à cisterna deve ser instalado um dispositivo que permita desprezar as primeiras águas que caem, evitando-se assim, a poeira e os excretas que se acumulam sobre o telhado.

Na canalização que vai do telhado à cisterna, é aconselhável intercalar-se um filtro de cascalho, o qual não purifica a água, mas evita a entrada de insetos na cisterna.

As cisternas podem ser:

- enterradas
- não enterradas

As enterradas devem ter cobertura impermeável e as paredes devem ser impermeabilizadas.

As não enterradas devem ter tampa bem ajustada.

Em ambos os casos deve-se colocar um "ladrão" (extravasor) protegido, com tela para evitar a entrada de insetos. A retirada da água das cisternas deve ser feita preferivelmente por meio de uma bomba.

c) Em ponto anterior foi visto que:

- as águas subterrâneas são formadas pela parcela das precipitações atmosféricas que se infiltra através do terreno.
- o aqüífero, ou lençol subterrâneo, unidade geológica saturada que fornece água para uso proveitoso, pode ser freático ou artesiano.

d) As águas subterrâneas aproveitadas para o abastecimento em zona rural são principalmente as oriundas do lençol freático.

Estas águas apresentam nível variável e por estarem próximas à superfície do terreno são de fácil contaminação; por isso há necessidade de se proteger o manancial, quer com respeito ao local, quer quanto a sua localização conveniente, além de alguns cuidados construtivos das instalações.

O uso do lençol freático tem as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- podemos ter água de boa qualidade tomando-se certas precauções;
- captação simples e econômica;
- facilidade de se encontrar água próxima a casa.

Desvantagens:

- as águas podem conter certas substâncias dissolvidas;
- há necessidade de bombeamento.

e) As águas subterrâneas são captadas por:

- poços
- fontes

2.5.2 Poços

Poços são aberturas praticadas no terreno, de modo a permitir a captação de águas dos lençóis subterrâneos.

a) Classificação:

- poços profundos ou artesianos
- poços rasos ou freáticos

b) Poços profundos ou artesianos

São poços construídos por perfuração ou cravação de tubos de aço ou de ferro fundido no terreno, até atingir o lençol profundo.

São usados para o abastecimento público de água em muitas cidades, bem como em muitas indústrias.

A construção desses poços implica uma série de estudos especializados sobre pesquisas de lençóis, vazão de estratos aqüíferos, formação geológica do terreno, etc.

Têm a vantagem de retirar água de lençóis não muito sujeitos a variações de nível, o que permite o fornecimento de quantidades de água uniformes. Também a qualidade da água é em geral boa, sob o ponto de vista sanitário.

As principais desvantagens desses poços estão no seu alto custo e na possibilidade de que as águas deles provenientes contenham sais minerais ou outras substâncias, de modo a se tornarem indesejáveis para consumo.

A retirada de água dos poços profundos pode exigir ou não o emprego de bombas, ou outro processo que permite a elevação da água até a superfície, conforme a água jorre ou não à superfície do solo.

c) Poços rasos ou freáticos:

— Classificação

São os mais utilizados na zona rural. Os poços rasos podem ser classificados:

- escavados — escavação manual com diâmetro de 0,80 a 1,50 m.
- perfurados — abertos por meio de trados, brocas e escavadeiras manuais; diâmetros, da ordem de 0,30m.
- cravados — tubos metálicos, cravados por percursão ou rotação; diâmetros de 3 a 5 cm. São soluções de emergência em lençóis aqüíferos de pequena profundidade e grande vazão.

— Localização dos poços

As seguintes considerações básicas devem ser levadas em conta na localização do poço:

- boa capacidade do aqüífero;
- situação no ponto mais elevado possível no lote;
- situação a mais distante possível e em direção oposta aos escoamentos subterrâneos provenientes de focos conhecidos ou prováveis de poluição (fossas negras, privadas higiênicas, poços absorventes, esgotos, etc.).

Recomenda-se, com o objetivo de se colocar o problema em termos práticos, o seguinte:

- as distâncias mínimas entre a fonte de suprimento e os focos de poluição:
  - privadas secas, tanques sépticos, linhas de esgotos: 15 m.
  - poços absorventes, linhas de irrigação sub-superficial, estábulos e currais: 30 m.
  - fossas negras (solução condenada): 45 m.
  - depósitos de lixo, estrumeiras: 15 m.
- em lugares onde a área adjacente ao poço seja acessível a rebanhos, deverá ser construído um cercado a não menos de 30 m do poço.
- a fonte de suprimento deve estar em nível superior às fossas.

d) Principais causas de contaminação dos poços rasos:

- contaminação direta — por impurezas que possam cair diretamente através da abertura superior do poço, por corda, balde, etc.
- contaminação pelo escoamento superficial — enxurradas que possam penetrar pela abertura superior.
- contaminação por infiltração das águas na região próxima do poço e atingindo-o pela permeabilidade de suas paredes.
- contaminação do lençol freático por um foco de contaminação (fossa negra ou poço absorvente).

e) Proteção sanitária dos poços rasos:

- contra a contaminação do lençol freático: é garantida pela localização conveniente à montante de eventuais focos de poluição e respeitadas as distâncias mínimas indicadas.
- proteção contra a infiltração: é obtida por revestimento impermeável, até uma profundidade de 3 a 4 m abaixo do solo e também ao redor da boca do poço, com cerca de 1,0 m. Este revestimento deve se prolongar para cima do solo, da ordem de 20 a 30 cm.

Os seguintes revestimentos são usados:

- concreto,
- paredes de tijolo com juntas tomadas e revestidas com argamassa de cimento e areia com impermeabilizante,
- tubos de cimento.

Proteção contra a contaminação por escoamento superficial: é assegurada por valetas de diversão das enxurradas e pela colocação de terra bem apiloada ao redor do poço com declividade, de maneira que dê um escoamento para fora do poço. Assinale-se que a parede do poço deverá ultrapassar de 20 cm o nível dessa terra apiloada.

Proteção contra a contaminação direta: repousa na cobertura do poço e em modos adequados de retirar a água, de preferência por bombas manuais ou então por dispositivos que protegem o balde e a corda da contaminação.

f) Desinfecção de poços

— Necessidade de desinfecção:

- após terminada a construção e antes de usar a água;
- depois de quaisquer reparos nas instalações;
- sempre que houver suspeita de contaminação.

— Ação de desinfecção:

- desinfecção não previne a contaminação; apenas elimina a que estiver presente na ocasião do emprego dos agentes desinfetantes.
- a desinfecção é puramente local e nenhuma ação terá sobre as causas da contaminação do próprio lençol d'água.

— Agentes desinfetantes:

Os mais usados são os compostos de cloro:

- hipoclorito de cálcio, com 70% de cloro disponível (Percloron, H.T.H., etc.);
- cloreto de cal (cal clorada), com 25% de cloro disponível;
- hipoclorito de sódio, com 10% de cloro disponível;
- água de lavadeira, com 2% de cloro disponível.

— Quantidades de desinfetantes a usar:

- 50 mg/l de Cl_2 (livre) durante 12 h.
- 100 mg/l de Cl_2 (livre) durante 4 h.
- 200 mg/l de Cl_2 (livre) durante 2 h.

– Técnicas de desinfecção:

Os 2 primeiros agentes desinfetantes são encontrados no estado sólido e as águas de lavadeira são vendidas em solução.

Os líquidos são usados como comprados. Para os sólidos, é conveniente se fazer uma pasta, juntando-se água.

A operação de desinfecção propriamente dita inicia-se, escovando-se as superfícies a desinfetar com uma solução concentrada de 100 a 200 mg/l de Cl_2 disponível e, a seguir, deixa-se a solução na concentração indicada conforme o prazo indicado acima, ao tratar da quantidade de desinfetante a usar.

Terminado esse prazo, esgota-se completamente o poço e substitui-se a solução desinfetante pela água, que se vai renovando até que nenhum cheiro de cloro seja percebido na água.

É conveniente, quando possível, antes de utilizar a água, confirmar o resultado da desinfecção pelo exame bacteriológico.

Admitindo-se que o tempo de contato é de 12 horas, que a dosagem seja 50 mg/litro e que os teores de cloro dos vários agentes desinfetantes sejam os já indicados, as quantidades necessárias para cada 1.000 litros de capacidade do poço seriam:

- hipoclorito de cálcio 70g.
- cloreto de cal 200g.
- hipoclorito de sódio 500g.
- água de lavadeira 2,5l.

2.5.3 Fontes

Quando, em qualquer circunstância, há o aparecimento de água subterrânea na superfície do solo, produzindo um escoamento superficial, tem-se o que se denomina uma fonte.

Uma fonte, pois, é caracterizada pelo aparecimento de água subterrânea à superfície do solo.

a) Classificação

As fontes podem ser de dois tipos:

- fontes de afloramento
- fontes de emergência.

As fontes de afloramento são as fontes características das encostas; originam-se do afloramento de camadas impermeáveis do terreno, camadas estas suportes de lençóis de água. As fontes de afloramento estão muito sujeitas a variações da quantidade de água, porque dependem consideravelmente das flutuações do nível do lençol de água, resultantes da irregularidade do regime de chuvas.

Constituem, no entanto, boa fonte de suprimento de água, para pequenos abastecimentos, sendo muito usadas para esse fim no meio rural.

As fontes de emergência são as fontes características dos fundos do vale.

Em geral, permitem a obtenção de maiores vazões, razão pela qual podem servir para o suprimento de água de comunidades maiores.

b) Captação em fontes

Os principais processos para captação de águas de fontes são os seguintes:

- por caixas de tomada
- por galerias
- por drenos

A captação por meio de caixas de tomadas é usada em fontes de afloramento.

A obra de captação propriamente dita consiste na construção de uma caixa, convenientemente protegida, saindo a água por canalização. Evita-se, assim, a introdução de vasilhas ou recipientes na caixa de captação.

A captação por galerias é usada tanto em fontes de afloramento como em fontes de emergência, quando a água aflora ou emerge em diversos pontos.

A captação por drenos é usada em fontes de emergência, quando os aquíferos têm pequena altura e grande extensão superficial. Escavam-se no terreno valas transversais à direção da água. Estas valas devem alcançar o terreno impermeável e nelas são assentados tubos drenos (gris sistêmico, concreto, etc.) destinados à coleta da água.

c) Proteção sanitária das fontes

Muito embora é crença popular de que as águas de fontes são por si mesmas protegidas, a verdade é que elas estão sujeitas a muitas possibilidades de contaminação.

Dessas possibilidades a mais importante é a do acesso de águas superficiais.

As fontes cujas águas se apresentam turvas depois das chuvas, devem ser consideradas suspeitas.

As águas das fontes podem também ser contaminadas pelas mãos e vasilhas de quem as for colher.

O acesso de animais e de pessoas pode também prejudicar a qualidade da água.

Assim, para que uma fonte possa ser aproveitada como manancial abastecedor de água, ela precisa ser protegida contra qualquer possibilidade de contaminação.

As recomendações nesse sentido são as seguintes:

A) Para fontes de afloramento (caixas de tomadas e galerias):

- remoção da camada de terra vegetal que esconde a nascente, de modo a se determinar exatamente o ponto de afloramento;
- construção da caixa de tomada coberta;
- construção de valetas diversoras para proteger contra as águas de enxurrada;
- construção de cercas para impedir o acesso humano e o de animais;
- a caixa de tomada deve ter tubulação de descarga para limpeza e ladrão (extravasor) para saída das sobras;
- a tubulação de tomada deve ficar a 50 cm, acima do fundo da caixa.

B) Para fontes de emergência (captação por drenos):

- construção de caixas de inspeção nas mudanças de direção e nas junções das linhas de dreno;
- essas caixas de inspeção terão uma profundidade adicional, de cerca de 50 cm, para deposição de material carreado pela água (areia);
- remover a vegetação numa faixa de 10 m do eixo das linhas de drenos, para impedir penetração das raízes nos tubos drenantes;
- construção de valetas diversas para impedir a entrada de água de enxurrada;
- construção de cercas para impedir o acesso humano e de animais.

d) Desinfecção das fontes

A desinfecção das águas das fontes deve ser feita depois da construção das obras de captação, depois da execução de quaisquer reparos nessas obras e antes da utilização para fins de abastecimento.

A técnica e outros elementos relacionados à desinfecção obedece ao que foi dito sobre a desinfecção de poços.

2.6 Desinfecção da água

2.6.1 Processo de desinfecção da água no domicílio

Os processos mais comumente adotados para a desinfecção da água no domicílio são:

a) fervura

A desinfecção da água é obtida pela fervura por 15 minutos. O recipiente, em que se esfria a água, deve ser mantido coberto. A água durante a ebulição perde os gases dissolvidos e depois de fervida torna-se pouco agradável ao paladar. Este inconveniente é removido procedendo-se ao arejamento do líquido: faz-se passar a água de uma vasilha para outra, ou agita-se em liquidificador.

b) desinfecção pelo iodo

Concentração a ser aplicada: 7 mg/litro.

Se a solução de iodo for de 7%, é suficiente a aplicação de 2 gotas (0,1 ml) em 1 litro de água.

Misturar, agitar bem e aguardar 30 minutos para o consumo.

c) desinfecção pelo cloro

Agentes desinfetantes:

- hipoclorito de cálcio, com 70% de cloro disponível.
- cloreto de cálcio, com 25% de cloro disponível.
- hipoclorito de sódio, com 10% de cloro disponível.
- água de lavadeira com 2% de cloro disponível.

2.6.2 Desinfecção diretamente no poço ou no reservatório

a) quantidade de desinfetante a usar:

$$P = \frac{C \times V}{(\%\text{ de Cl do produto}) \times 10}$$

P = número de gramas do produto

C = dosagem desejada em mg/l

V = nº de litros de água

Exemplo de problema: Desinfecção de 1.000 litros de água.

1ª Hipótese: Produto usado: Hipoclorito de cálcio (70% de Cl_2).

Dosagem desejada: 50 mg/l

Volume de água: 1.000 litros

$$P = \frac{50 \times 1.000}{70 \times 10} \cong 70 \text{ g.}$$

2ª Hipótese: Água de lavadeira (2% de Cl_2).

Consideramos que 1 litro de água de lavadeira pesa 1 Kg.

Dosagem desejada: 50 mg/l.

$$P = \frac{50 \times 1.000}{2 \times 10} = 2.500 \text{ g.} = 2{,}5 \text{ l.}$$

b) demanda de cloro

É importante conhecer-se a demanda de cloro, isto é, a quantidade de cloro que é consumida na oxidação de compostos (principalmente orgânicos) existentes na água, pois

somente o cloro remanescente — o cloro residual — é que terá atividade germicida. O cloro residual deverá estar situado entre 0,2 e 0,5 mg/l.

Para fins práticos essa concentração remanescente pode ser avaliada por um processo doméstico:

- coloca-se concentrações crescentes de cloro em recipientes contendo a água que será tratada.

Depois de meia hora:

- adiciona-se a cada um dos recipientes 2 ou 3 cristais de iodeto de potássio, agitando-se bem, até dissolvê-los.
- em seguida, coloca-se 4 gotas de vinagre e 4 gotas de solução de amido (da que se usa para engomar roupas) e agita-se novamente.

A água que contém cloro residual torna-se azulada. A que adquirir tonalidade mais suave de azul, será a que contém o residual desejado.

Conhecendo-se exatamente a concentração de cloro que foi aplicada no recipiente de tonalidade mais suave de azul, tem-se imediatamente a concentração de cloro que deverá ser aplicada na água que desejamos desinfetar.

A aplicação da solução de cloro deve ser feita diretamente no poço ou no reservatório.

No poço, a quantidade de solução a ser aplicada é calculada em função do volume de água contido no mesmo e a aplicação deve ser repetida uma vez por semana.

Não havendo possibilidade de se determinar a demanda de cloro, a concentração que deve ser aplicada é a que a garanta um residual de 1 mg/l.

2.6.3 Desinfecção em recipientes menores

Estes recipientes são constituídos por latas, panelas, etc.

a) solução caseira

Dissolve-se uma colher de chá (aproximadamente 5 gramas) do produto em 1 litro de água.

Esta solução, guardada em vidro escuro e bem fechado, servirá para a desinfecção.

A aplicação de uma colher de chá (5 g) desta solução caseira também se baseia na fórmula anterior.

$$V = \frac{P \times (\%\text{ de Cl}) \times 10}{C}$$

V = volume em litros de água

P = peso do produto em gramas = $\frac{5}{1.000} \times 5$

C = dosagem desejada em mg/l (geralmente 1 mg/l).

Exemplo de problema:

1ª Hipótese: Deseja-se desinfetar a água com o emprego da solução caseira preparada com hipoclorito de cálcio (70%).

Em quantos litros de água deveremos colocar 1 colher de chá (5 g) da solução para se obter uma dosagem de 1 mg/l?

$$V = \frac{\frac{5}{1.000} \times 5 \times 70 \times 10}{1} = 17{,}5 \text{ l.}$$

2ª Hipótese: No caso de se usar água de limpeza (2%), o próprio produto seria a solução caseira.

Assim:
1 litro de solução = 1.000 g contém 20 g de cloro disponível.
1 colher de chá da solução = 5 g conterá 100 mg de cloro disponível e, portanto, para se obter a desinfecção com 1 mg/l, dever-se-á adicionar 1 colher de chá da água de limpeza em 100 litros de água.
b) limpeza dos recipientes
A água armazenada em domicílio deve sê-lo em recipientes limpos e trocada, de preferência, a cada 15 dias, ou no máximo, 30 dias.

- os recipientes precisam estar em boas condições e bem tampados.
- o recipiente e a tampa precisam estar limpos.
- os recipientes precisam ser desinfetados.
- encher o recipiente com água.
- usar produto desinfetante que permita se ter 20 mg/l de cloro.
- fechar o recipiente e agitar bem.
- deixar a solução durante 30 minutos.
- esvaziar e enxaguar três vezes com água de qualidade segura.

2.7 Abastecimento de água no meio urbano

2.7.1 Introdução

As comunidades se desenvolvem e, mais cedo ou mais tarde, elas sentem necessidade de possuir um sistema público de abastecimento de água, com rede de distribuição, para suprir as necessidades não só das residências mas também das indústrias, do comércio e público. Não existe uma regra geral que indique qual a fase do desenvolvimento demográfico em que uma comunidade deve necessariamente ser provida de um sistema público de abastecimento de água.

Nos Estados Unidos existem poucas vilas com população de mais de 1.000 habitantes que não têm água encanada.

Nas zonas urbanas, nas cidades ou vilas, as fontes de abastecimento utilizadas nas zonas rurais não são suficientes para satisfazer as populações; neste caso geralmente utilizam-se:

- águas superficiais — de rios, córregos, etc.
- águas subterrâneas — provindas do lençol artesiano.

2.7.2 Órgãos constitutivos de um sistema de abastecimento urbano

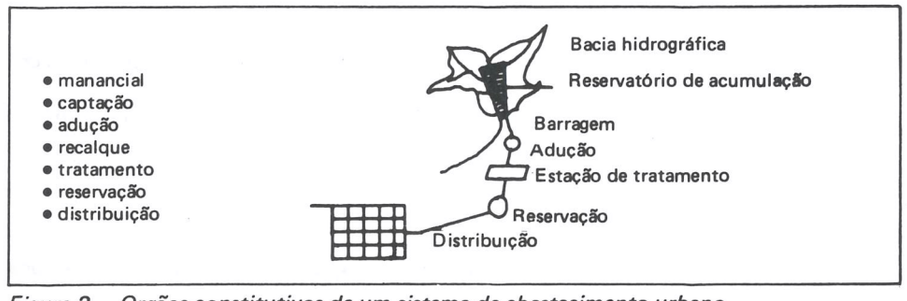


Figura 2 — Orgãos constitutivos de um sistema de abastecimento urbano.

A seqüência indicada não é obrigatória, pois podem não existir algumas partes, como por exemplo:

- a estação de recalque pode não existir devido à posição assimétrica da captação.
- a barragem, feita para se ter um reservatório de acumulação, pode não ser necessária, no caso em que a quantidade de água disponível seja suficiente para satisfazer continuamente a demanda.
- se a água satisfaz aos padrões de potabilidade não há necessidade de Estação de Tratamento de Água; neste caso, emprega-se a desinfecção da água para garantir a proteção da qualidade da mesma durante a distribuição.

a) manancial
Pode ser superficial ou subterrâneo.
b) captação
A captação é constituída pelo conjunto de obras que possibilitam a retirada da água dos mananciais para utilização posterior da mesma. Os tipos de captação são:

- captação de águas superficiais:

– sem barragem;
– com barragem (através de reservatórios de acumulação);
– captação de águas subterrâneas: fontes, poços (rasos e profundos).

c) reservatórios de acumulação
De uma maneira geral o reservatório de acumulação armazena um certo volume de água destinada a:

- abastecimento de água
- aproveitamento hidroelétrico
- irrigação
- regularização dos cursos d'água

Nos três primeiros casos, a necessidade do reservatório vem do fato de que temos vazões mínimas do curso d'água inferiores às necessidades de consumo, mas a vazão média é superior a essas necessidades.
O reservatório acumulará água durante o período chuvoso para cedê-la na estiagem.
No controle das enchentes o reservatório de acumulação é previsto para manter a jusante uma vazão compatível com a capacidade do canal, evitando, assim, inundação.
Na regularização dos cursos d'água o reservatório de acumulação é previsto para manter vazões mínimas a jusante, compatíveis com o uso do curso d'água: navegação, lançamento de esgotos, fins recreativos, etc. Claro que a construção de um reservatório poderá ter em mira apenas uma dessas finalidades ou então finalidades múltiplas, abrangendo, neste caso, a utilização completa dos recursos hídricos de uma bacia, que é a necessidade e tendência da maioria das regiões brasileiras.
d) adução
É o conjunto de encanamentos, peças especiais e certas obras de arte destinadas a promover a circulação da água entre os diversos órgãos do sistema de abastecimento de água, ou seja, entre:

- captação e o reservatório de distribuição ou diretamente à rede;
- captação e a estação de tratamento;
- estação de tratamento e o reservatório de distribuição;
- reservatório de distribuição e a rede.

As adutoras geralmente não apresentam distribuição em marcha.
Em certos casos pode-se sangrar a adutora por uma sub-adutora que irá aduzir água para

um determinado fim: seja para indústria grande, seja para uma outra comunidade.
As adutoras se classificam em:

- conduto livre — aberto
  — fechado
- condutos forçados — por gravidade
  — por recalque
- condutos mistos — parte em conduto livre e
  — parte em conduto forçado.

No primeiro caso, a pressão é igual à atmosférica.
No segundo caso, a pressão é superior à atmosférica.
Para o abastecimento de água, a pressão deve ser maior que a atmosférica e por isso se usa o conduto forçado, principalmente quando leva água tratada.
Podemos também classificar as adutoras em:

- por gravidade
- por recalque (com conjunto elevatório)
- mista

e) recalque
Recalque é a parte do sistema de abastecimento constituída pelo conjunto de bombas, motores, e, também, pelo conjunto de transformadores e elementos acessórios complementares.
f) Tratamento
Tratamento é a técnica que tem por finalidade reduzir as impurezas prejudiciais e nocivas.
O tratamento tem como finalidade fundamental melhorar a qualidade da água natural, sob os seguintes aspectos:

- sob o ponto de vista sanitário: remoção de bactérias, protozoários e outros organismos, substâncias venenosas, teor excessivo de compostos orgânicos;
- sob o ponto de vista estético;
- sob o ponto de vista econômico: redução da corrosividade, dureza, ferro, etc.

Processos de tratamento

- aeração
- coagulação
- sedimentação ou decantação — simples
  — após a coagulação
- filtração — lenta
  — rápida
- desinfecção

Os processos indicados raramente aparecem isolados.
É muito comum serem usados três ou quatro processos de purificação. A mais comum das combinações é a seguinte: (Vide figura 3 na página seguinte).
Aeração: é a troca de gases entre a água e o ar, com o objetivo de remover gases dissolvidos na água: gás carbônico e gás sulfídrico.
Sedimentação: é o processo pelo qual se verifica a deposição de materiais em suspensão pela ação da gravidade. Em certos casos há necessidade de facilitar a sedimentação, aumentando-se o tamanho das partículas, e por isso se faz a coagulação.
Coagulação: transforma impurezas que se encontram em suspensões finas, em estado coloidal e algumas mesmo em solução (Fe e Mn) em partículas que sejam removíveis, por sedimentação e filtração. Os reagentes aplicados são:

- coagulantes:
  - sulfato de alumínio
  - compostos de Fe (cloreto férrico e sulfato férrico)
- álcalis:
  - cal (virgem ou hidratada)
  - carbonato de sódio (barrilha)

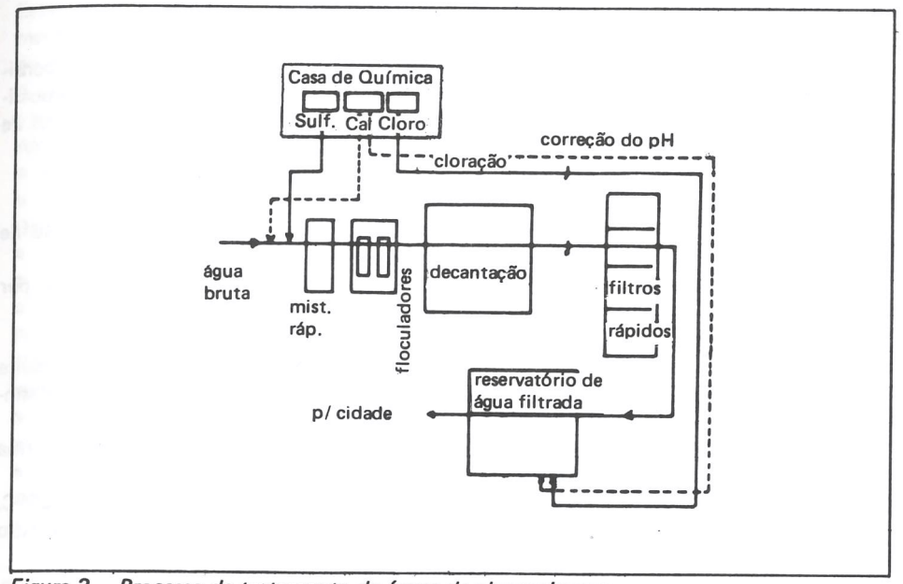


Figura 3 — Processo de tratamento de águas de abastecimento.

Os coagulantes reagem com os álcalis produzindo precipitados floculentos.
A superfície dos flocos é grande, permitindo a absorção de matérias dissolvidas e coloidais e envolvendo partículas em suspensão.
Para uma perfeita coagulação, é necessário:
— mistura rápida, visando à dispersão dos produtos químicos.
— agitação lenta, para promover a floculação.
A mistura rápida pode-se fazer por meios:

- mecanizados — hélices
- não mecanizados (hidráulicos) — chicanas.

A agitação lenta pode ser feita por meios:

- mecanizados — com eixo vertical
- não mecanizados — chicanas.

Filtração: consiste em fazer a água passar através de substâncias porosas, capazes de reter ou remover algumas de suas impurezas.
O material geralmente empregado é a areia.
Os filtros podem ser:

- rápidos
- lentos

Esta divisão se liga à taxa de filtração:
- rápidos – 120 m^3/m^2 x dia
- lentos – 7 m^3/m^2 x dia

Os filtros rápidos periodicamente são lavados;
Esta lavagem se processa invertendo-se a corrente de água nos filtros.
Nos filtros lentos, a limpeza é feita tirando-se com um rastelo 2 ou 3 cm da camada de areia e lavando-se essa camada fora.
Desinfecção da água:
Nenhum dos processos de purificação d'água anteriormente descritos poderá ser considerado eficiente na remoção total das bactérias existentes na água. Resta também a possibilidade de a água vir a ser contaminada ao passar através dos encanamentos, antes de chegar ao consumidor, ou mesmo, nas residências ou edifícios em geral.
Por isso há necessidade de se desinfetar a água ao sair da estação de tratamento.
A substância usada para a desinfecção deve ser tal que:
- mantenha por longo tempo a ação desinfetante residual, garantindo certo grau de proteção contra a contaminação no percurso até o domicílio.
- o agente desinfetante seja inofensivo, aceitável pelo consumidor e reconhecível por meio de ensaio simples, quando presente na água em quantidades mínimas.

O desinfetante é o agente que destrói os germes patogênicos.
O cloro é um agente desinfetante que preenche estes requisitos; seu uso, praticamente universal, determinou a adoção do termo cloração para designar o processo de desinfecção dos abastecimentos de água.
Nas estações de tratamento o desinfetante mais freqüentemente usado é o cloro, na forma de cloro líquido.
O cloro é um gás amarelo-esverdeado que se liquefaz sob pressão de ± 6 atmosfera a 20ºC.
O cloro líquido é transportado em cilindros de aço; quando ele é retirado do cilindro passa ao estado gasoso, com queda de temperatura.
O cloro é irritante para os pulmões, assim como para as membranas do nariz e garganta. Na concentração 1 para 1.000 pode causar a morte. Como o cloro é 2,5 vezes mais pesado do que o ar, ele se concentra junto ao chão. Pelo perigo que oferece, sempre que se usa cloro líquido, os cloradores devem estar situados em ambientes separados das estações de tratamento e estes ambientes devem obedecer a requisitos especiais:
- portas que se abrem para fora;
- ventilação próxima ao solo;
- o operador deve ter à mão máscaras contra gás.

Quantidade necessária de cloro: é igual ao cloro exigido pela reação com as substâncias orgânicas mais o cloro residual.
A prática geralmente adotada pelos serviços municipais tem sido a de manter o residual de 0,1 a 0,2 mg/l (PPM) na água tratada. Nas estações de menor porte, usam-se:
- hipoclorito de cálcio – $Ca\ (OCl)^2$
- hipoclorito de sódio – $Na\ (OCl)$

Os hipocloritos estão no estado sólido e para serem aplicados são dissolvidos.
A quantidade de cloro necessária é a mesma, apenas haverá necessidade de se levar em conta a porcentagem de cloro contida no hipoclorito.
A ação do cloro é afetada pelo valor do pH da água. Não se deve confiar no cloro como agente destruidor das bactérias, quando o pH é alto – a sua ação desinfetante é mais rápida quando o pH está abaixo de 7,0.

É por esse motivo que se coloca o cloro na saída do filtro, pois o pH apresenta-se baixo em virtude do sulfato de alumínio.
Uma vez clorada a água, e ela devendo ser entregue ao consumidor com pH em torno de 7,5, deve-se elevar o pH da mesma adicionando cal.
g) reservação – reservatório de distribuição
A vazão solicitada pela rede é variável ao longo dos dias do ano e das horas do dia.
Esta variação iria acarretar uma situação operacional difícil, além de que, economicamente, isto seria inadequado porque teríamos que calcular a da adução para o dia e hora de maior consumo. Por esse motivo surge o reservatório de distribuição.
A vazão fornecida é constante e, nas horas de maior consumo, o reservatório se esvazia e na hora de menor consumo ele enche.
Além do mais, o armazenamento serve para atender as demandas de emergência:
- interrupções do fornecimento por acidentes na adução e na E.T.A.
- combate a incêndios.

De acordo com a localização no terreno, estes reservatórios podem ser:
- enterrados
- semi-enterrados
- elevados

Precauções especiais:
No caso dos reservatórios enterrados e semi-enterrados, devem ser adotados os seguintes cuidados:
- devem ser localizados em terrenos inacessíveis a enchentes.
- devem ser previstos diversores laterais.
- deve ser prevista declividade na superfície do solo circunvizinho.
- devem ser protegidos contra a água do subsolo e das tubulações de esgoto. Se há obrigatoriedade na passagem próxima de canalização de esgoto, esta deve ser localizada a 15 m de distância do reservatório e deve-se utilizar tubulações de ferro fundido.

No caso de reservatórios enterrados, semi-enterrados e elevados devem ser adotadas as seguintes precauções:
- cobertura bem feita, impedindo a entrada de insetos, aves, etc.
- tubos de ventilação protegidos com telas.
- desinfecção após a construção, reparos ou limpeza.

h) distribuição
A rede de distribuição é o conjunto de tubulação e peças especiais destinadas a conduzir a água até os pontos de tomada das instalações prediais.
As tubulações distribuem água em marcha e se dispõem formando uma rede.
A rede é um dos órgãos do sistema de abastecimento de água menos cuidado, pois ele é constituído de condutos totalmente enterrados. Isto tem relação com dois aspectos fundamentais:
- saúde pública
- economia

A rede foi construída para levar aos consumidores água potável, razão pela qual são exigidos certos requisitos, todos eles tendo em vista a conservação da potabilidade da água. Isto se faz admitindo-se válidos dois princípios fundamentais:
- pressão: a rede deve ser operada em condições de pressão adequada.
- disponibilidade de água: deve-se supor uma continuidade no abastecimento.

Atendidos esses dois princípios, a água será sempre potável.

Quanto à economia, podemos dizer que 50 a 75% do orçamento de um sistema de abastecimento é gasto na rede e por isso há necessidade de um cuidado especial no projeto da rede de distribuição.

2.7.3 Materiais utilizados nas canalizações de água do sistema de abastecimento público

- ferro fundido é usado praticamente em todas as obras de engenharia sanitária:
  - adutoras
  - redes de distribuição
  - canalizações dos reservatórios
  - estações de tratamento de água
- tubos de cimento amianto (fibro-cimento):
  - adutoras
  - redes de distribuição
- tubos de concreto:
  - adutoras
  - redes de distribuição — é raríssimo
- tubos de aço:
  - adutoras de grande diâmetro

Estes tubos podem ser: sem revestimento
com revestimento (asfalto, por exemplo)
tubos galvanizados

- tubos de plástico:
  - rede de distribuição

2.7.4 Sistemas de distribuição de água

a) distribuição domiciliária completa

É o sistema ideal e desejável a toda a população, mas seu custo é elevado e, portanto, inacessível às populações mais pobres.

b) distribuição por torneira pública

Em comunidades de baixo padrão de vida e pouca educação sanitária, esta distribuição é aconselhável pelo menos como uma primeira etapa de abastecimento de água potável.

c) distribuição domiciliária parcial

É um sistema que apresenta as seguintes soluções:

- distribuição mista entre as duas anteriores:
  - completa para as famílias de padrão econômico mais alto.
  - torneira pública para o restante da população.
- distribuição domiciliária completa para as famílias de mais alto padrão econômico e uma torneira para cada uma das demais habitações.
- apenas uma torneira em cada habitação.

A escolha de uma das soluções apontadas depende de uma série de fatores que podem ser todos englobados na situação econômica da população.

2.7.5 Serviços de fornecimento ao consumidor

Há três tipos de distribuição de água aos prédios:

Torneira livre — a água é fornecida ao consumidor, sem restrição ou controle, por uma taxa fixa, independente do consumo. Este tipo de distribuição incentiva o desperdício, não sendo, portanto, recomendável.

Pena d'água — fornecimento d'água limitado por uma secção estrangulada. Solução tolerável.

Serviço medido — o consumidor tem a água que desejar ou precisar, mas paga a taxa de acordo com o volume consumido. É este o sistema racional e que deve ser sempre indicado.

BIBLIOGRAFIA

1. CHANLETT, Emil T. La **protectión del medio ambiente**. Trad. Alfonso J. Vasquez Vaamonde. Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1976.
2. DACACH, Nelson C. **Saneamento básico**. Rio de Janeiro, LTC 1979.
3. EHLERS, Victor M. & STEEL, Ernest W. **Saneamento urbano e rural**. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1948.
4. FUNDAÇÃO SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA — MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de saneamento**. Rio de Janeiro, 1972.
5. LEPERA, Luiz. **Higiene del medio y saneamiento ambiental**. Buenos Aires, 1966.
6. OPAZO, Francisco U. **Ingenieria sanitaria aplicada a saneamiento y salud publica**. Mexico, União Tipográfica Hispano Americana, 1969.
7. SALVATO JUNIOR, Joseph A. **Environmental engineering and sanitation**. 2.ed. New York, Wiley Interscience, 1972.

CAPÍTULO II

ÁGUAS RESIDUÁRIAS

ARLINDO PHILIPPI JUNIOR

Formação Profissional

- Engenheiro Civil, pelo Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina
- Engenheiro Sanitarista, pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo
- Engenheiro de Segurança do Trabalho, pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo
- Mestre em Saúde Pública, pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

II – ÁGUAS RESIDUÁRIAS

1 INTRODUÇÃO

Os conglomerados humanos produzem resíduos de natureza sólida (lixo), líquida (esgotos) e gasosa (fumos, poeiras, etc.).

Os resíduos de natureza líquida constituem as águas residuárias e compreendem:

- esgotos domésticos, constituídos de:
  - águas imundas: parcela que contém matéria fecal;
  - águas de lavagem: de cozinha, de instalações sanitárias, de roupas em geral.
- resíduos líquidos industriais
- águas pluviais
- águas de infiltração que penetram nos condutos através de juntas mal acabadas, trincas nas tubulações, etc.

A maioria das doenças transmissíveis se propaga por meio de material infectante expelido nos excretas – fezes e urina de doente ou portador.

A sobrevivência das bactérias no solo varia bastante; assim, o *bacilo tífico* resiste 7 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 desentérico*, 8 dias em fezes sólidas, 70 dias em solo úmido e 15 dias em solo seco.

Entre as doenças relacionadas com os dejetos, citam-se entre as principais: Ancilostomíase, Esquistossomíase, Febre Tifóide e Paratifóide, Amebíase e Diarréais Infecciosas.

As helmintoses, embora em sua grande maioria não tenham alto índice de mortalidade, apresentam alta incidência e desgastam o homem, diminuindo sua capacidade de trabalho.

A transmissão é feita por meio de cadeia esquematizada a seguir:

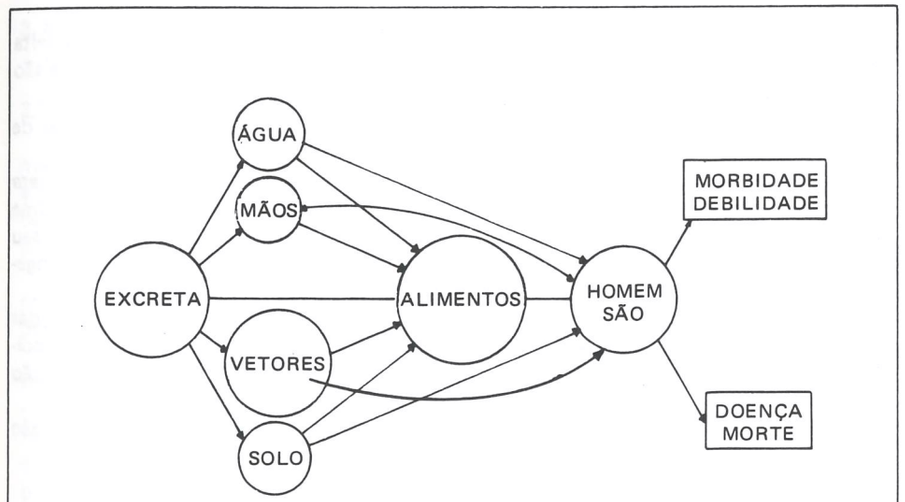


Figura 4 – Meios de transmissão de doenças pelos dejetos.

Observando o esquema, pode-se descrever as diversas formas de transmissão e indicar algumas medidas de controle.

a) Pelo contato direto da pele com o solo contaminado por larvas de helmintos, provenientes de fezes de portadores de parasitoses.

As fezes do homem doente, portador de ancilostomíase e estrongiloidíase contêm ovos dos parasitas que, uma vez no solo, eclodem, libertando as larvas; estas aguardam a oportunidade de penetrar na pele de outra pessoa, vindo localizar-se no seu intestino, depois de longo trajeto por vários órgãos.

Exemplo de medidas de controle: uso de privadas, evitando a contaminação da superfície do solo.

b) Pelo contato direto da pele com coleções de água contaminada por cercárias do Schistosoma.

Exemplo de medidas de controle: uso de privadas, evitando a contaminação das águas de superfície (lagoas, córregos, etc.). Evitar o banho em córregos e lagoas, nas regiões onde houver incidência de esquistossomíase.

c) Pela ingestão de alimentos contaminados diretamente pelos dejetos ou pela água contaminada.

É o modo de transmissão da Ascaridíase, da Amebíase, das Febres Tifóide e Paratifóide e de outras doenças.

Exemplo de medidas de controle: lavar bem frutas e verduras em água potável; evitar a poluição fecal das águas de irrigação.

d) Pela ingestão de alimentos contaminados por vetores, especialmente a mosca. A mosca pousa em locais poluídos por dejetos e depois assenta no alimento, contaminando-o. Dentre as doenças veiculadas pela mosca, citam-se: diarréias infecciosas, febres tifóide e paratifóide.

Exemplo de medidas de controle: proteger os alimentos e eliminar os focos de proliferação de moscas.

e) Pela ingestão de alimentos diretamente contaminados pela mão do homem, por falta de higiene pessoal. É o principal modo de transmissão das diarréias infecciosas, que são as grandes responsáveis pelas taxas de mortalidade infantil.

Exemplo de medida de controle: lavar as mãos, após o uso da privada, antes de manipular alimentos e ao cuidar de crianças pequenas.

f) Pela ingestão de carnes contaminadas por cisteres. A *Taenia Solium* e a *Taenia Saginata* enquistam-se nos tecidos do porco e do boi, sob a forma de larvas (cisticercos). Uma vez ingerida pelo homem a carne crua ou mal cozida, a Taenia desenvolve-se no seu próprio corpo (anéis) contendo ovos. Estas fezes, quando expostas, poderão ser ingeridas por bovinos e suínos, fechando o ciclo de transmissão da doença.

Exemplo de medidas de controle: uso de privada, evitando a contaminação das pastagens e impedindo a ingestão de fezes pelos porcos; cozinhar bem as carnes, principalmente as fornecidas em localidades onde o abate de animais é feito sem inspeção sanitária.

O Saneamento do Meio é a barreira que quebra essa cadeia, através da disposição conveniente dos excretas, de modo que estes:

- não sejam acessíveis ao homem e aos vetores animados;
- não poluam a água e o solo;
- não acarretem outros inconvenientes, tais como maus odores e mau aspecto.

Observa-se que, devido à falta de medidas práticas de Saneamento do Meio e de

educação para a saúde, uma grande parte da população tende a lançar os dejetos diretamente sobre o solo, criando, desse modo, situações favoráveis à transmissão de doenças.

Portanto, com o Saneamento do Meio atuando para a disposição adequada dos dejetos, objetivam-se aspectos sanitários econômicos.

Sanitariamente, as soluções a serem adotadas visarão fundamentalmente ao controle e à prevenção de doenças, através de medidas destinadas a evitar a poluição do solo e a contaminação direta ou indireta dos mananciais de abastecimento de água, o contato de vetores com as fezes, bem como propiciar a instituição de hábitos higiênicos na população, promovendo o conforto e atendendo ao senso estético.

Economicamente, a disposição adequada dos dejetos visa ao aumento: da vida média do homem, pela redução da mortalidade, em conseqüência da redução das doenças veiculadas pela água contaminada; da vida média produtiva, pela redução do tempo desperdiçado com doenças.

Além desses aspectos, visa-se:

- prevenir o encarecimento do tratamento de água resultante da poluição dos mananciais, evitar a obstrução de rios e canais e até controlar a poluição das praias e dos locais de recreação em geral, com o objetivo de promover o turismo e obter o conseqüente aumento de renda.

Para fins didáticos, o estudo da disposição dos dejetos humanos ou das águas residuárias é feito:

- para o meio rural: solução individual;
- para o meio urbano: solução coletiva.

No primeiro caso, estão situadas as soluções para o meio rural, as quais podem ser empregadas para zonas urbanas que ainda não possuam sistemas de esgotos; no segundo caso, encontram-se as soluções empregadas no meio urbano.

2 SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS E DOS DEJETOS EM ZONA RURAL

2.1 Generalidades

A disposição conveniente dos dejetos humanos, no meio rural, constitui um dos mais sérios problemas de Saúde Pública em diversas regiões, de grande número de países, e isto devido ao baixo nível econômico das populações dessas regiões e à falta de educação sanitária das mesmas. Este mesmo problema ocorre na parte da zona urbana, desprovida de sistema de esgotos sanitários.

A má disposição dos excretas, onde ocorre, está geralmente associada a outras precárias condições de higiene e saneamento, o que torna difícil conhecer o papel desempenhado na transmissão das moléstias, devido a um dos diversos fatores.

Mas está fora de qualquer dúvida, a existência de uma íntima relação entre a disposição dos dejetos humanos e o estado sanitário da respectiva população. A incidência das moléstias ditas "intestinais", cujos agentes etiológicos são encontrados nas fezes humanas (febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar, ancilostomíase, esquistossomose, etc.), é consideravelmente reduzida, quando são empregadas soluções sanitárias satisfatórias para o afastamento dos excretas.

A solução do problema da disposição dos excretas na zona rural ou nas áreas urbanas, desprovidas de sistema de esgotos sanitários, é feita:

a) quando não se dispõe de abastecimento de água canalizada.

b) quando se dispõe desse melhoramento básico.

A primeira é chamada sem transporte hídrico, ou sistemas estáticos.

A segunda é chamada com transporte hídrico, ou sistema dinâmico.

2.2 Soluções individuais para o sistema estático ou sem transporte hídrico

Consideremos inicialmente os seguintes aspectos:

- Decomposição dos excretas: O processo de decomposição é ilustrado pelo "ciclo do nitrogênio" (Figura 5), e podendo ser tanto aeróbio (fossa seca) quanto anaeróbio (fossa negra); ressaltamos que esta última é uma solução condenada.

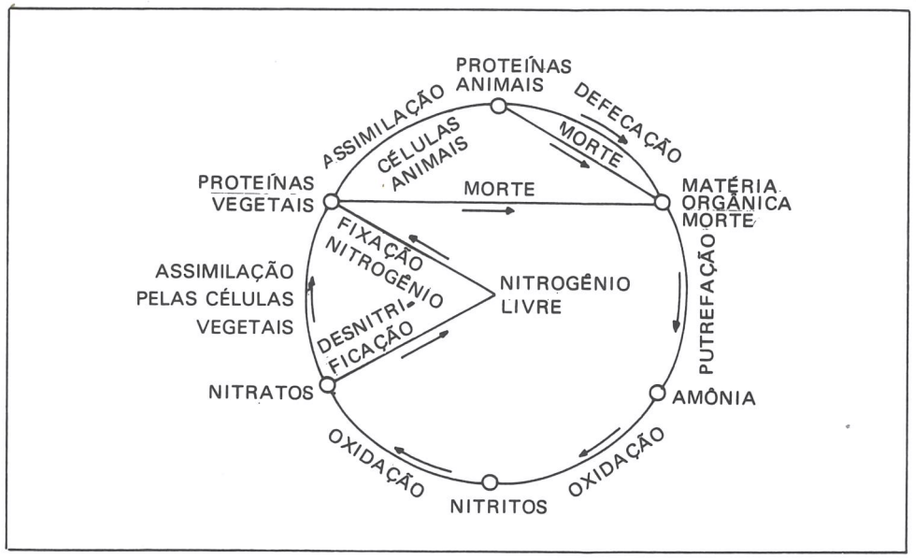


Figura 5 — Ciclo do nitrogênio.

Os resíduos orgânicos oriundos da morte do animal ou do vegetal, ou da excreção (dejetos) sofrem sua primeira transformação; a seguir, pela ação das bactérias de putrefação sobre o cadáver, resto vegetal, ou excretas é produzido, entre outros gases, o nitrogênio amoniacal (NH_3 — amônia); pela ação de bactérias aeróbias (oxidante ou nitrificantes), presentes no solo, são produzidos, sucessivamente, nitritos e nitratos; fechando o ciclo, há a absorção dos nitratos pelas raízes dos vegetais e destes vai aos animais, recomeçando o ciclo.

Ciclos semelhantes ocorrem com outros elementos, tais como: carbono, enxofre, etc.

Esta decomposição tanto pode se processar muito rapidamente, como em vários meses, ou em quase um ano (caso da fossa seca).

Mas as condições existentes durante a decomposição são em geral desfavoráveis à sobrevivência dos organismos patogênicos; dados de Kliger, indicados em ( ) mencionam que a sobrevivência do bacilo da febre tifóide é de 10 a 15 dias nas fezes secas e até 30 dias em fezes úmidas. Ovos de áscaris podem permanecer vivos de 2 a 3 meses em material de fossas secas.

- Poluição do solo e da água subterrânea: Depois que os excretas são lançados

diretamente sobre o solo ou depositados em fossa, as bactérias podem ser transportadas horizontal e verticalmente no terreno, através da urina, das águas de enxurrada ou das águas subterrâneas.

As distâncias percorridas variam e estão ligadas à porosidade do terreno. Kliger, conforme consta em ( ), constatou que os germes da febre tifóide e da disenteria bacilar não se disseminam mais do que 1m, na direção horizontal; verticalmente, as infiltrações desses germes, com a água, vão de 0,30 m, para solos compactos, a 0,60 m, para solos porosos, mas tem sido constatada a sua infiltração em fossas de até 1,50 m, podendo, então, atingir o lençol de água.

No caso da superfície do solo, apenas a terra imediatamente próxima dos dejetos pode estar contaminada; nas doenças intestinais, o solo tem papel epidemiológico importante, de maneira indireta, pois apenas a ancilostomose é contraída diretamente do solo. Então, um abastecimento de água utilizando o lençol subterrâneo deve estar localizado a uma distância acima do limite seguro de uma fonte de poluição fecal.

As soluções sanitárias para o sistema estático ou sem transporte hídrico são:

- privada com fossa seca ou higiênica
- privada com fossa tubular
- privada com fossa estanque
- privada com fossa de fermentação
- privada química
- privada com receptáculo móvel

As soluções não-sanitárias são:

- fossa negra
- privada construída sobre curso d'água
- privada sem fossa

2.2.1 Privada com fossa seca ou privada higiênica

a) características e aspectos construtivos: consiste em uma escavação aberta no solo, devidamente protegida, com dimensões variáveis. Geralmente tem forma cilíndrica com 0,90 m de diâmetro, em media, ou secção quadrada com cerca de 0,90 m de lado.

A profundidade varia com as características do solo, o nível de água do lençol freático, etc., recomendando-se valores em torno de 2,50 m. A sua profundidade, porém, deve ser tal que o fundo esteja a uma distância mínima de 1,50 m acima do lençol freático. Este tipo de privada é constituído das seguintes partes: buraco, base, piso ou plataforma, montículo e abrigo ("casinha") (Figura 6 — página seguinte). É a solução mais conveniente no nosso meio rural.

Para a escavação da fossa pode-se utilizar quadros de madeira para marcar as dimensões da escavação e servir de guia enquanto se escava (Figura 7).

Para o caso de solo pouco consistente, a fossa deverá ser revestida com tijolos, concreto armado, madeira ou outro material que cumpra a função de suporte.

A base poderá ser feita com os mais diversos materiais, destacando-se madeira, tijolos, concreto armado, blocos de concreto; tem a função de permitir a distribuição uniforme do peso da casinha, sobre o solo, bem como servir de apoio ao piso e proteger a fossa da entrada de elementos indesejáveis (artrópodes, roedores, etc.) (Figura 8).

Sobre a base, que deverá elevar-se cerca de 20 cm da superfície do solo, se assenta a "casinha" que faz a cobertura da fossa.

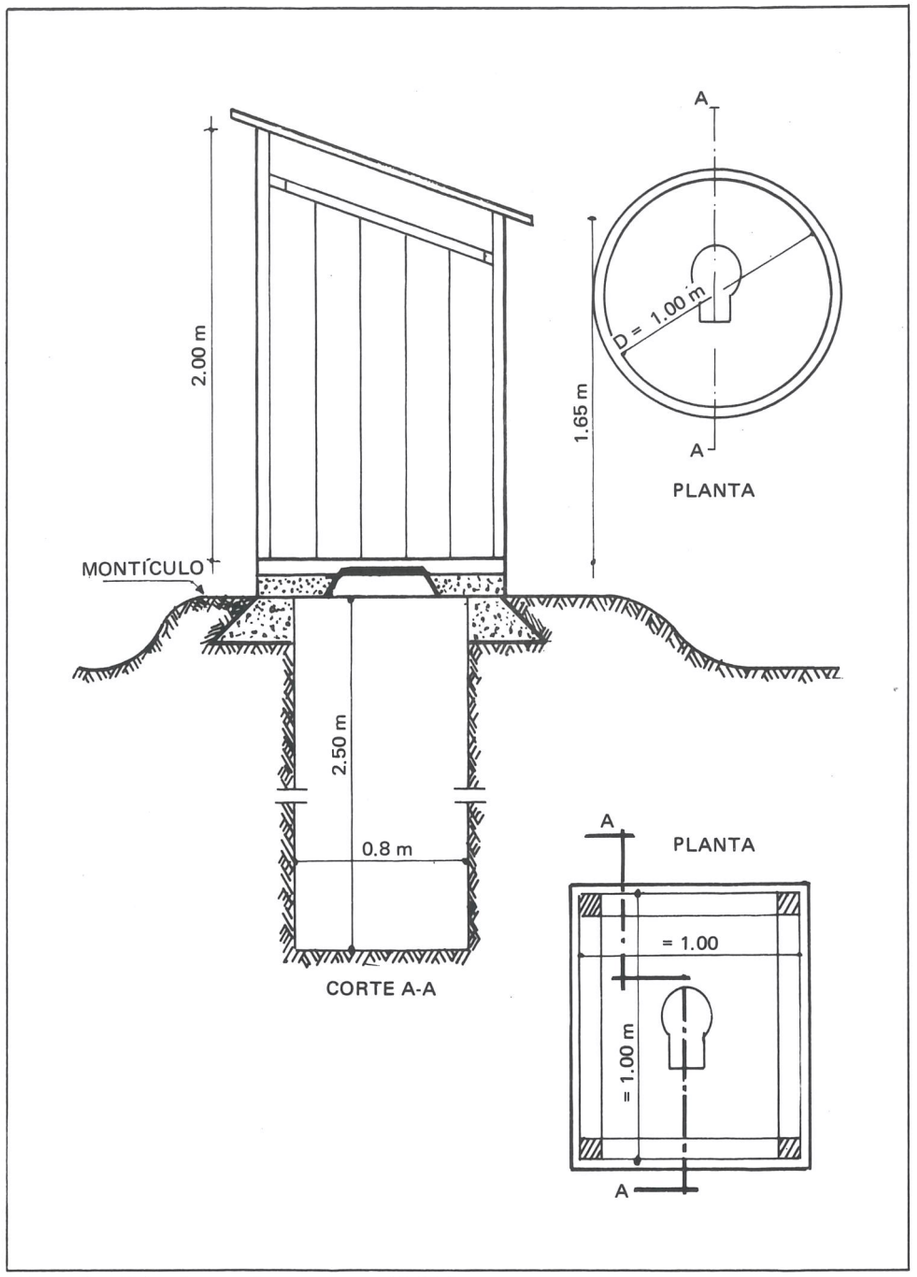


Figura 6 — Privada com fossa seca ou higiênica.

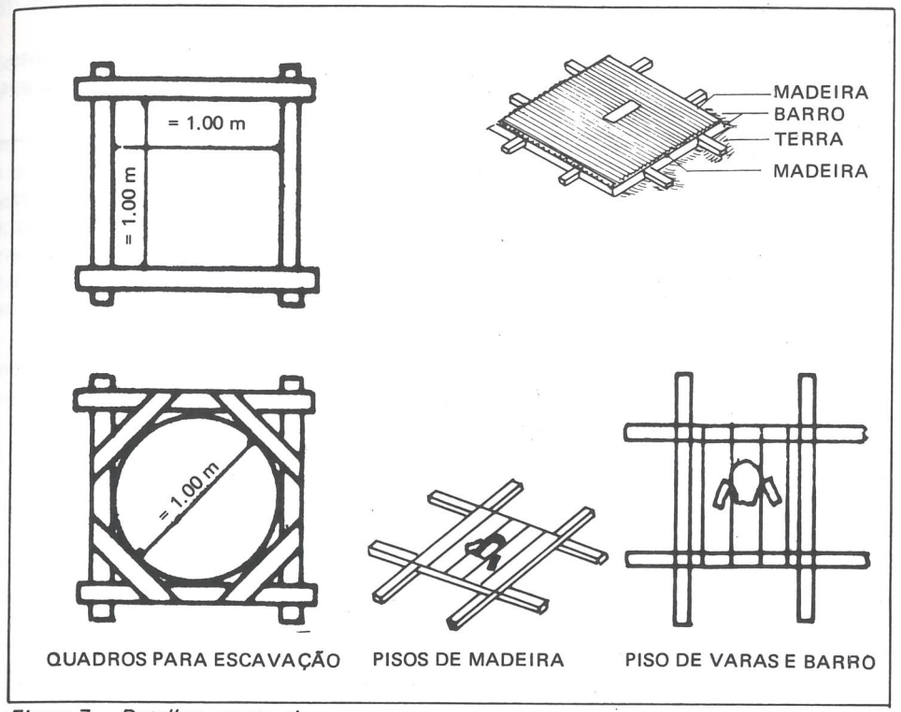


Figura 7 — Detalhes construtivos.

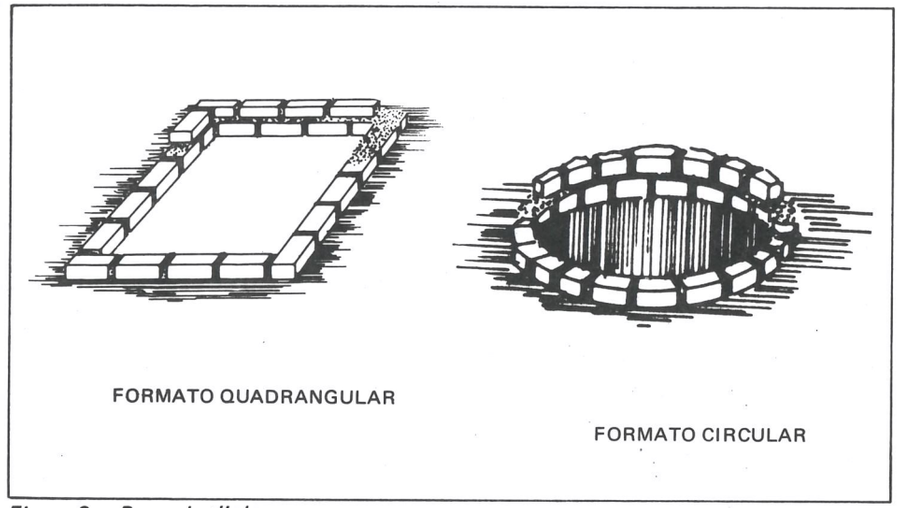


Figura 8 — Bases de tijolos.

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 o piso; entretanto, deve-se atender, neste particular, aos hábitos e costumes da população. Pode ser feito com vários materiais, conforme indicado na Figura 7.

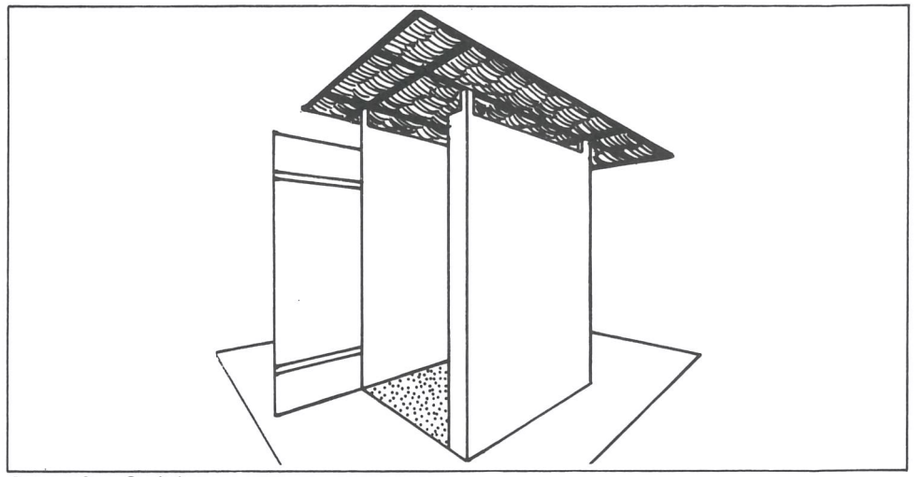


Figura 9 — Casinha.

Como proteção à base, desviando as águas de chuva e impedindo a entrada de artrópodes e roedores, deve ser feito um montículo de terra compactada, em toda a volta da fossa, formando uma plataforma, em torno da privada, o que deverá ser gramado para maior durabilidade.

Após preparadas a fossa, a base, o piso e o montículo, passa-se à construção da "casinha", destinada a completar a proteção da fossa e a abrigar o usuário.

A área recomendada para o piso é de 1 m^2, ou seja, 1 m x 1 m, e a altura das paredes, 2 m na frente e 1,65 m atrás. Quanto à cobertura, deverá ter um beiral de 30 cm, a fim de proteger as paredes (Figuras 6 e 9).

Se, por um lado, as dimensões estão condicionadas ao custo mínimo, por outro, devem oferecer conforto ao usuário.

Existe uma grande variedade de materiais empregados na confecção da casinha. Entretanto, a preferência será dada àqueles de maior disponibilidade, menor custo e maior resistência. Assim:

- paredes: tijolos, madeira, adobe, taipa, blocos de concreto, placas de cimento armado, etc.;
- telhado: telhas de barro francesa ou colonial, telhas de cimento amianto, zinco e alumínio, placas de cimento armado, etc.;

A porta é geralmente construída de madeira. Por questão de comodidade, deve ser instalada abrindo para fora, com dispositivo para mantê-la fechada.

Com paredes e cobertura confeccionadas com placas de cimento armado de 2,5 cm de espessura, apresentam como vantagens a construção em série, a montagem rápida, resistência às intempéries e bom aspecto.

b) aspectos sanitários

Sendo fossa seca, as águas de lavagem do piso não devem ser recolhidas a ela, assim como também as águas de chuva devem ser desviadas. Somente serão lançados os dejetos e o papel higiênico.

No caso de formação de mau cheiro, não devem ser utilizados desinfetantes fortes no buraco, recomendando-se o emprego de pequenas porções de sais alcalinizantes, sendo mais comum o uso de cal ou cinza. Justifica-se essa medida pelo seguinte: no início da digestão dos dejetos, há tendência para o desenvolvimento de bactérias próprias do meio ácido, responsáveis pela produção de compostos mal cheirosos como ácido sulfídrico, mercaptanas, escatol, ácido caprílico, butirco e outros; entretanto, se se elevar o pH do meio com o uso de cal ou cinza, haverá o desenvolvimento de bactérias responsáveis pela produção de gases inodoros, como metano e gás carbônico.

É conveniente que o recinto seja mantido em penumbra para evitar a entrada de moscas. Por isso, a porta deverá permanecer fechada e a ventilação ser feita através de pequenas aberturas no topo das paredes.

As imediações da fossa, numa área de 2 metros de raio, deverá ser livre de vegetação e lixo, bem como o local onde foi construída deve ser seco e livre de enchentes.

A fossa deverá ser utilizada até atingir cerca de 40 centímetros abaixo do nível do terreno.

A abertura do piso deverá permanecer fechada, quando não estiver em uso, para evitar a proliferação de moscas e mosquitos. Podem ser utilizadas tampas de madeira ou placa de cimento.

A distância mínima da fossa a um poço de água varia com o tipo de solo e deve ser determinada no local pelo teste de fluoresceína. Na impossibilidade prática de ser feito o teste, adotar uma distância mínima de segurança, estimada em 15 metros e o poço em local mais alto que a fossa (Figuras 10 e 11).

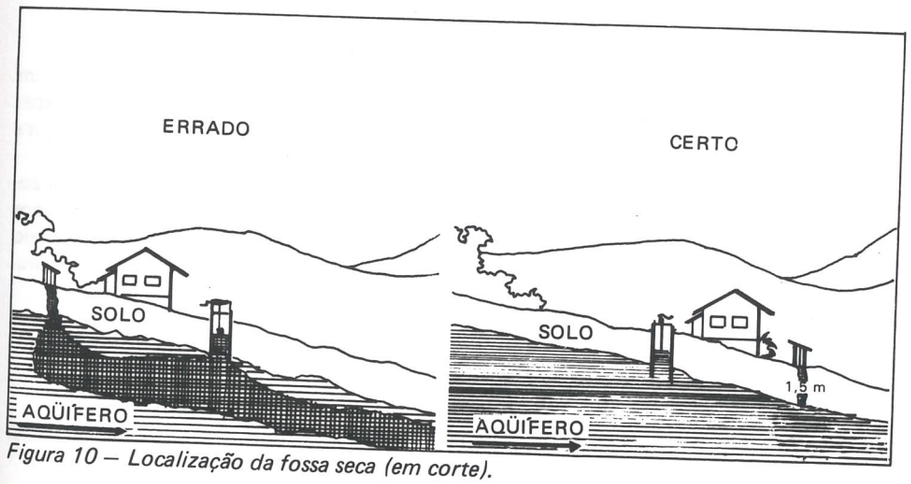


Figura 10 — Localização da fossa seca (em corte).

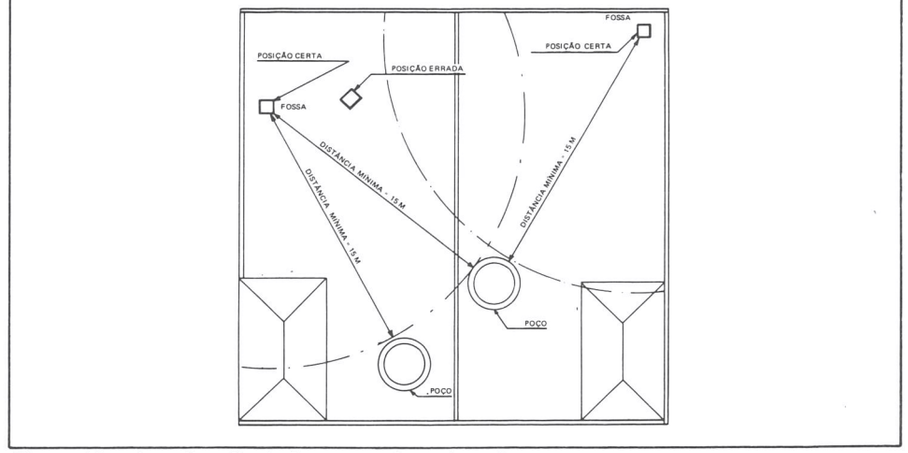


Figura 11 — Localização da fossa seca (em planta).

2.2.2 Privada com fossa tubular

É uma variante da fossa seca; apenas o buraco é menor, com cerca de 0,40 cm de diâmetro.

Vantagens:

- solução barata
- fácil construção

Desvantagens:

- precisa de equipamentos para sua construção (trado).
- parte superior revestida, pois, por ser de pequena dimensão, facilmente se suja a parte superior e, como conseqüência, proliferam as moscas, além de desmoronar facilmente.

É utilizada geralmente em canteiros de obras.

2.2.3 Privada com fossa estanque

Constituída de taque de concreto ou alvenaria, destinado a receber os dejetos em condições idênticas à privada higiênica, ou seja, funcionando sem uso de água, com capacidade em torno de 1.000 litros; o tanque deverá ser totalmente impermeabilizado (Figura 12).

Esse tipo de solução é adotado em zonas de lençol de água muito superficial, em zonas rochosas ou de terrenos muito duros, em terrenos desmoronáveis e em lotes pequenos onde haja perigo de contaminação de fontes de suprimento de água. Quando estiver cheio o tanque, este será esvaziado por uma tampa existente atrás da casinha, e o material retirado deverá ser imediatamente enterrado, não se prestando para adubo.

Uma família de 5 pessoas enche um tanque de 1.000 litros em um período de 1 ano.

2.2.4 Privada com fossa de fermentação

a) aspectos construtivos

É constituída de duas câmaras adjacentes e independentes, destinadas a receber os dejetos, em condições idênticas à privada higiênica (Figura 13).

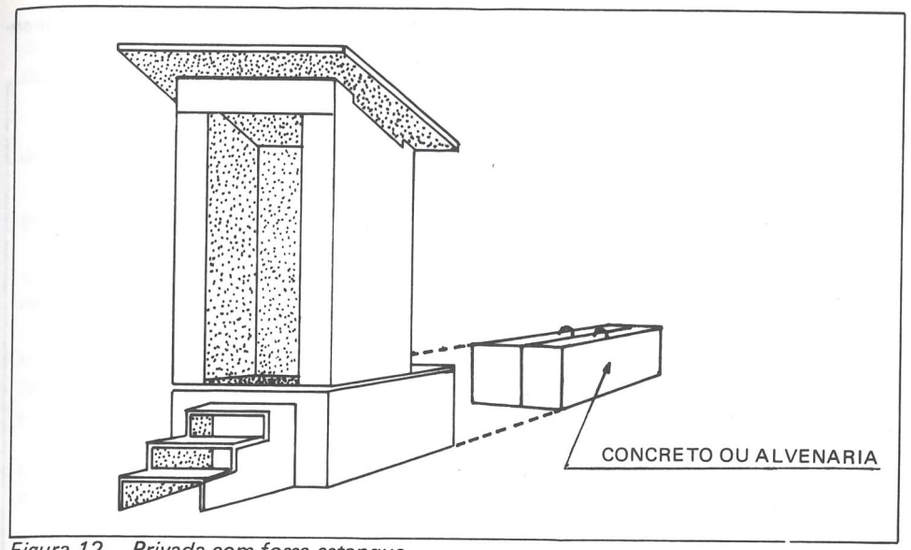


Figura 12 — Privada com fossa estanque.

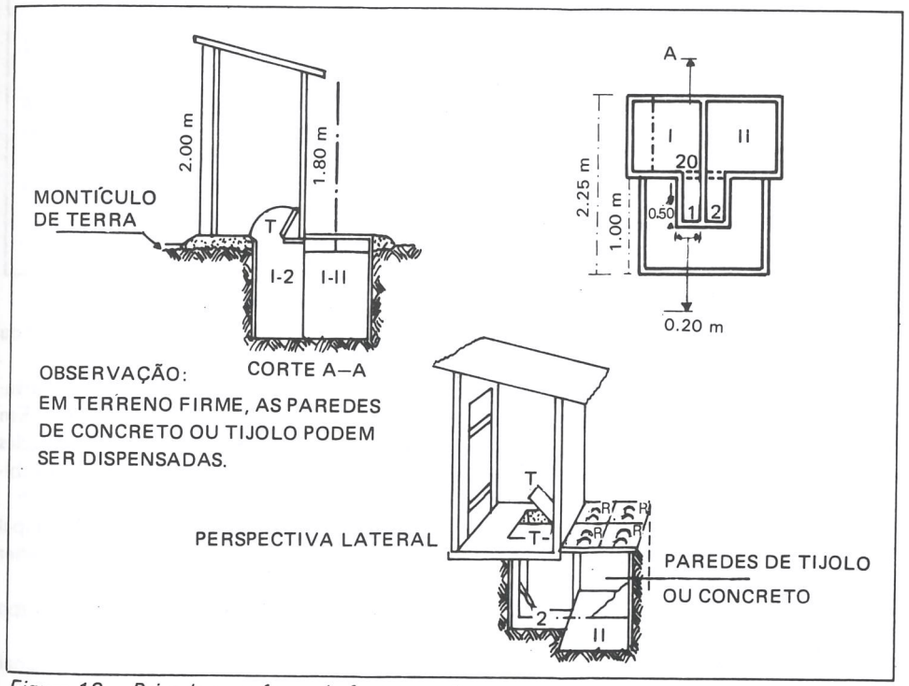


Figura 13 — Privada com fossa de fermentação.

As câmaras têm cerca de 1 metro de profundidade; podem ser enterradas, semi-enterradas ou na superfície (Figura 14).

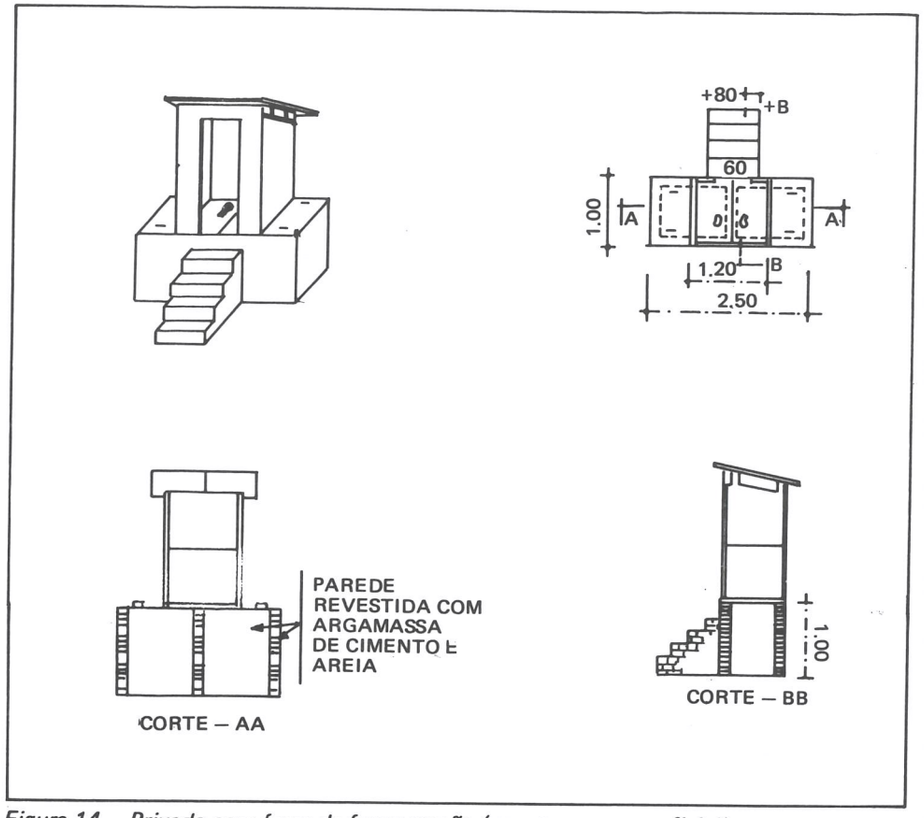


Figura 14 – Privada com fossa de fermentação (com tanque superficial).

O tipo de construção das câmaras é função de características do solo e do local da privada.

Considerando que este tipo de privada constitui uma solução durável, será conveniente fazer o revestimento em quaisquer circunstâncias, inclusive em terrenos firmes. Em terrenos encharcados e em lugares onde haja riscos de contaminação de poços, as paredes e o fundo deverão necessariamente ser construídos de concreto ou de tijolos, impermeabilizados com argamassa de cimento.

As câmaras, conforme se verifica na Figura 13, compõem-se de um corpo principal (I e II) e de um apêndice (1 e 2), que se comunica com o interior da casinha para receber os dejetos.

As escavações das fossas enterradas e semi-enterradas devem começar pelo corpo principal, seguindo-se a escavação dos apêndices.

A casinha é contruída sobre este apêndice de tal forma que o corpo das principal câmaras fique atrás da parede do fundo.

As câmaras são providas, cada uma, de tampas removíveis "R" que, para facilidade de remoção, são subdivididas. A fim de evitar a entrada de água de chuva, as tampas deverão ficar bem unidas e rejuntadas com argamassa pobre de cal e cimento.

A "casinha" pode ser de estrutura semelhante à privada higiênica.

Deve-se proteger a privada com fossa de fermentação, de água de enxurrada, através da construção de valetas de dispersão e circundando-a com aterro bem compactado.

b) aspectos sanitários

A privada com fossa de fermentação pode ser utilizada em todas as situações em que se aplica a fossa seca, além de poder ser aplicada em locais de lençol de água subterrânea elevado e em terrenos rochosos de difícil escavação (Figura 14).

Em comparação com a fossa seca, a sua duração é maior, a escavação é mais fácil, já que as câmaras são de profundidade menor; em igualdade de condições de terreno, o encarecimento é relativamente pequeno pois o revestimento, a quantidade de material empregado e o trabalho requerido são os mesmos.

Como já foi citado, é constituída de duas câmaras (I e II), que devem ser utilizadas alternadamente. Para uma família de 5 pessoas, cada câmara ficará cheia em aproximadamente 1 ano.

Na época da limpeza de cada câmara, deve-se deixar pequena quantidade do material já fermentado, o que auxiliará o reinício da fermentação.

2.2.5 Privada química

Consiste em um tanque metálico, contendo uma solução de soda cáustica e um assento instalado diretamente sobre o tanque. O sistema exige ventilação, obtida por um tubo ventilador, que se prolonga até acima do telhado.

Pela ação da solução desinfetante (10 kg de soda cáustica em 50 litros de água), os excretas são esterilizados e o material sólido é liquefeito.

De tempos em tempos, o tanque é esvaziado e o seu conteúdo (líquido escuro, sem cheiro) é disposto por infiltração no solo ou despejado em fossa absorvente; em certos casos, é disposto nas redes de esgotos.

É indicado em escolas rurais, habitações isoladas, colônias de férias, etc. Este sistema também é utilizado em aviões e outros meios de transporte.

O custo inicial e a manutenção são dispendiosos, de maneira que o sistema não é recomendado para uso generalizado.

2.2.6 Privada com receptáculo móvel

As privadas de receptáculos móveis consistem, em termos gerais, em uma vasilha metálica, colocada sob um assento, para receber dejetos. Estes recipientes são retirados ou esvaziados temporariamente. De uma forma geral, esse sistema é utilizado quando o lençol freático está muito próximo à superfície; pode-se afirmar que esta solução não é aconselhável para o problema do destino dos excretas.

Este sistema é utilizado em algumas prisões e também em minas subterrâneas. Alguns países utilizam o sistema público de coleta de vasilhames, substituindo periodicamente os vasilhames cheios por outros vazios e limpos.

Esta solução exige cuidados quanto ao destino dos dejetos e à manipulação dos receptáculos.

2.2.7 Soluções não-sanitárias

Conforme já mencionadas, são as seguintes:

a) fossa negra;
b) privada construída sobre curso d'água;
c) privada sem fossa;
a) fossa negra.

- Aspectos construtivos — é uma variante de fossa seca, na qual a escavação atinge, ou então se aproxima (chega a menos de 1,50 m) do lençol de água subterrânea (Figura 15). As ações predominantes nesta fossa são anaeróbicas.

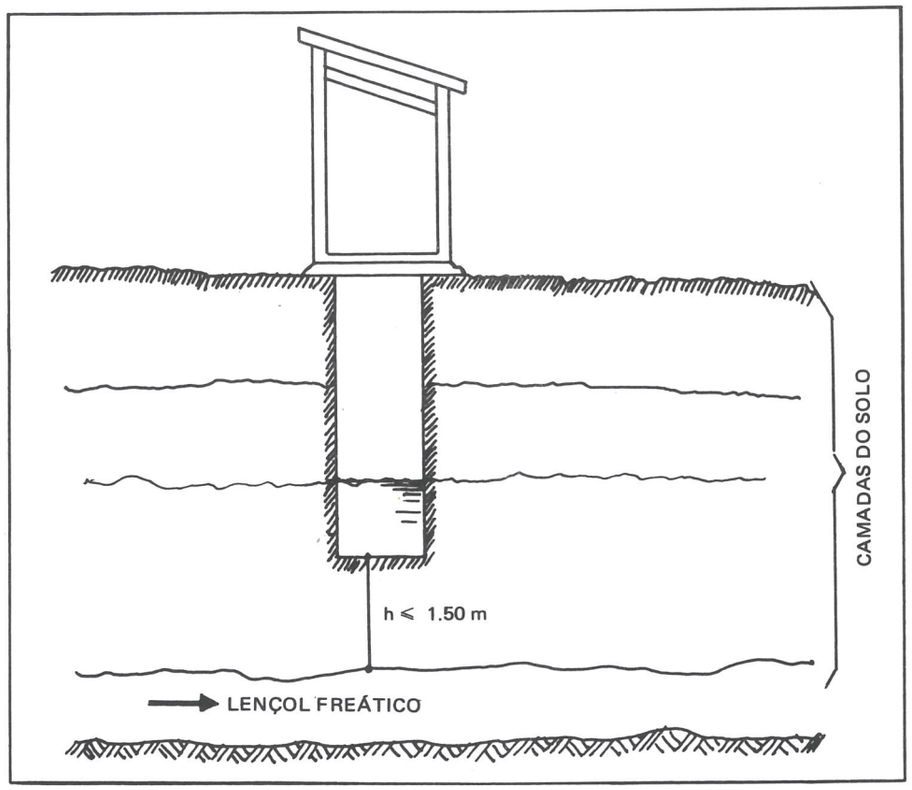


Figura 15 — Fossa negra.

- Aspectos sanitários — é responsável pela contaminação do lençol subterrâneo. Devido à decomposição anaeróbica, exala maus odores e, por isso, há maior atração de moscas.

Por ser durável, é muito encontrada na zona rural, porém, é uma solução condenável; poderá ser tolerada quando o abastecimento de água não for proveniente do lençol subterrâneo, ou quando puder ser localizada no mínimo a 45 m da distância dos suprimentos de água e sempre com cota inferior à destes.

b) privada construída sobre cursos d'água

Tipo utilizado em zona principalmente rural, por moradores próximos de córregos. Neste caso, a casinha é construída sobre o córrego, sendo os dejetos lançados diretamente dentro da água. É uma solução condenável.

c) privada sem fossa

É constituída apenas da casinha, que é construída a pequena altura do solo, não havendo fossa. Os excretas são lançados diretamente no solo, ficando expostos ao acesso de animais. É uma solução condenável.

2.3 Soluções individuais para o sistema dinâmico ou com transporte hídrico

Os principais aspectos a serem considerados são:

- quando se dispõe de água corrente, o afastamento e disposição dos excretas pode ser feito em condições mais satisfatórias, se for aproveitada a água como veículo para o transporte dos excretas;
- o transporte hídrico permite o afastamento dos esgotos domésticos, ou seja, das águas imundas de lavagem;
- o transporte hídrico permite as instalações sanitárias dentro de casa;
- a disposição dos dejetos, incluídos nos esgotos, complica por força do aumento do volume, o que exigirá unidades complementares.

As soluções individuais para o sistema dinâmico ou com transporte hídrico, portanto quando existe água encanada no domicílio e pode ser utilizada privada, chuveiro e outras instalações e não existe sistema de esgotos, são:

- fossa absorvente
- tanque séptico
- tanque Inhoff

2.3.1 Fossa absorvente

a) aspectos construtivos

Fossa escavada no solo destinado à fossa seca, podendo ter diâmetro maior; tem a função de recolher efluente do tanque séptico e águas servidas dos domicílios.

É utilizada em comunidades servidas por sistemas de água encanada ou mesmo em domicílios que providenciam a sua própria água encanada, mas que não possuem sistemas de esgotos; é recomendada a sua utilização como destino para o efluente de tanques sépticos e de águas servidas. O seu tempo de utilização é bastante reduzido, quando é utilizado para receber diretamente as águas residuárias, pois suas paredes se colmatam facilmente.

Como revestimento das paredes devem ser utilizados materiais que possibilitem a infiltração de material líquido no solo, tais como tijolos rejuntados em forma de grade ou manilhões ou tubos perfurados (Figura 16 — página seguinte).

Valores práticos recomendam uma capacidade de cerca de 3.500 litros para uma família de 5 pessoas, quando se destina a receber material do W.C..

Para o dimensionamento da fossa absorvente, levam-se em conta apenas as superfícies das paredes laterais, que são consideradas como área de absorção.

A área de absorção necessária é determinada pelo volume do efluente diário — obtido pelo produto do número de usuários e o consumo de água "per capita" — e pelo coeficiente de percolação.

b) aspectos sanitários

Da mesma forma que com relação à fossa seca, devem ser respeitados certos

aspectos, a fim de evitar a contaminação de possíveis mananciais de abastecimento de água.

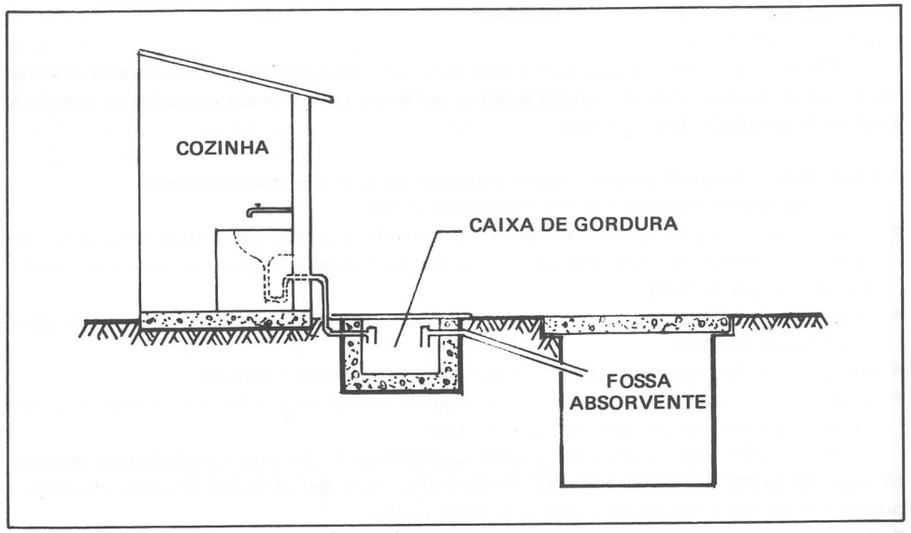


Figura 16 — Caixa de gordura e fossa absorvente.

A distância horizontal mínima de poços e fontes é determinada pelo teste de fluoresceína; na falta deste, adota-se o valor de 30 m.

Além do aspecto distância, o fator "cota" também deve ser respeitado, devendo se instalar em locais com cota inferior a dos mananciais.

No caso de a escavação atingir o lençol subterrâneo de água ou aproximar-se muito dele, a fossa será denominada "poço negro"; seu uso deve ser restrito apenas a casos em que não se utilize nem se considere a possibilidade de utilizar água de lençol subterrâneo para abastecer a área onde se localizar a fossa. Contudo, de uma maneira geral, como no caso da fossa negra como solução de sistema estático, é condenável o seu uso.

Visando evitar ou diminuir sensivelmente a colmatação das paredes da fossa, nos casos de águas servidas de cozinhas, bares, postos de serviço, restaurantes, etc., que vão ter à fossa absorvente, utilizam-se as chamadas caixas de gordura, construídas especialmente para reter gorduras (Figura 16).

2.3.2 Tanque séptico

a) características e aspectos construtivos

O tanque séptico é um tanque enterrado, fechado e impermeável, que recebe todo o material procedente da privada, bem como as águas servidas procedentes de banheiros, lavatórios, tanques de lavar roupa, pias de cozinha, etc.; é recomendável que as águas provenientes das pias de cozinha previamente passem por caixas de gorduras, antes de passar pelo tanque.

É um tanque de sedimentação e digestão, onde se realiza o tratamento primário das águas servidas em geral.

O líquido se escoa continuamente, no sentido horizontal, de modo a permitir que

os materiais em suspensão se depositem no fundo, onde se decompõem anaerobicamente e se transformam em líquidos e gases.

A entrada do esgoto no tanque deverá ser feita através de uma curva, cuja extremidade estará mergulhada cerca de 30 cm no líquido séptico. Este dispositivo terá por finalidade impedir o retorno de gases e reduzir o turbilhonamento do meio líquido, o qual prejudicaria o processo de decantação, evitando o arrastamento de sólidos flutuantes. O dispositivo de saída constará de "T" ou chicana, cuja extremidade inferior ficará mergulhada cerca de 40 cm; e a extremidade superior do "T" servirá para dar escape aos gases.

É contra-indicada a instalação de respiradores (abertura de ventilação) rentes ao chão. Os respiradouros tecnicamente recomendados são denominados "tubos de ventilação"; estes deverão ser elevados acima do telhado e localizados distantes das chaminés, uma vez que o tanque séptico produz gases inflamáveis.

Quando a instalação predial de esgotos for provida de "coluna de ventilação", pode-se permitir o retorno de gases, substituindo-se a curva de entrada por um "T", ou uma chicana.

Entre a cota do tubo de entrada e a cota do tubo de saída deverá haver uma diferença de 5 centímetros.

A experiência recomenda tanques de câmara única ou no máximo com uma compartimentação.

Para o dimensionamento de tanques sépticos, deverá ser adotada a NBR-7229, de março de 1982 (Figuras 17 e 18).

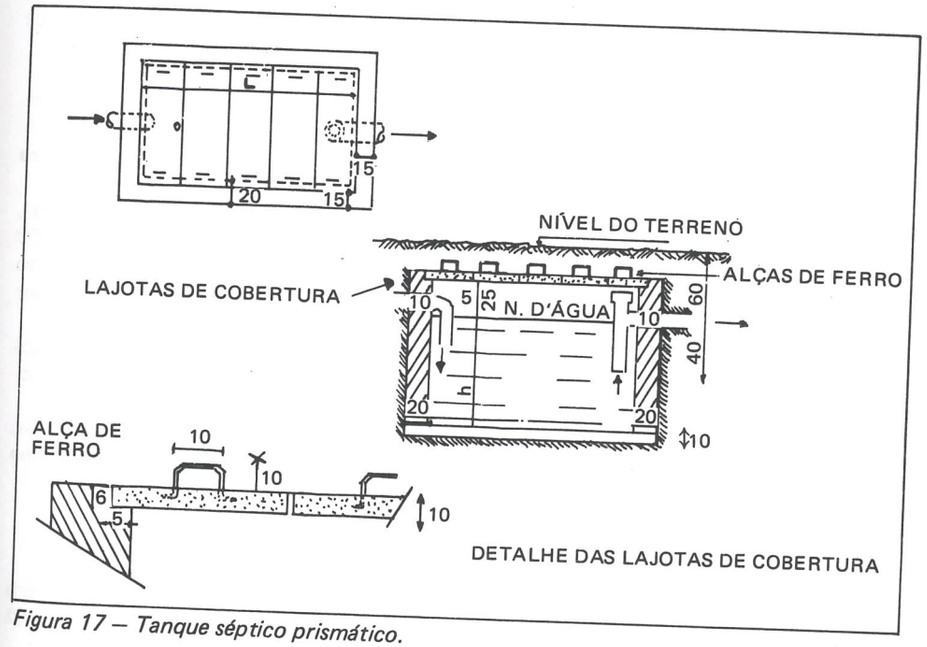


Figura 17 — Tanque séptico prismático.

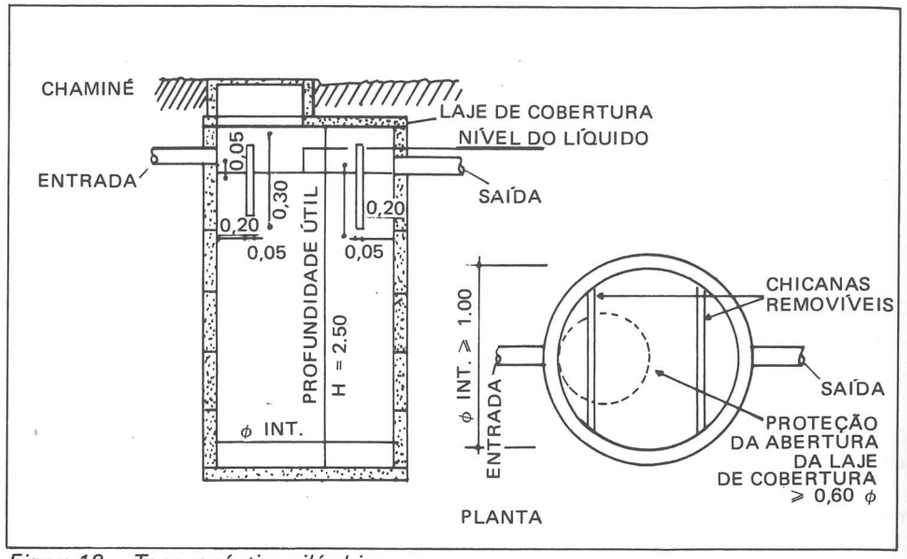


Figura 18 — Tanque séptico cilíndrico.

Com relação à cobertura, para tanques pequenos, dar-se-á preferência à subdivisão em diversas lajes de concreto para facilitar a limpeza, enquanto que, para tanques maiores, far-se-ão duas aberturas na laje de cobertura, de preferência sobre os dispositivos de entrada e saída dos esgotos, devendo-se prover estas aberturas com tampas herméticas.

b) Aspectos sanitários

O intervalo entre duas limpezas do tanque varia de 6 meses a 2 anos. Após a limpeza, deve-se deixar cerca de 20 litros de lodo, a fim de facilitar o reinício da digestão.

Havendo possibilidade de se formarem gases inflamáveis no tanque séptico, deve-se ter cuidado com fogo por ocasião da limpeza, devendo-se advertir os fumantes.

Este tipo de solução é freqüentemente usado em escolas, hospitais, residências, etc., que não possuem rede de esgoto (seu emprego está limitado, em princípio, a cerca de 300 pessoas). Contudo, não se recomenda o uso de tanques sépticos para populações muito maiores que 100 habitantes. Deve-se, neste caso, dar preferência ao tanque Imhoff, por ser mais econômico.

Importante é assinalar que o tanque séptico não é um processo de destino final dos esgotos. É uma unidade de um processo de disposição dos esgotos, que termina na disposição do efluente líquido dos esgotos no solo.

O efluente de um tanque séptico não é um líquido inofensivo; contém matérias putrecíveis, sendo potencialmente perigoso à saúde e, portanto, deve receber um destino final adequado.

2.3.3 Tanque Imhoff

a) características e aspectos construtivos

Os tanques Imhoff destinam-se ao tratamento primário do esgoto, à semelhança dos tanques sépticos comuns. Compõem-se de uma câmara superior de sedimentação e outra

inferior de digestão. A comunicação entre os dois compartimentos é feita unicamente por uma fenda que dá passagem aos lodos.

Os dispositivos de entrada e saída do esgoto no tanque são semelhantes aos dos tanques sépticos comuns.

O esgoto penetra na câmara de decantação onde esta se processa; a parte sedimentável precipita-se na câmara de digestão através de uma abertura com 15 cm de largura e comprimento igual à câmara de decantação (Figuras 19, 20).

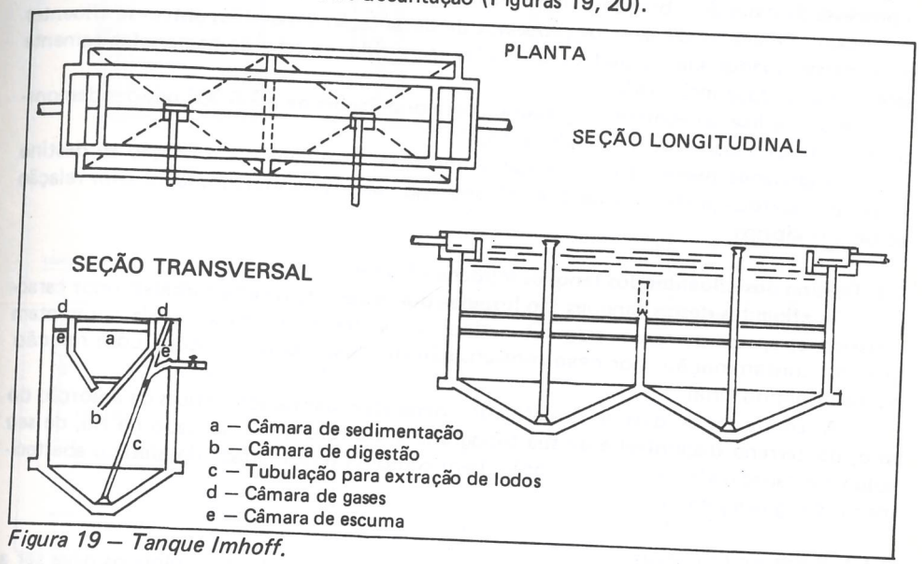
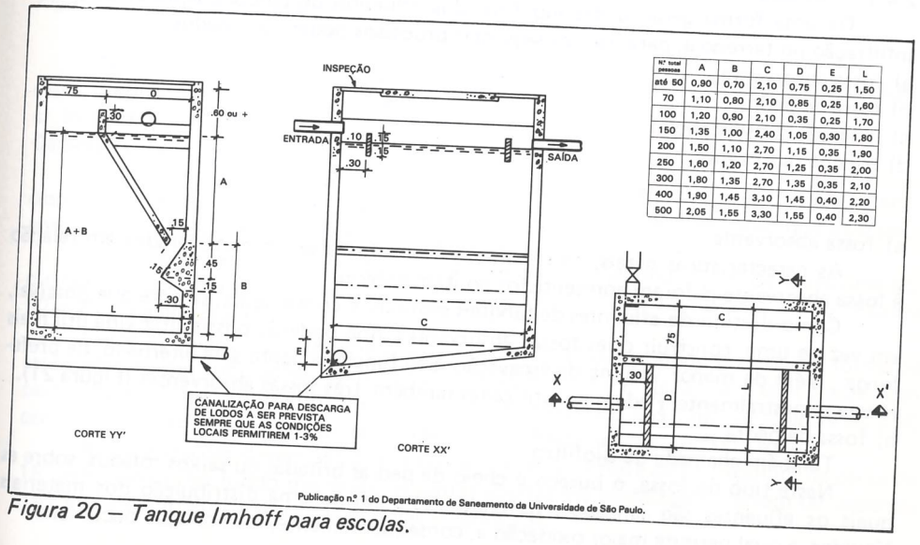


Figura 19 — Tanque Imhoff.



Nº total pessoas	A	B	C	D	E	L
até 50	0,90	0,70	2,10	0,75	0,25	1,50
70	1,10	0,80	2,10	0,85	0,25	1,60
100	1,20	0,90	2,10	0,95	0,25	1,70
150	1,35	1,00	2,40	1,05	0,30	1,80
200	1,50	1,10	2,70	1,15	0,35	1,90
250	1,60	1,20	2,70	1,25	0,35	2,00
300	1,80	1,35	2,70	1,35	0,35	2,10
400	1,90	1,45	3,10	1,45	0,40	2,20
500	2,05	1,55	3,30	1,55	0,40	2,30

Figura 20 — Tanque Imhoff para escolas.

b) aspectos sanitários

Os tanques Imhoff, em relação aos tanques sépticos, apresentam menor tempo de retenção, melhor digestão, efluente de melhores características e maior capacidade de atendimento.

Com menor tempo de retenção, os tanques tornam-se mais econômicos.

Com ausência de correntes internas obtidas pela separação das câmaras, facilita-se o processo de digestão, obtendo-se uma maior eficiência.

Com a maior eficiência dos processos de decantação e digestão, obtém-se efluentes com menor quantidade de partículas sólidas, acrescido ao fato de bacteriologicamente serem de qualidade melhorada.

A sua aplicação econômica garantida para populações de até 5.000 pessoas demonstra a sua maior capacidade de atendimento.

Os cuidados quanto à manutenção e operação, bem como com relação ao destino final do efluente de um tanque Imhoff pequeno, são os mesmos tomados com relação ao tanque séptico.

2.4 Destino dos efluentes dos tanques sépticos e Imhoff

Os efluentes destes tanques são líquidos que apresentam certa turbidez, odor característico e, apesar de terem sido submetidos a tratamento primário, ainda apresentam grau de contaminação; por esse motivo, são necessárias precauções com relação ao seu destino final.

As condições do destino dos efluentes dependem das características de absorção do solo, do terreno disponível e de sua topografia e, no caso de ser lançado no rio, de seu volume e capacidade de autodepuração, bem como da possibilidade de afetar o abastecimento da água a jusante.

2.4.1 Processos utilizados

De uma forma geral, o destino final dos efluentes de tanques sépticos deve ser a infiltração no terreno e, para isso, os seguintes processos podem ser usados:

a) fossa absorvente;
b) fossa de pedra;
c) irrigação subsuperficial;
d) trincheira filtrante.

a) fossa absorvente

As características gerais, bem como os aspectos a serem considerados em relação à fossa absorvente já foram apresentados no item anterior.

Como destino de efluentes de tanques sépticos, é conveniente, sempre que possível, em vez de uma, construir duas fossas absorventes, que poderão possibilitar vida útil mais longa , além de menor volume de escavação. Seu funcionamento será alternado, de preferência semestralmente. Podem ser utilizadas também, três fossas absorventes (Figura 21).

b) fossa de pedra

Também chamada de Biofiltro.

Neste tipo de fossa, o buraco é cheio de pedras britadas ou seixos rolados, sobre as quais os efluentes são lançados, havendo desta forma uma distribuição dos materiais líquidos, a qual permite maior oxidação e, conseqüentemente, melhor ação bacteriana.

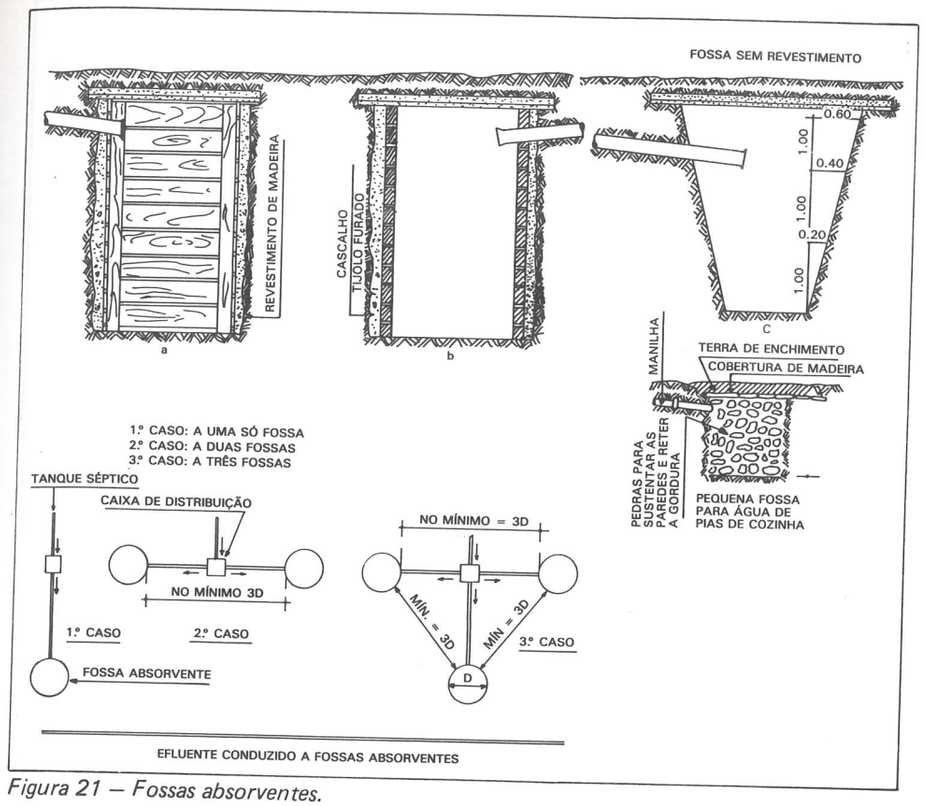


Figura 21 — Fossas absorventes.

As paredes da fossa de pedra poderão ser semelhantes às da fossa absorvente. Além disso, o efluente final poderá ser drenado e conduzido a cursos de água.

c) irrigação subsuperficial

Características

Consiste em um sistema de canalizações assentadas sob condições que permitem a dispersão do efluente nas camadas subsuperficiais do solo. Exige área maior que a do poço absorvente, mas comporta maior volume de efluente.

Geralmente se recomenda que a linha tenha no máximo 30 m de comprimento; quando há necessidade de maior comprimento, usa-se maior número de linhas (Figuras 22 e 23 — página seguinte).

Entre as condições para uma boa dispersão do efluente, pode-se indicar a forma de assentamento das tubulações, com juntas abertas e aberturas de 0,5 a 1 centímetro; isto permitirá a infiltração do efluente no solo. A profundidade das valas varia entre 30 e 90 centímetros, destinada a possibilitar o trabalho das bactérias presentes no solo.

As canalizações devem ser assentadas sobre uma camada de pedregulho, de cerca de 15 centímetros, no fundo das valas; as juntas abertas das canalizações devem ser cobertas para evitar a entrada de terra nas mesmas (Figura 23).

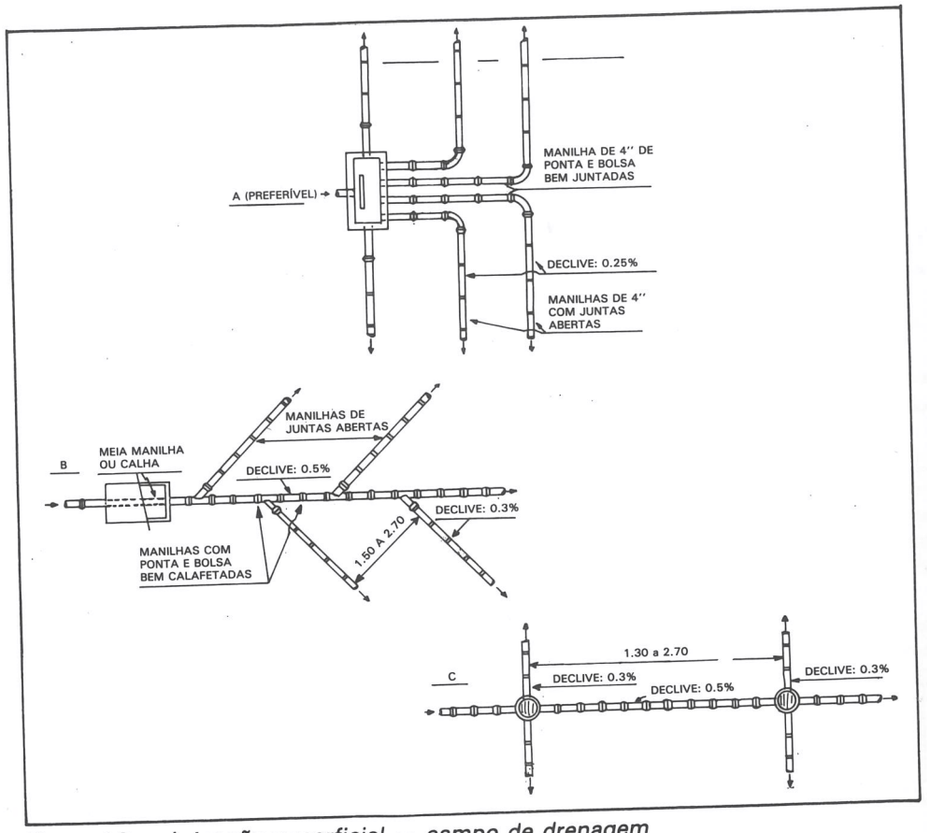


Figura 22 — Irrigação superficial — campo de drenagem

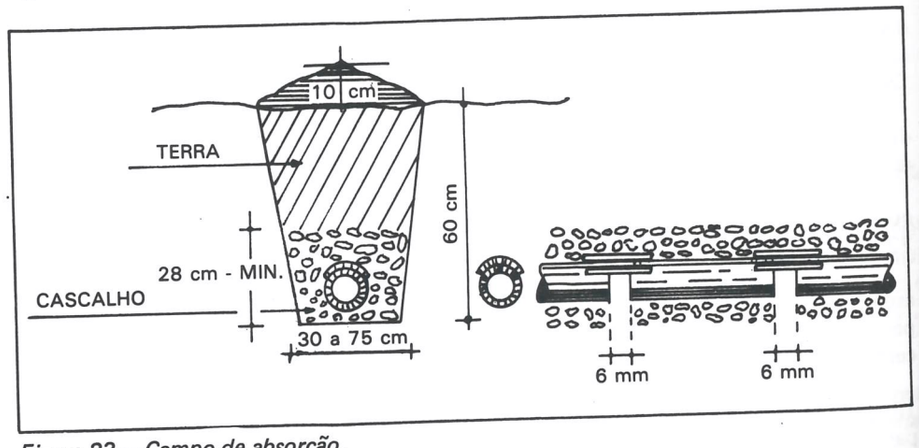


Figura 23 — Campo de absorção.

Para o dimensionamento, considere-se como área de absorção apenas o fundo da vala, que é determinada em função do coeficiente de percolação do terreno e do volume diário do efluente.

A largura da vala, determinada em função do coeficiente de percolação, pode obedecer aos dados constantes no Quadro 5.

Quadro 5 — Largura das valas

Largura da Vala	Coeficiente de Percolação
= 0, 5 m	maior que 105
= 0,60 m	entre 42 — 105
= 0,75 m	menor que 42

Como dados práticos, relacionados à execução de irrigação subsuperficial, adotam-se valores entre 0,5% a 1,0% para a declividade, 1 metro de espaçamento mínimo entre ramais e, como já foi citado, comprimento máximo de 30 metros para cada linha.

Aspectos a serem considerados:

As linhas de irrigação subsuperficial devem estar distantes de qualquer fonte de suprimento de água, obedecendo-se aos critérios de localização em cota inferior à mesma, bem como à distância de no mínimo duas vezes o valor indicado pelo teste de percolação.

d) trincheira filtrante

Consiste no assentamento de duas linhas de canalizações, uma sobre a outra, havendo entre elas uma camada de areia.

A primeira linha funciona como sistema de irrigação subsuperficial e a segunda, como sistema drenante, que levará o líquido que já sofreu uma filtração através da areia, para um despejo conveniente, por exemplo, um curso d'água. O líquido assim disposto apresenta um alto teor de depuração. Esta solução é adotada nos terrenos pouco permeáveis (Figura 24 — página seguinte).

Ao atravessar o meio filtrante, o efluente é submetido a um processo de filtração e oxidação resultante da ação bacteriana, o que torna praticamente estável o efluente.

Na execução da trincheira filtrante, escavam-se valas de 1,20 a 1,50 metros de profundidade com 0,50 metros de largura, forrando-se o fundo das valas com brita ou cascalho, sobre o qual é assentada a rede de drenos.

A rede de drenos, com juntas espaçadas de 0,5 a 1,0 centímetro e cobertas com telha tipo colonial, deve ser envolvida com uma camada de 20 cm de cascalho ou brita.

Sobre a camada envolvente de brita ou cascalho, coloca-se o meio filtrante, que é constituído de uma camada de 60 centímetros de areia grossa; sobre esta camada é assentado o sistema de infiltração, que também é envolvida por uma camada de 20 centímetros de brita ou cascalho, nos mesmos moldes da rede de drenos.

Por fim, a vala será recoberta com uma camada de 30 a 50 centímetros de terra.

O sistema de infiltração (de irrigação) deverá possuir uma declividade da ordem de 0,2 a 0,5%, enquanto que o sistema drenante terá declividade da ordem de 0,5% a 1%.

Pode-se considerar o comprimento de 1 metro para cada 30 a 40 litros de contribuição.

A escolha de um dos quatro processos de disposição dos efluentes da fossa séptica

está ligada às características de terreno, ou seja, à capacidade de absorção do solo, medida através do denominado "tempo de infiltração" ou "coeficiente de percolação", e através do teste de percolação, a ser exposto mais adiante.

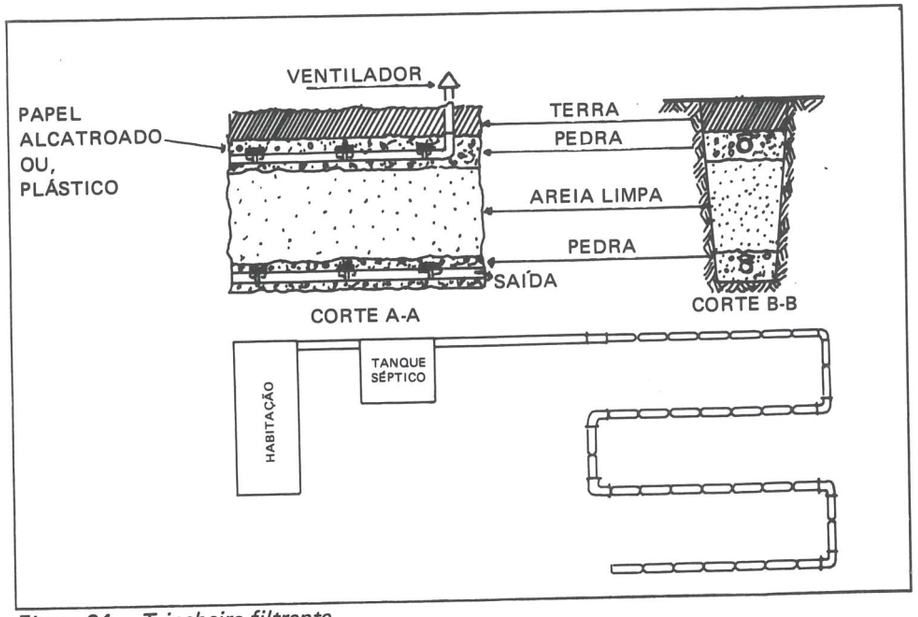


Figura 24 — Trincheira filtrante.

2.4.2 Caixa de distribuição

Quando se desejar subdividir o lançamento de efluentes de tanques sépticos e Imhoff em duas ou mais fossas absorventes, duas ou mais fossas de pedra ou em ramais para irrigação subsuperficial ou trincheiras filtrantes, deve-se utilizar uma caixa para distribuição uniforme do efluente no campo de absorção. As partes inferiores dos tubos de saída deverão estar em mesmo nível.

Estas caixas denominam-se caixas de distribuição; devem possuir dimensões nas quais a largura mínima seja 0,45 metro e a altura esteja entre 0,40 a 0,50 metro (Figura 25 — página seguinte).

2.4.3 Teste de percolação

Como já foi apresentado, para o dimensionamento de fossa absorvente e do campo de absorção, no caso de irrigação subsuperficial, é necessário o conhecimento de um coeficiente conhecido por "coeficiente de percolação" do solo, obtido pelo teste de percolação.

Este teste deve obedecer à seqüência seguinte (Figura 26):

Cavar um buraco de 0,30 × 0,30 × 0,30 m no fundo da vala, para campo de absorção, ou na profundidade média, em caso de fossa absorvente, colocando cerca de 5 centímetros de pedra miúda no fundo.

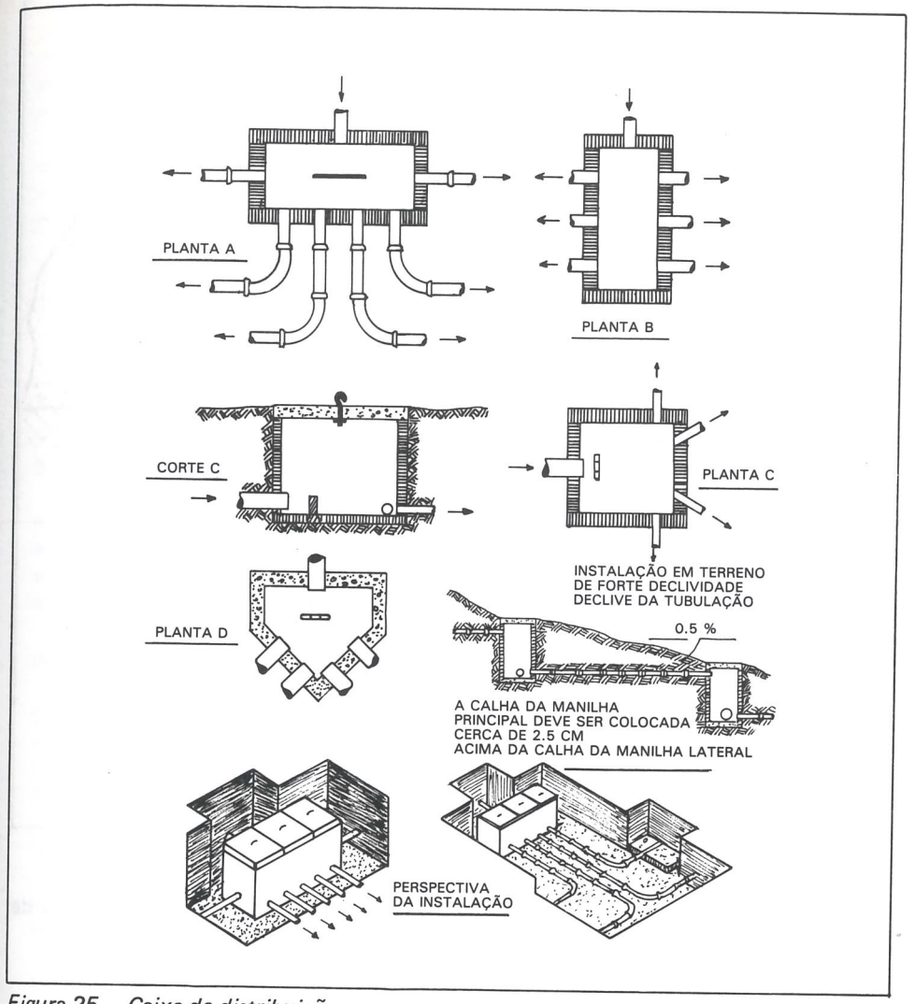


Figura 25 — Caixa de distribuição.

A seguir, encher o buraco com água, aguardando que seja absorvida e repetir a operação várias vezes, até que o abaixamento do nível da água se torne o mais lento possível.

Então, com relógio e escala graduada em centímetros, medir o tempo gasto em minutos para um abaixamento de 1 centímetro; este tempo "t" é, por definição, o tempo de percolação; de posse dele, pode-se determinar o *coeficiente de percolação,* através da seguinte fórmula:

$$C = \frac{490}{t + 2{,}5}$$

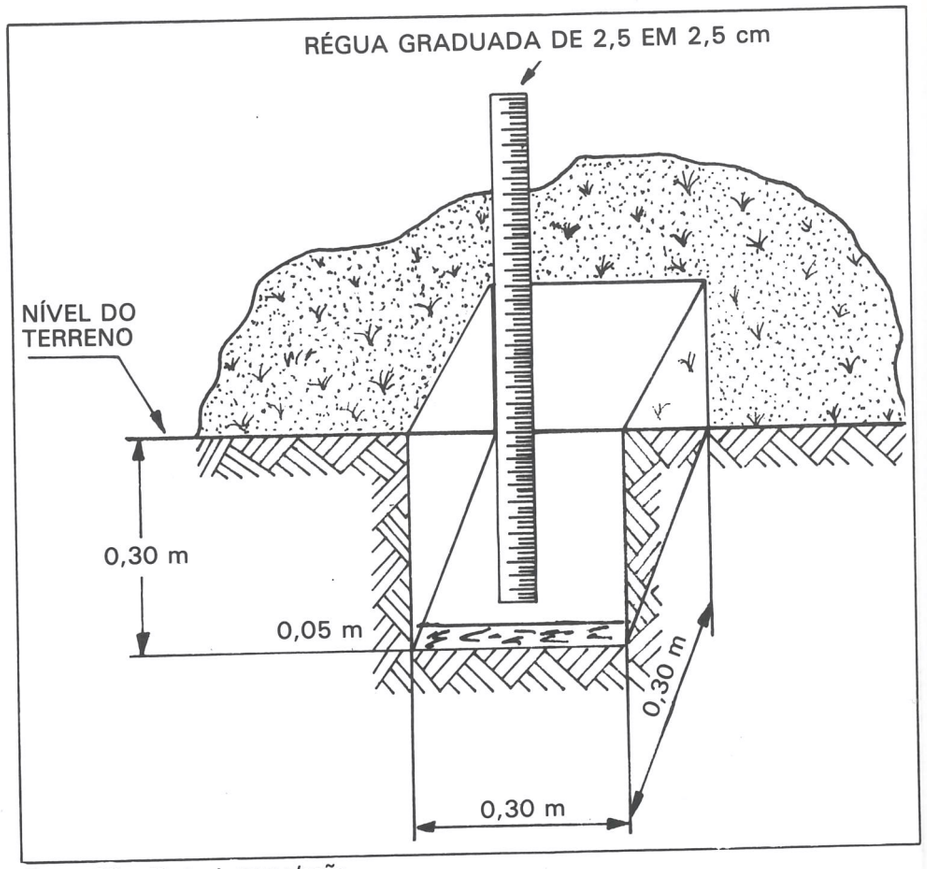


Figura 26 — Teste de percolação.

O coeficiente de percolação representa o volume em litros que 1 metro quadrado de área de infiltração do solo é capaz de absorver em um dia ($l/m^2/dia$).

Com a Figura **25**, pode-se simplificar a obtenção do coeficiente de percolação.

3 DISPOSIÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO MEIO URBANO

3.1 Introdução

Com o crescimento das comunidades, oriundo principalmente do aumento das populações urbanas, e o aumento da concentração demográfica, torna-se necessário a utilização de soluções de caráter coletivo para a remoção e disposição das águas residuárias, em substituição às soluções individuais para o destino dos esgotos e dos dejetos humanos.

A solução do problema é o estabelecimento de sistemas públicos de esgotos, cujos objetivos a serem atingidos são de natureza sanitária, social e econômica:

- Sanitária

– melhor controle e prevenção de doenças
– rápido e seguro afastamento das águas residuárias
– disposição adequada das águas residuárias

- Social

– melhoria das condições de conforto e segurança
– eliminação de aspectos ofensivos ao senso estético
– eliminação da erosão, principalmente devida às águas pluviais

- Econômica

– aumento da vida útil dos indivíduos
– aumento de habitantes da comunidade devido à implantação de indústrias e melhoria do conforto
– melhoria da conservação das áreas públicas
– redução de danos materiais

3.2 Características das águas residuárias

As águas residuárias provêm basicamente de quatro fontes:

- Esgotos domésticos
- Resíduos líquidos industriais
- Águas pluviais
- Águas de infiltração

Os esgotos domésticos incluem as águas imundas contendo matéria fecal e as águas de lavagem, resultantes de banho, lavagem de roupa, de utensílios e de pisos.

Os resíduos líquidos industriais dependem do tipo de indústria. De uma forma geral, compreendem os resíduos líquidos orgânicos, procedentes de indústrias de alimentos, matadouros, etc.; as águas residuárias agressivas, procedentes de indústrias metalúrgicas, etc. e outras águas residuárias procedentes de diversos outros processamentos industriais.

As águas pluviais são as águas procedentes das chuvas, parcela, portanto, ligada a fatores hidrológicos.

As águas de infiltração são as águas do subsolo que se introduzem na rede; esta parcela está ligada às condições de construção da rede, ao nível do lençol freático e a fatores hidrológicos.

Nas águas residuárias encontra-se praticamente de tudo, sendo constituídas de 99,9% de água e o restante são impurezas orgânicas e minerais, bactérias e vírus.

A composição das águas residuárias depende de uma série de fatores, tais como:

- características da população: consumo de água, hábitos;
- clima, temperatura, precipitações;
- sistema de esgotamento;
- indústrias, etc.

Ao estabelecer-se o destino final dessas águas, deveremos conhecer os seguintes dados, provenientes das análises respectivas:

- DBO — Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- Sólidos em suspensão;
- Sólidos sedimentáveis;
- Coliforme.

A matéria orgânica que está nas águas residuárias é instável e tem tendência a se decompor. Ela se decompondo vai servir de alimento a outros organismos. Mas, para se transformar a matéria orgânica, precisa-se de oxigênio e ao mesmo tempo as bactérias também necessitam de oxigênio para viver (muito maior quantidade do que a necessária para a transformação da matéria orgânica).

A demanda de oxigênio para estas duas funções constitui a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

Os sólidos sedimentáveis e em suspensão interessam no projeto das Estações de Tratamento, para se conhecer o volume do lodo formado.

A determinação de coliformes é de grande importância devido à correlação que existe entre a concentração de bactérias desse grupo e a presença de organismos patogênicos.

3.3 Sistemas de esgotos

Os sistemas de esgotos existentes são basicamente de três tipos:

a) sistema unitário;
b) sistema separador absoluto;
c) sistema misto.

a) sistema unitário

É o sistema em que uma única tubulação recebe todas as águas residuárias.

Como vantagem, a existência de um só sistema com todos os aspectos relacionados a este fator.

Como desvantagem, o elevado custo de implantação do sistema, aliado ao problema da operação no tratamento, que é prejudicada pelas variações de vazão em períodos de chuva.

b) sistema separador absoluto

É o tipo formado por dois sistemas de canalização, em que uma canalização recebe os esgotos domésticos, os resíduos líquidos industriais e águas de infiltração, e a outra canalização recebe águas pluviais e de infiltração.

No primeiro caso, tem-se os ''sistemas de esgotos sanitários'' e no segundo os ''sistemas de drenagem urbana''.

Este é o sistema adotado no Brasil.

Seu custo de implantação é menor em relação ao sistema unitário.

Essa diminuição de custo é possível em razão de diversos fatores, entre os quais se pode lembrar:

- Nem todas as ruas de uma cidade necessitam de rede de drenagem, já que nas ruas com certa declividade, a própria sargeta se encarregará do escoamento, reduzindo dessa forma a extensão da rede;
- dependendo da natureza dos resíduos líquidos industriais, existem exigências legais que obrigam a sua passagem por tratamento prévio ou o encaminhamento à rede própria;
- como as águas pluviais não oferecem o mesmo risco à saúde pública que os esgotos domésticos, podem ser encaminhadas diretamente aos corpos receptores, não necessitando de tratamento;
- além dos fatores relacionados acima, acresça-se a utilização de coletores com diâmetros menores.

c) sistema misto

Sistema formado por parte unitária e parte separador absoluto.

Entre os sistemas apresentados, os seguintes fatores de ordem sanitária, econômica e financeira aconselham quase sempre a conveniência do sistema separador absoluto:

- a rede de esgoto funciona continuamente e é indispensável na primeira fase de saneamento;
- as águas pluviais atuam periodicamente e na maioria dos centros urbanos; a disposição das mesmas pode ocorrer superficialmente, não criando problemas à saúde pública e trazendo economia à comunidade;
- na necessidade de Estação de Tratamento e/ou de recalque, o aumento de volume com o sistema unitário ou misto traz desvantagens econômicas.

3.4 Partes constitutivas de um sistema de esgotos sanitários — sistema separador absoluto

Um sistema de esgotos sanitários é basicamente constituído das seguintes partes:

a) condutos;
b) órgãos acessórios;
c) estações elevatórias;
d) estações de tratamento.

a) condutos

Os condutos iniciam-se no interior das edificações e terminam no destino final, podendo passar por diversas partes durante o seu percurso.

Iniciando no interior das edificações, existem os coletores prediais ou ramais domiciliares de esgotos, que terminam no ponto de lançamento na rede situada na rua. O diâmetro mínimo para o ramal domiciliar é de 100 milímetros (4'').

A rede situada na rua é formada pelos coletores terciários, que vão coletando sucessivamente os esgotos, passando-os aos interceptores e, finalmente, aos emissários que os conduzem ao destino final.

Os materiais geralmente utilizados nos condutos são de cerâmica, de concreto, de cimento amianto, de ferro fundido, de barro vidrado ou de plástico.

O diâmetro mínimo recomendado para o coletor é de 150 mm (6''), podendo-se, eventualmente chegar até a 100 mm (4'').

O escoamento dos esgotos nos condutos obedece aos mesmos princípios hidráulicos do deslocamento dos fluidos em canais.

b) órgãos acessórios

Os órgãos acessórios, necessários ao bom desempenho do sistema são, basicamente, os seguintes: poços de visita e tanques fluxíveis.

Os poços de visita destinam-se a permitir a inspeção para fins de limpeza e desobstrução. São colocados no início das linhas, na junção de dois coletores, nas mudanças de direção, nas mudanças de diâmetro, ou então, a distâncias máximas de 100 a 100 metros ou 200 a 200 metros, conforme o diâmetro dos condutos. São construídos em alvenaria de tijolo ou com anéis de concreto pré-moldado, com tampões metálicos, que permitem o acesso aos condutos.

Os tanques fluxíveis são dispositivos que permitem descargas periódicas de um volume relativamente grande de água, na extremidade de condutos de esgoto, no caso em que a declividade é reduzida, podendo, por isso, ocorrer depósito de material sólido.

c) estações elevatórias

A topografia local pode obrigar a que se levem os esgotos para um ou diversos pon-

tos baixos; nestes casos de impossibilidade de o sistema funcionar por gravidade, usam-se as estações elevatórias, que são constituídas de bombas especiais.

d) estações de tratamento

A solução em geral empregada para o destino das águas residuárias é o curso d'água. Contudo, devido à dualidade do uso de água que recebem os despejos, este proceder tem resultado em sérios inconvenientes para a Saúde Pública.

As águas residuárias, sendo lançadas, sem qualquer tratamento depurador, no curso d'água, constituem uma carga de poluição que o rio recebe e da qual procura livrar-se com o tempo.

Se o curso d'água desempenhasse somente o papel de carregador de substâncias nocivas, não haveria necessidade de tratamento. Mas com a necessidade de um outro tipo de aproveitamento da água, atual ou em potencial, o tratamento, na maioria dos casos, torna-se obrigatório.

3.5 Operação e manutenção

Para o bom funcionamento dos sistemas de esgotos, exige-se manutenção permanente e operação adequada.

A manutenção preventiva, constante de limpeza sistemática e periódica dos coletores, garante o sistema contra o colapso; isto atualmente é beneficiado pela existência de uma série de equipamentos para a limpeza dos condutos, com os quais o trabalho é executado com maior rendimento e segurança.

3.6 Efeitos do lançamento de águas residuárias nos cursos d'água

Os efeitos do lançamento de águas residuárias nos cursos de água podem ser de natureza bacteriológica, física, química e bioquímica.

Os efeitos de natureza bacteriológica podem se dar sobre os cursos de água, pela contaminação por germes patogênicos presentes nos esgotos, trazendo dificuldades ou mesmo impedindo o aproveitamento das águas a jusante do lançamento, para abastecimento público ou para uso como local de recreação, como as praias de banho, etc.; ou contaminando hortas.

Os efeitos de natureza química e bioquímica se manifestam pela redução do teor de oxigênio dissolvido na água, por parte dos organismos responsáveis pela decomposição, oxidação e mineralização da matéria orgânica, e pela agressividade ou impropriedade das águas, em conseqüência de lançamentos industriais; podem interferir, causando danos aos abastecimentos públicos e aos abastecimentos industriais situados à jusante do lançamento; causando danos à indústria da pesca; causando inconvenientes: relativos à utilização das águas receptoras para fins recreativos ou práticas desportivas; prejuízos à agricultura e à pecuária; danos às aves migratórias e outros animais selvagens; ataques a estruturas de concreto, a canalizações, etc.

Em função dos aspectos que foram abordados, pode-se relacionar sinteticamente as razões que justificam o tratamento dos esgotos, da seguinte forma:

Razões sanitárias
- para evitar a contaminação direta (banhista) e indireta (legumes, etc.).
- para evitar efeitos indesejáveis sobre o abastecimento de água a jusante.

Razões econômicas
- efeitos indesejáveis sobre os abastecimentos de água situados a jusante.
- implicações sobre o valor da terra.

Razões estéticas e de conforto
- prevenir mau aspecto.
- prevenir mau cheiro.

Razões legais
- relacionadas aos direitos dos proprietários marginais, prejudicados pela poluição das águas.

3.7 Tratamento de esgotos

3.7.1 Considerações gerais

Se colocássemos o esgoto em uma batedeira de bolos e o agitássemos por um certo número de horas, ele deixaria de ser esgoto e passaria a ser água com um pouco de sais minerais.

Do ponto de vista prático, este "milagre" originou-se da turbulência provocada pela hélice da batedeira, captando oxigênio do ar. Na verdade, porém, este mecanismo é mais complexo, uma vez que o oxigênio para estabilizar ou oxidar as matérias orgânicas tem necessidade da co-participação de microrganismos aeróbios. Trata-se, pois, de um mecanismo biológico que é o responsável pelo fenômeno de autodepuração dos rios.

O mesmo resultado poderia ser obtido se, em lugar da agitação violenta, introduzíssemos ar no esgoto, com auxílio de uma bomba de ar (usada nos aquários ornamentais) ou, ainda, pulverizando o esgoto em forma de garoa, cujas gotículas, em contato com o ar, absorvessem o seu oxigênio. Finalmente, se colocássemos esse esgoto em um aquário cheio de algas e exposto à luz, obteríamos igualmente a sua depuração, graças ao oxigênio produzido pela fotossíntese.

Estas são, na verdade, as três alternativas básicas para o tratamento biológico aeróbio dos esgotos.

No primeiro caso, o oxigênio é introduzido através de uma aeração forçada do esgoto.

No segundo caso, o esgoto é reduzido a finas gotículas ou a uma película líquida delgada em contato direto com o ar atmosférico.

No terceiro caso, o oxigênio é produzido pela atividade de microrganismos fotossintetizantes.

O tratamento biológico dos esgotos nada mais é que uma imitação de processos que ocorrem normalmente na natureza, os quais recebem globalmente a denominação de autodepuração. Neste processo, transformações cíclicas e decomposição biológica da matéria orgânica dos esgotos continuam nas águas receptoras; esses fenômenos, aliados à ação de agentes naturais físicos, químicos, bioquímicos e biológicos, fazem com que as águas retomem as características anteriores à poluição.

A autodepuração é definida como o processo pelo qual as águas poluídas restauram suas primitivas condições de pureza, através da ação de agentes naturais que tendem a tornar estáveis e inócuas as substâncias estranhas presentes.

O mecanismo básico da depuração aeróbia apóia-se na atividade de bactérias, alimentando-se de matéria orgânica dos próprios resíduos e de oxigênio para a sua respiração.

3.7.2 Fases e graus de tratamento de esgotos

As fases e graus de tratamento são:

a) tratamento preliminar
É constituído por:
- grades
- desintegradores
- caixas de areia
- tanques de remoção de óleos e graxas

b) tratamento primário
Além dos processos do tratamento preliminar, inclui:
- decantação simples (primária)
- precipitação química
- digestão do lodo
- secagem do lodo
- desinfecção do efluente.

c) tratamento secundário
Em adição aos tratamentos preliminares e primário, incluem-se:
- processo biológico
  - filtração biológica
  - lodos ativados
- decantação final (secundária)

d) tratamento terciário
Complementa os processos anteriores quando se exigir maior depuração, o que pode ser feito por:
- filtros intermitentes de areia.
- lodos ativados em seqüência à filtração biológica.
- lagoas de estabilização.

3.7.3 Noções sobre os principais processos de tratamento

No tratamento dos esgotos, cada fase ou cada processo é caracterizado por sua função.

a) grades

A finalidade das grades é reter materiais grosseiros (papéis, materiais plásticos, pedaços de madeira, estopas, latas, etc.). Sua limpeza pode ser feita manual ou mecanicamente, podendo o material ser enterrado, incinerado ou triturado e novamente lançado no esgoto.

As grades são a primeira unidade que se encontra numa estação de tratamento de esgotos.

b) desintegradores

Fazem simultaneamente as duas operações, isto é, retenção e trituração.

c) caixas de areia

Destinadas a reter areia e outros detritos inertes e pesados que se encontram no esgoto (terra, partículas de metal, carvão, etc.) e que provêm de lavagem, enxurradas, infiltrações, indústrias, etc. Com isso, protegem-se bombas, evitam-se entupimentos e obstruções de canalizações e impede-se depósito de material inerte em decantadores, digestores, etc.

d) tanques de remoção de óleos e graxas

São decantadores muito utilizados nos restaurantes e postos de lubrificação de automóveis.

e) decantadores

Tanques nos quais se obtém a sedimentação de matérias em suspensão, capazes de se depositar dentro de um período de tempo conveniente. São de dois tipos:
- decantadores primários: utilizados antes do lançamento final, caso haja somente tratamento primário ou antes do tratamento secundário.
- decantadores secundários: utilizados para remoção dos materiais finos que passaram pelo decantador primário.

f) tratamento químico

Utilizado quando há necessidade de tratamento apenas em certas épocas do ano; é destinado a aumentar a eficiência da sedimentação pela introdução de produtos químicos que irão acelerar e aumentar a floculação.

Nos casos gerais, é substituído com vantagem pelos tratamentos biológicos.

g) tratamentos biológicos

Tratamentos baseados nos fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica, através de ações vitais de bactérias e outros microrganismos.

g)1 Irrigação do solo

O mais antigo processo de tratamento de esgotos consistia no seu lançamento, pura e simplesmente, sobre uma grande superfície de solo. Criava-se uma película líquida delgada em contato com o ar atmosférico. A natureza granular do solo aumentava muito a superfície de exposição da película líquida.

Observou-se, porém, que quando os espaços (e os grãos) eram muito pequenos, mesmo que inicialmente houvesse depuração, em pouco tempo desenvolvia-se uma matéria gelatinosa — o "humus" ou "Zooglea" --, que obstruía ou colmatava os espaços, tornando o solo impermeável, obrigando a mudança do local de lançamento. Quando, porém, os grãos eram maiores, o "humus" formado levava muito tempo para colmatar o solo. Passou-se a usar terrenos arenosos, disso se originando os chamados "filtros intermitentes de areia", expostos a seguir.

g)2 filtros intermitentes de areia

Esses filtros são constituídos de grandes "canteiros" de areia, na base dos quais existem tubos drenantes que facilitam a saída do líquido já depurado. O esgoto é lançado de maneira uniforme e intermitente, sobre toda a superfície do "canteiro".

Com o avançar dos estudos, orientados no sentido de aumentar a capacidade e a velocidade de depuração, verificou-se que o fenômeno de maior importância nesses sistemas era a formação do próprio "humus". O efeito depurador não resultava de uma atividade filtrante, como a princípio se supunha.

A película do "humus" é constituída de um grande número de microrganismos, tais como bactérias, fungos, protozoários, etc., que formam colônias de consistência gelatinosa sobre os grãos de areia. Essa formação se deve à presença de matéria orgânica como alimento, e de oxigênio para a sua respiração, uma vez que se trata de seres aeróbios. Existindo esses dois elementos em grande quantidade, os microrganismos se desenvolvem abundantemente e são os responsáveis pela depuração, através de dois princípios básicos:
- o da absorção: retenção de partículas sólidas do esgoto à sua superfície; e
- o da nutrição, seguida de respiração; transformando a matéria orgânica solúvel e insolúvel em gás carbônico e água.

g)3 filtros biológicos

Procurando-se tornar o sistema mais compacto, isto é, reduzir a área necessária à depuração, nasceram os chamados filtros biológicos.

Nestes, a areia foi substituída por cascalhos de pedra ou pedra britada, de tamanho incomparavelmente maior que os grãos de areia e cujos espaços intersticiais são também muito grandes. Mas, aumentando o tamanho dos grãos ou cascalhos, menor será a superfície total banhada pelo líquido e, por conseguinte, a extensão ocupada por estes filtros deveria ser maior e não menor.

Não foi, porém, essa a diferença fundamental introduzida com o novo sistema. Passou-se, também, a eliminar previamente do esgoto as suas matérias sólidas ou insolúveis que são as de mais difícil e lenta depuração. Essa remoção prévia é conseguida através de decantação primária, realizada em grandes tanques ou decantadores.

O que se fez foi imitar um processo natural que ocorre nos rios poluídos; em um rio que recebe cargas poluidoras, parte do material introduzido se precipita no leito do rio, formando bancos de lodo, que entram em decomposição anaeróbia.

Assim, a função do tratamento primário é exatamente esta: decantar a matéria sólida no denominado decantador primário, a qual formará o lodo do esgoto, o que será, em seguida, encaminhado a um digestor, onde será submetido a um tratamento anaeróbio.

O líquido sobrenadante do decantador primário, formado basicamente de água, compostos em solução e diminutas partículas em suspensão permanente e que não se decantam, é encaminhado ao filtro de cascalho, no processo dos filtros biológicos. Neste filtro, o processo é em tudo semelhante ao observado nos filtros de areia. Há formação de "humus" e os seres microscópicos que o constituem não só adsorvem as partículas em suspensão permanente, como também alimentam-se destas e dos compostos orgânicos solúveis existentes no líquido, transformando-se em gás carbônico e sais minerais através da respiração aeróbia.

g)4 lodos ativados

A oxigenação de uma película delgada de água em contato direto com o ar é muito rápida e fácil; o difícil é misturar essa película oxigenada, ou o oxigênio nela contido, a toda massa de água.

Há duas maneiras fundamentais de se realizar a aeração do esgoto:

- introduzindo-se ar, por intermédio de uma bomba insufladora, em forma de inúmeras e diminutas bolhas; ou
- agitando-se fortemente o líquido, por meio de turbinas ou escovas rotativas superficiais.

Quando, porém, isso é realizado em agosto que já sofreu a decantação primária e que, portanto, é constituído quase que exclusivamente de água e de substâncias solúveis, nota-se um fato extraordinário: este líquido se coagula, isto é, formam-se "flocos" de natureza gelatinosa e decantáveis. Este fato permite uma nova decantação, a que remove, agora, a quase totalidade da matéria orgânica existente no líquido. A natureza desses flocos é essencialmente biológica e bastante semelhante à da massa de humus gelatinoso que reveste os grãos de areia ou o cascalho dos filtros biológicos.

Os flocos são, pois, formados das bactérias, fungos e protozoários que se alimentam dos esgotos e, não estando fixos a nenhum suporte sólido, decantam, formando, no fundo dos tanques ou decantadores secundários, uma camada de "lodo secundário", que recebe o nome de "lodo ativado". Este lodo é, pois, de formação secundária e constituição biológica, portanto, essencialmente diferente do lodo de esgoto que se sedimentou no decantador primário.

Verificou-se que o lodo ativado é dotado de enorme atividade depuradora; assim, quando misturado a novas quantidades de esgoto fresco, em presença de aeração, promove sua rápida depuração, em muito menos tempo que o necessário para depurá-lo

somente com a introdução de ar. Por este motivo, nos sistemas de lodos ativados, parte do lodo secundário é "recirculado", isto é, é transportado para onde entra esgoto fresco procedente do decantador primário; o excesso de lodo é conduzido ao decantador primário e/ou a um concentrador de lodo (eliminação de parte da água), antes de ir ao digestor.

Há inúmeras variantes desse processo:

- quanto ao sistema de introdução de oxigênio: pode ser feito com auxílio de bombas de pressão e bocais difusores de ar, ou com aparelhos de aeração superficial (agitadores);
- quanto ao sistema de retorno do lodo ativado: por bombeamento para a entrada do esgoto fresco (quando existir câmara de aeração anterior) ou, simplesmente, parte do lodo pode permanecer no único aerador decantador existente.

Na Holanda foi criado um sistema de lodos ativados simplificado, visando reduzir o custo de tratamento para pequenas comunidades ou para resíduos industriais orgânicos.

Esse sistema, denominado valo de oxidação, é constituído de um simples valo escavado no solo, ou revestido de cimento, o qual recebe o esgoto bruto sem tratamento primário, isto é, sem afastamento das matérias sólidas. A aeração superficial é realizada por meio de escovas cilíndricas rotativas, dispostas horizontalmente, parcialmente imersas no líquido e acionadas por motores elétricos.

Tais sistemas, embora ocupem áreas relativamente maiores que a ocupada pelos sistemas clássicos, são eficientes e baratos. Têm sido aplicados em muitos locais, inclusive no Brasil, em várias indústrias, principalmente no Estado de São Paulo.

g)5 lagoas de estabilização

O método que mais se aproxima dos processos de depuração existentes na natureza é o chamado "lagoa de estabilização" ou "lagoa de oxidação", em que não existe nenhum meio artificial ou qualquer tipo de equipamento mecânico em operação.

O processo baseia-se na decomposição bacteriana aeróbia, em que o oxigênio é fornecido por fotossíntese e não por qualquer fonte externa, conforme exposto a seguir. Observou-se que, quando os esgotos são lançados em lagoas, desde que não constituam cargas excessivas, essas lagoas passam a apresentar acentuada coloração verde e o material lançado se torna depurado, sem produção de odores ofensivos. O estudo dessas lagoas levou à conclusão de que se trata de um equilíbrio biológico perfeito entre microrganismos aeróbios e algas microscópicas; os microrganismos se alimentam das matérias orgânicas, consumindo oxigênio do meio e libertando gás carbônico e sais minerais, realizam fotossíntese, com auxílio da energia fornecida pela luz solar, desprendendo o oxigênio indispensável à respiração dos microrganismos.

Esse sistema é, na verdade, um sistema ecológico básico, idêntico aos ciclos biológicos naturais que se observam em nosso planeta. Somente que, nas lagoas, há introdução de matéria orgânica, que é utilizada como alimento pelas bactérias, que, portanto, não se alimentam de matéria sintetizada ou fabricada pelas próprias algas e, como resultado disso, deve haver um saldo positivo de compostos orgânicos sintetizados.

Um elemento indispensável ao funcionamento das lagoas é a luz. Por isso as lagoas devem ser rasas (em geral cerca de 1 a 1,5 m de profundidade) e não devem conter muita matéria em suspensão, isto é, deve ser feita uma decantação prévia, em um decantador ou em uma lagoa primária; esta funciona não somente como tanque de decantação, mas também como digestor anaeróbio.

No Brasil existem inúmeras lagoas desse tipo para esgotos municipais e também para

resíduos de indústrias de açúcar, de papel, frigoríficas e várias outras. É o sistema mais econômico de tratamento, quando se dispõe de áreas suficientes de terreno pois, além desse ônus, implica em poucas outras despesas, com manutenção e operação muito barata.

h) eutrofização

A eutrofização ou fertilização das águas pelos sais minerais resultantes da estabilização dos esgotos, constitui uma das graves conseqüências da poluição.

A redução de concentração de sais minerais, em efluentes de estações de tratamento, pode ser realizada através dos chamados tratamentos terciários, que são de caráter químico ou biológico. Alguns coagulantes empregados no tratamento de águas têm a propriedade de adsorver e eliminar fosfatos do meio e são, por isso, empregados na desmineralização dos efluentes. Biologicamente, o mesmo efeito pode ser obtido fazendo-se o efluente passar por lagoas onde se desenvolvam algas que absorvem o excesso de nutrientes minerais. A complementação da cadeia ecológica pode ser realizada mediante a introdução de peixes que se alimentam de algas, tornando-se necessária a eliminação periódica do excesso de peixe, mediante a pesca.

f) tratamento de lodos

Os materiais retidos pelos decantadores constituem os lodos de esgoto que, de acordo com a procedência, têm sua denominação própria. Os lodos procedentes do decantador secundário, depois da filtração biológica, chamam-se lodos secundários ou "humus" e, depois do processo por lodos ativados, chamam-se lodos ativados. Os lodos retirados do decantador são lodos frescos; em início de putrefação são sépticos; após a digestão são denominados lodos digeridos.

Como os lodos resultantes da decantação primária e secundária são altamente putrecíveis, devido à matéria orgânica, e apresentam alto teor de água (95 a 99%), há necessidade de estabilização e desidratação, o que se consegue com a digestão e secagem dos mesmos.

i)1 digestão de lodos

A digestão dos lodos é um processo de decomposição anaeróbia, feita nas instalações denominadas digestores; tem por finalidade:

- destruir as bactérias patogênicas;
- reduzir o volume dos lodos;
- aproveitar os gases resultantes.

Os produtos finais da decomposição anaeróbia são:

- gases (metano, gás carbônico, nitrogênio e, com menos freqüência e em pequenas quantidades, hidrogênio e gás sulfídrico);
- substâncias nutritivas para as plantas.

O gás de esgoto inclui, portanto, os gases acima. Com a introdução de ar, eleva-se o teor de nitrogênio e apresenta-se o oxigênio, com possibilidade de formação de misturas explosivas ou inflamáveis, devido à presença do metano.

Sob o ponto de vista térmico, o gás de esgoto classifica-se pouco acima do gás obtido do carvão. Dependendo diretamente do teor de metano presente, o poder calorífico geralmente está compreendido entre 5.000 a 6.500 Kcal/m^3.

i)2 secagem de lodos

Os lodos são subprodutos do tratamento e devem ter destino conveniente: afastamento, aproveitamento ou eliminação, o que se dá através de:

- lançamento ao mar

- incineração
- secagem e aproveitamento posterior como adubo.

De uma forma geral, não convém utilizá-los como adubo de vegetais que podem ser ingeridos crus.

j) desinfecção de efluentes

Geralmente consiste em uma cloração do efluente da estação de tratamento.

A desinfecção deve ser feita sempre que o problema a ser resolvido for o da contaminação por bactérias, desejando-se manter as condições sanitárias do corpo de água receptor, utilizado, por exemplo, para abastecimento de água ou para atividades desportivas; é feita particularmente no caso de efluentes de hospitais e de sanatórios onde existam portadores de doenças transmissíveis.

Os agentes desinfetantes utilizados são o cloro e seus compostos, em dosagem de acordo com as características das águas de esgoto.

No caso de ser utilizada a desinfecção dos efluentes numa estação de tratamento de esgotos, esta geralmente é a última fase de todo o tratamento.

4 EDUCAÇÃO SANITÁRIA

A disposição dos dejetos humanos apresenta um valor sanitário muito grande e é reconhecido este valor por todos os técnicos.

As importâncias sanitárias, econômica e social variam de acordo com cada situação particular, crescendo seus níveis com o aumento da população e, principalmente, da concentração desta população em menores espaços.

As soluções individuais exigem participação direta do indivíduo, desde a implantação, operação e manutenção até a sua utilização.

As soluções coletivas dependem da ação do Governo, mas necessitam do apoio e participação do indivíduo, através da coletividade.

Nas soluções individuais, os processos educativos e de promoção devem estar presentes em todas as etapas da solução para o destino dos dejetos, enquanto que nas soluções coletivas, a educação e promoção são dirigidas mais à utilização e preservação do sistema; contudo, importante é assinalar que uma população educada sanitariamente exige melhoria ou implantação de novos sistemas e compreende e aceita melhor os ônus decorrentes.

De qualquer forma, aliados a qualquer programação para solução do problema dos dejetos, devem estar os programas de educação para a saúde, sem os quais todos os esforços técnicos e econômicos poderão estar fadados ao fracasso.

BIBLIOGRAFIA

1. AZEVEDO NETTO, José M. de & HESS, Max Lothar. **Tratamento de águas residuárias.** São Paulo, 1970. 218p.
2. FAIR, Gordon Maskew et alii. **Ingenieria sanitaria y de aguas residuales.** México, Limusa-Wiley, 1968. v. 1

3. FUNDAÇÃO SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA. **Manual de saneamento.** 3.ed. Rio de Janeiro, 1972. v. 2
4. IMHOFF, Karl. **Manual de tratamento de águas residuárias.** São Paulo, Edgard Blucher, 1966. 235p.
5. MEXICO. Secretaria de Salubridad y Asistencia. Comisión Constructora e Ingenieria Sanitaria. **Cartillas de saneamiento**; agua, vivenda y desechos. Mexico, 1971. 1v.
6. SÃO PAULO. Universidade. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental. **Saneamento do meio.** São Paulo, 1976.
7. STEEL, Ernest W. **Abastecimento d'água; sistemas de esgotos.** Rio de Janeiro, USAID, 1966. 866p.
8. WAGNER, E.G. & LANOIX, J.N. **Evacuación de excretas en las zonas rurales y en las pequenas comunidades.** Ginebra, OMS, 1960. 200p. (OMS. Série de Monografias, 39)

CAPÍTULO III

RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA

WALTER ENGRÁCIA DE OLIVEIRA

Formação Profissional
- Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- Professor Catedrático de Saneamento do Meio, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

III – RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA

1 POLUIÇÃO AMBIENTAL, RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA

O acentuado crescimento das populações urbanas na grande maioria dos países, bem como o desenvolvimento industrial em muitas regiões, a par de uma evolução tecnológica, impondo muitas vezes a mudança de sistema de vida, inclusive por razões de conforto ou criação de novos hábitos, tem, por outro lado, gerado vários problemas para o homem; entre os quais temos os decorrentes da crescente produção de resíduos gasosos, líquidos e sólidos, que ocasionam a poluição do meio ambiente, ou seja, do ar, da água e do solo, sem deixar de mencionar a poluição acústica e visual. É o "preço do progresso", conforme muitos dizem.

1.1 Poluição ambiental

Entre as várias maneiras de conceituar poluição, citemos a seguinte: "Considera-se poluição qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente (solo, água e ar), causada por qualquer forma de energia ou por qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos despejados no meio ambiente, em níveis capazes de, direta ou indiretamente, ser prejudicial à segurança e ao bem-estar das populações; criar condições inadequadas para fins domésticos, agropecuários, industriais e outros, propiciando, assim, condições adversas às atividades sociais ou econômicas, ou ocasionando danos relevantes à fauna, à flora e a outros recursos naturais."

Assinalamos que existe uma inter-relação entre as diversas formas de poluição, o que exige, portanto, que a solução do problema seja equacionada em conjunto, como vem sendo feito em muitos países, inclusive no nosso; assim, por exemplo: a incineração dos resíduos sólidos, comumente denominados lixo, sem os devidos cuidados, irá aumentar a poluição do ar; a disposição do lixo no solo, de forma inadequada, pode criar problemas de poluição das águas superficiais ou subterrâneas.

O controle da poluição ambiental é uma das atividades do Saneamento do Meio que vem trazendo grandes preocupações em muitos países, bem como em organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas, particularmente através do Programa das Nações Unidas para o Meio, da Organização Mundial da Saúde e, nas Américas, pela Organização Panamericana da Saúde. Impõe-se o controle da poluição do meio ambiente, visando não só à proteção da qualidade do meio e da saúde do homem, como também à preservação dos recursos naturais.

A grande maioria dos países, notadamente os desenvolvidos, vem promovendo grandes esforços no combate à poluição ambiental. No tocante ao Brasil, assinalamos a criação, em outubro de 1973, da Secretaria Especial do Meio Ambiente, junto ao Ministério do Interior, cujo objetivo básico é a preservação da qualidade do meio, através, particularmente, do combate à poluição ambiental; em âmbito estadual, assinalamos que, em vários Estados, foram criadas entidades com o objetivo de combater a poluição do meio ambiente: como exemplo citamos a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, ligada à Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

1.2 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos, comumente denominados lixo, conforme já mencionamos,

constituem resíduos das atividades humanas; por outro lado, assinalamos, também, que qualquer material se torna um "resíduo", quando seu proprietário ou produtor não o considera mais com valor suficiente para conservá-lo. O lixo, ou os resíduos resultantes do seu tratamento, pode influir na qualidade do ambiente e na saúde do homem, ou seja, na saúde pública, bem como na preservação dos recursos naturais. Constitui, juntamente com a limpeza pública em geral, uma das atividades do Saneamento do Meio.

1.3 Limpeza pública ou urbana

Limpeza pública ou urbana é o conjunto de atividades que permite o adequado estado de limpeza de uma cidade, sem prejudicar a qualidade do ambiente, inclusive na região que a circunda. Entre essas atividades, destacam-se as relacionadas ao acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos sólidos.

2 IMPORTÂNCIA DO PROBLEMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA

O problema do lixo vem-se agravando na grande maioria dos países e, particularmente, em determinadas regiões, em conseqüência do acentuado crescimento demográfico dos centros urbanos, principalmente das regiões ou áreas metropolitanas, da criação ou mudança de hábitos, da melhoria do nível de vida, do desenvolvimento industrial e de uma série de outros fatores.

Esse problema vem trazendo preocupações, principalmente nos países desenvolvidos, como Estados Unidos, Inglaterra, França, Alemanha, Suíça, Japão e outros, que vêm dedicando grandes esforços na procura de soluções adequadas. Muitos países em fase de desenvolvimento, ou subdesenvolvidos, como vários da América Latina, também vêm-se preocupando em solucionar adequadamente os problemas relacionados aos resíduos sólidos e à limpeza pública. Esses países deveriam aproveitar melhor a experiência que vem ocorrendo nos países desenvolvidos, para não cair nos mesmos erros, bem como utilizar o resultado de estudos e pesquisas, incluindo novos processos tecnológicos, que os mesmos vêm conduzindo.

A solução do problema do acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou disposição dos resíduos sólidos está intimamente ligada à sua composição qualitativa, assim como às suas características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas. A composição e as características dos resíduos sólidos vêm sofrendo ponderáveis modificações, principalmente oriundas do desenvolvimento e do progresso em muitas regiões. A título de exemplo, citamos a quantidade de papel, papelão e plástico que vem crescendo acentuadamente. Por outro lado, há outro aspecto a considerar que é a própria necessidade de conservar e proteger os recursos naturais, como, por exemplo, a recuperação de papel, que é um aspecto interessante a ser considerado em muitas regiões, pois redunda em menor número de árvores abatidas para sua produção, o que é importante, apesar das medidas de reflorestamento, adotadas em muitos países. Particularmente os países desenvolvidos estão procurando soluções adequadas para a reutilização dos resíduos sólidos.

Entre os vários fatores que aconselham, ou mesmo determinam, maior cuidado com relação ao problema dos resíduos sólidos, cumpre destacar os relacionados à proteção da saúde da comunidade, incluindo o bem-estar da população; esse aspecto, da proteção da saúde, por si só constitui um motivo preponderante para que sejam procuradas soluções adequadas ao problema da remoção, tratamento e/ou disposição dos resíduos sólidos.

No tocante à poluição ambiental, assinalamos que os resíduos sólidos podem contri-

buir para a poluição do solo; por outro lado, a poluição do ar pode ser agravada com a incineração inadequada desses resíduos; a disposição dos mesmos, no solo, sem os devidos cuidados, ou seja, sem as técnicas aplicadas nos aterros sanitários, pode criar problemas de poluição das águas subterrâneas ou superficiais.

Com relação à importância do problema, apresentamos a seguir algumas considerações.

O problema dos resíduos sólidos surgiu desde quando os homens começaram a abandonar a vida nômade, tornando-se sedentários, fixando-se em determinados lugares.

Os primeiros processos de manipulação dos resíduos sólidos, desde as antigas civilizações, visavam afastar para bem distante tudo o que sobrasse das atividades humanas, devendo ter surgido daí a prática do lançamento dos resíduos sólidos ao ar livre (céu aberto), bem como em cursos d'água. Há menção, também, na história antiga ao uso do fogo para a destruição dos restos inaproveitáveis, bem como ao seu enterramento.

Há aproximadamente um século é que começaram a aparecer as soluções consideradas racionais para a solução do problema dos resíduos sólidos, através de processos e sistemas capazes de atender, não apenas às questões sanitárias, de conforto e estética, mas também ao aspecto econômico.

Atualmente, em conseqüência do crescimento das populações urbanas e do desenvolvimento industrial, acompanhados de outros fatores, conforme já foi mencionado, o saneamento dos resíduos sólidos passou a constituir um dos sérios problemas de saúde pública. A sua solução depende de estudos e projetos, em que as condições locais e regionais devem ser devidamente equacionadas; deve ser encarado como um problema de engenharia, particularmente de engenharia sanitária, que exige a colaboração de outros profissionais, tais como advogados, economistas, médicos, planejadores, estatísticos, biólogos, especialistas em ciências sociais e educadores em saúde pública, para o estabelecimento de ampla campanha educativa, junto à população em geral, assim como junto aos próprios funcionários do serviço de limpeza pública. Assinalamos, também, o grande papel que têm os técnicos de nível médio, como os operadores de instalações de tratamento e/ou disposição de resíduos sólidos, além dos inspetores de saneamento, na solução do problema dos resíduos sólidos e da limpeza pública.

A importância da solução do problema dos resíduos sólidos e limpeza pública pode ser encarada sob diversos ângulos, dos quais se destacam os aspectos sanitários e sócio-econômicos, incluindo os relacionados ao bem-estar.

A solução do problema dos resíduos sólidos e limpeza pública repousa em medidas do governo em todos os níveis, ou seja, municipal, metropolitano, estadual e nacional, bem como depende também de ação em nível internacional. Destaca-se, aí, a responsabilidade do governo em âmbito municipal, ao qual esse problema está diretamente afeto. Ressaltando a atuação do governo em nível municipal, assinalamos que a solução do problema dos resíduos sólidos e limpeza pública deveria constituir uma das preocupações das autoridades municipais, não só por razões sanitárias, como também pelo reflexo estético na beleza de uma comunidade, ocasionada por uma cidade limpa. É oportuno relembrar um antigo axioma: "Cidade limpa é cidade civilizada."

A limpeza pública, notadamente em países em fase de desenvolvimento, é um dos problemas de Saneamento do Meio que está a exigir maior atenção, notadamente por parte das autoridades governamentais, bem como por parte das entidades de financiamento e das que se ocupam do ensino e da pesquisa. Vários fatores têm concorrido para a

situação inadequada em que se encontram as nossas cidades, em relação ao problema dos resíduos sólidos e limpeza pública:

a) a solução do problema tem sido entregue, freqüentemente, a pessoas leigas ou a políticos, sem o devido preparo;
b) é um problema que exige conhecimentos, investigações, estudos, projetos e construções ou instalações adequadas e bem mantidas e operadas;
c) a noção tradicional de que os resíduos sólidos encerram uma riqueza;
d) as limitações econômicas das municipalidades e os exíguos recursos financeiros destinados à limpeza pública.

Cumpre ressaltar a responsabilidade dos governos dos países americanos, no tocante à solução do problema dos resíduos sólidos e limpeza pública, tendo em vista a meta do Plano Decenal da Saúde para as Américas, aprovada na III Reunião dos Ministros da Saúde dos países das Américas, realizada em Santiago, Chile, de 2 a 9 de outubro de 1972, sob os auspícios da Organização Panamericana da Saúde — Organização Mundial da Saúde, e a ser cumprida entre 1 de janeiro de 1971 a 1980, que vem a seguir:

"2.2 Resíduos Sólidos

Estabelecer sistemas adequados para coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos em pelo menos 70% de cidades com mais de 20.000 habitantes."

Cremos que ainda há muito por fazer, no sentido de esta meta ser cumprida, nesta década, apesar dos esforços dispendidos, particularmente, por muitas municipalidades.

2.1 Importância sanitária

Os resíduos sólidos e limpeza pública, conforme já mencionamos, constituem um dos problemas de Saúde Pública. Contudo, assinalamos que, ao considerar a influência dos resíduos públicos na saúde pública, não devemos desconhecer que, em uma comunidade, ao mesmo tempo, pode estar ocorrendo uma série de fatores adversos, como precariedade do sistema de abastecimento de água ou de esgotos sanitários, habitações inadequadas, desnutrição e falta de controle de alimentos; não é possível se atribuir o agravamento do estado de saúde dessa comunidade, unicamente a um destes fatores; contudo, não há dúvida de que o lixo ocupa papel importante na estrutura epidemiológica da comunidade e, conseqüentemente, no nível da saúde pública.

Do ponto de vista sanitário, assinalamos que a importância do lixo, como causa direta de doenças, não está bem comprovada. Porém, como fator indireto, o lixo tem grande importância na transmissão de doenças através, por exemplo, de vetores como moscas, mosquitos, baratas e roedores, que encontram no lixo alimento e condições adequadas para proliferação; estes vetores são responsáveis pela transmissão de doenças, tais como: febre tifóide, salmoneloses, disenterias, cujo vetor é a mosca; malária, febre amarela, transmitidos pelo mosquito; febre tifóide, cólera, amebíase, giardíase, que têm como vetor a barata; tifo murino, leptospirose, diarréias, disenterias, triquinose, transmitidas por roedores. Ressaltamos, por outro lado, que os organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças, em geral são pouco resistentes às condições do meio exterior.

Assinalamos ainda o papel do lixo na transmissão da triquinose, que aliás não ocorre no Brasil, da peste suína, a qual não é transmissível ao homem, e da cisticercose, que é transmissível ao homem, através de carne de porco infectada e ingerida mal cozida ou crua, quando este animal foi, indevidamente, alimentado com lixo cru ou bruto.

Devemos mencionar ainda as alterações de saúde que podem ocorrer, por exemplo,

nos coletores de lixo, como resultado de esforços físicos dissimétricos, continuados e intensos, os quais aumentam quando a altura de carga é grande e o volume dos recipientes é elevado; daí a necessidade de eliminar esses dois fatores. Outro aspecto a considerar é a possibilidade de acidentes a que os coletores de lixo e varredores estão sujeitos. Assinalamos que essa possibilidade é elevada, quando comparada com outros ramos de atividades profissionais. Devemos, com o objetivo de proteger a saúde dos trabalhadores, entre outras medidas, fornecer luvas e botas aos coletores de lixo, além de vaciná-los contra o tétano; devemos também providenciar instalações sanitárias e vestiários adequados para uso dos coletores de lixo e varredores.

A importância do lixo na saúde pública pode também se fazer sentir através da poluição do ar e da água, conforme já mencionamos; a fumaça resultante da queima de lixo pode criar problemas oriundos da falta de visibilidade. Certos aspectos relacionados à coleta do lixo como, por exemplo, o ruído oriundo da manipulação dos recipientes de lixo, ocasionando poluição acústica, pode causar incômodo à população. As descargas de lixo a céu aberto e uma rua suja com detritos diversos, constituem formas de poluição visual.

2.2 Importância sócio-econômica

A importância econômica dos resíduos sólidos está relacionada a diversos fatores, tais como:

a) possibilidade de reutilização de diversos materiais contidos nos resíduos: papél, papelão, metais, trapos, plásticos, vidros, etc;
b) produção de composto, que é um tipo de adubo orgânico, de aplicação na agricultura, em parques e jardins;
c) produção de ração de animais;
d) produção de vapor d'água ou de energia elétrica, através da incineração dos resíduos sólidos;
e) execução de aterros sanitários, utilizando os resíduos resultantes da sua incineração ou compostagem, permitindo recuperar terrenos aparentemente inaproveitáveis;
f) aproveitamento do metano produzido nos aterros sanitários, o qual está sendo pesquisado, por exemplo, nos Estados Unidos e em São Paulo, bem como o produzido em determinados processos de fermentação.

Contudo, assinalamos que os resíduos sólidos não representam o valor econômico que se lhes pretende atribuir, e os resultados financeiros que deles se podem tirar devem ser encarados como contribuição parcial para a solução do problema econômico-financeiro do custo de instalação, operação e manutenção do sistema. Por outro lado, assinalamos também que o aproveitamento econômico dos resíduos sólidos, que está basicamente ligado ao seu tratamento e/ou disposição, relaciona-se intimamente às condições urbanas e regionais; assim, a produção do composto pode ser interessante numa região agrícola e a execução de aterro sanitário ser muito onerosa numa região com lençol freático de água subterrânea muito elevado.

Convém ressaltar que pode haver reflexos econômico-financeiros apreciáveis, quando a solução do problema dos resíduos sólidos é combinada com a solução de outros problemas. Assim, a execução de aterros sanitários pode tornar-se muito vantajosa quando, concomitantemente, há uma demanda de áreas destinadas à recreação, ou necessidade de aterrar certas áreas, como locais anteriormente utilizados para extração de pedra, areia ou argila, e que, quando cheios de água, passam a constituir pontos perigosos, ou então

focos de criação de mosquito. Assinalamos ainda a diminuição de valor das propriedades, devido a uma descarga inadequada de resíduos sólidos.

Um aspecto que vem assumindo certa importância econômica é a reutilização de produtos contidos nos resíduos sólidos; esta prática permite diminuir a quantidade de resíduos a serem tratados e/ou dispostos, bem como, conservar os recursos naturais, particularmente dos não renováveis, ou mesmo diminuir os gastos com a produção ou importação de determinados produtos como o petróleo, carvão ou aço. A reutilização de produtos vem sendo amplamente pesquisada, particularmente nos países desenvolvidos, como os Estados Unidos.

Na apreciação das implicações sócio-econômicas dos resíduos sólidos, existe um aspecto que deve ser devidamente considerado, no equacionamento da solução desse problema. Em casos como na varrição de logradouros públicos e separação de produtos, visando à sua reutilização, em muitos locais é preferível a adoção de processos manuais, particularmente em comunidades de pequeno ou médio porte, tendo em vista atender o problema de falta de trabalho, principalmente para pessoal não qualificado. Por outro lado, muitas vezes a adoção de processos mais sofisticados, como a varrição mecânica, dada a precariedade de obtenção de peças sobressalentes ou de pessoal qualificado para a manutenção do equipamento, passa a constituir um sério problema para as comunidades.

Outro aspecto sócio-econômico ligado ao problema dos resíduos sólidos, particularmente nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, é o que ocorre no caso da condenável prática de disposição final dos resíduos ao ar livre, quando uma população de baixo nível sócio-econômico é atraída para recolher certos refugos de lixo, em condições insanitárias, expondo-se ao risco de adquirir doenças, como também sofrer ferimentos com objetos cortantes, como garrafas quebradas. Na realidade, trata-se de um problema social, oriundo, muitas vezes, da falta de trabalho para pessoal não qualificado. O fenômeno agrava-se com a criação de verdadeiras "favelas" ao lado do local de disposição dos resíduos sólidos, com todos os males que advêm desses conjuntos de habitações sub-humanas. Uma solução encontra-se na instalação de métodos mais adequados de separação de produtos, utilizando pelo menos parte do pessoal que se ocupava desta atividade, como vem sendo experimentado na cidade do México. A "catação", durante a coleta do lixo, é outro problema a ser enfrentado pelos responsáveis pela limpeza pública.

A produção de composto, em muitos países como o Brasil, Índia, Marrocos e Tailândia, com muita atividade agrícola, vem assumindo um maior interesse para a melhoria ou manutenção da qualidade das terras. Este aspecto muitas vezes tem que ser encarado em nível estadual, ou mesmo nacional, pelo reflexo econômico a médio e longo prazo.

2.3 Importância relacionada ao bem-estar

A importância da solução do problema do lixo, do ponto de vista do bem-estar, encarando-se bem-estar do prisma estético e de conforto, é facilmente compreensível, bastando assinalar que o aspecto físico é desagradável à vista, geralmente apresenta maus odores, além de atrair moscas domésticas, baratas e ratos, animais estes que causam repulsa à maioria das pessoas. Junte-se a isso o desconforto causado pelas poeiras e ciscos levantados pelo vento, e já se teriam motivos suficientes para insistir na oportunidade da solução do problema do lixo.

3 CLASSIFICAÇÃO DO LIXO

Podemos classificar o lixo segundo vários critérios, conforme expomos a seguir:

3.1 Segundo a origem ou local de produção

Este critério de classificação do lixo, de certa forma, relaciona-se com os aspectos relativos ao acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou disposição final do lixo.

a) Lixo domiciliar: é o proveniente das residências.
b) Lixo comercial: é o lixo proveniente de estabelecimentos comerciais em geral, de restaurantes, bares, açougues, etc.
c) Lixo industrial: é o lixo proveniente de indústria em geral, matadouros, etc.
d) Lixo público: é constituído pelos resíduos sólidos provenientes da varrição e capinação de vias e logradouros públicos, da poda de parques e jardins, de mercados, de feiras, incluindo estrume e cadáveres de animais, veículos abandonados, etc.
e) Lixo contaminado: é constituído de parte do lixo proveniente de hospitais, ambulatórios, laboratórios de análises, de certos institutos de pesquisa [por exemplo, de institutos que se ocupam de animais vítimas ou suspeitos de estarem atacados de hidrofobia (raiva)], biotérios, etc.
f) Lixo radioativo: é constituído pelos resíduos sólidos provenientes, por exemplo, de usinas atômicas.

A respeito deste sistema de classificação do lixo desejamos fazer menção especial ao lixo hospitalar, que, quanto à sua natureza, pode ser:

a) Lixo séptico.
b) Lixo não-séptico.

O lixo de natureza séptica, ou seja, contaminado, que em princípio se recomenda seja incinerado, provém diretamente do trato das doenças e é representado por:

- gazes, ataduras, algodão, etc;
- fragmentos de tecidos ou peças humanas, provenientes das salas de cirurgia, placenta, etc;
- resíduos provenientes da limpeza das salas de operação, de curativos e de internação, principalmente as que abrigam doentes portadores de doenças transmissíveis;
- restos de alimentos dos pacientes.

O lixo de natureza não-séptica é o lixo restante e se enquadra, de maneira geral, nas características de lixo domiciliar e comercial; por exemplo, é o lixo proveniente dos setores administrativos.

O lixo proveniente de escolas e outras instituições de caráter educacional, como também de cinemas, teatros, etc, tem características que, comumente, permitem considerá-los como lixo de tipo comercial.

3.2 Segundo a zona de produção

Classificamos o lixo em:

- lixo urbano,
- lixo rural.

4 COMPOSIÇÃO DO LIXO

A composição do lixo, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo, é um dos dados básicos para o devido equacionamento do problema do acondicionamento,

coleta, transporte, tratamento e/ou disposição final do lixo, inclusive no tocante ao aspecto econômico-financeiro relacionado à extração de restos aproveitáveis e da produção de composto.

Assinalamos que a composição do lixo varia de local para local, bem como dentro de uma mesma comunidade, conforme será exposto mais adiante.

4.1 Composição qualitativa

O lixo, de forma geral, é constituído de três parcelas distintas, que são:

- Detritos orgânicos em geral — restos de alimento, vegetais e matéria orgânica em geral.
- Detritos inorgânicos e orgânicos relativamente estáveis — papéis, metais, panos, vidros, plásticos, etc.
- Cinzas — resíduos da queima de determinados combustíveis, como o carvão.

A composição qualitativa do lixo pode ser considerada segundo os critérios expostos a seguir:

4.1.1 Segundo os componentes

- restos de alimentos,
- ciscos (papéis, trapos, metais, plásticos, etc.),
- cinzas,
- excrementos de animais,
- animais mortos,
- resíduos industriais,
- resíduos radioativos,
- resíduos contaminados,
- resíduos da varrição e capinação de vias e logradouros públicos,
- restos de poda de árvore e arbustos,
- restos de materiais de construção ou de demolição de prédios,
- veículos abandonados.

4.1.2 Segundo o valor econômico

- resíduos aproveitáveis: restos orgânicos de alimentos, trapos, vidros, papéis, metais, plásticos, etc.;
- resíduos não aproveitáveis.

4.1.3 Segundo a capacidade de incineração

- materiais não combustíveis: vidros, materiais cerâmicos, metais, pedras, etc;
- materiais combustíveis: papéis, trapos, plásticos, etc.

4.1.4 Segundo a capacidade de produção de composto

- matéria orgânica,
- matéria inorgânica.

Assinalamos que o teor da matéria orgânica, que constitui a parte putrescível ou fermentável, é o que, principalmente, apresenta interesse direto, do ponto de vista sanitário.

4.2 Composição quantitativa

Com base em peso, o lixo apresenta a seguinte composição típica:

- material orgânico 10 a 55%
- material inerte 25 a 50%
- papel e papelão 15 a 55%
- metais 2 a 10%
- vidros e material cerâmico 2 a 10%
- plásticos 3 a 6%

4.3 Variação da composição

A composição do lixo, tanto qualitativa, como quantitativa, é muito variável e mesmo, até certo ponto, imprevisível, particularmente quando não há um controle sistemático da mesma; ela varia de lugar para lugar e, inclusive, entre os diversos bairros de uma mesma cidade.

De modo geral, os fatores que concorrem para essa variação, são:

a) características da cidade
Nas cidades industriais a composição do lixo é diferente da das cidades de veraneio.

b) clima e estação do ano
Nas cidades de clima frio, onde existem muitas lareiras, a porcentagem de cinzas é maior. Numa mesma cidade, os restos de alimentos no verão são diferentes dos do inverno.

c) hábitos e padrão de vida
Quanto melhor o padrão de vida mais papéis e plásticos e menos matéria orgânica existem no lixo. A porcentagem de latas e metais é maior nas cidades de padrão elevado; observa-se também que o que caracteriza o grau de desenvolvimento de uma comunidade é a quantidade de papel no lixo. Em países desenvolvidos, como nos Estados Unidos, os veículos abandonados nas vias públicas constituem um sério problema para os serviços de limpeza pública, ao passo que nos países em fase de desenvolvimento, como o nosso, isso ainda não constitui um problema.

d) períodos econômicos
Existe diferença na composição do lixo entre os períodos de guerra e de paz, ou de depressão e de expansão econômica.

e) eficiência do serviço de coleta
Se a coleta for periódica, mas não for sistemática, a população praticamente se vê obrigada a dar destino ao lixo por sua conta e meios, por exemplo, incinerando-o, enterrando-o, ou, mesmo, erradamente, jogando-o em terrenos baldios, o que modificará a composição do lixo coletado.

f) tratamentos domiciliários
Se parte do lixo, constituída por restos de alimentos, for ter ao sistema de esgotos, como, por exemplo, ocorre em muitas cidades americanas, com a instalação de trituradores instalados embaixo das pias de cozinha, ou, então, se passarem a ser usados muitos incineradores domiciliares, como tem ocorrido em muitos edifícios de apartamentos, apesar de ser uma prática em geral não recomendável, a composição geral do lixo coletado será alterada. Sobre estes aspectos apresentamos mais alguns detalhes nos itens 8.2.3.b. e 8.3.1..

5 PESO ESPECÍFICO DO LIXO

O peso específico do lixo é um dado necessário para o estudo de seu acondiciona-

mento, coleta, transporte, tratamento e/ou disposição final, particularmente dos três primeiros. A determinação do peso específico, que na realidade é um peso específico aparente, deve ser providenciada em caráter rotineiro, pelo órgão responsável pela limpeza pública.

O peso específico do lixo está ligado à sua composição e portanto, varia de acordo com os mesmos fatores que atuam na variação da composição do lixo; pode ser encarado sob dois aspectos:

a) peso específico de lixo natural, não comprimido:
- seco,
- úmido.

b) peso específico de lixo comprimido:
- seco,
- úmido.

No caminhão dotado de sistema de compressão, a redução do volume pode ser da ordem de 50%, ou seja, metade do volume original.

Apresentamos a seguir, a título de exemplo, alguns valores do peso específico médio do lixo:

São Paulo (1977)	173 Kg/m^3
Porto Alegre (1974)	270 Kg/m^3
Rio de Janeiro (1975-1976)	239 Kg/m^3
Sub-Região Sudeste da Grande São Paulo (Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra – novembro de 1972 a fevereiro de 1973)	184 a 272 Kg/m^3
Santos (29/07 a 23/10/1974)	187,6 Kg/m^3
Fortaleza (1975)	253 Kg/m^3
Belo Horizonte	223 Kg/m^3
Estados Unidos: lixo compactado	180 a 240 Kg/m^3
Peru-Lima: lixo compactado	500 Kg/m^3
Singapura (1973)	180 Kg/m^3
Índia (1971-1973)	330 a 560 Kg/m^3

Assim, de maneira geral, podemos assumir que o peso específico do lixo varia de 200 a 500 Kg/m^3.

6 QUANTIDADE DE LIXO PRODUZIDO POR PESSOA

A quantidade de lixo produzido "per capita", ou seja, por pessoa, é variável, e está sujeita aos mesmos fatores que influem na variação da composição do lixo. Assinalamos que a quantidade de lixo produzido "per capita", em muitas cidades, aumenta com o passar dos anos. Assim, em alguns municípios da região metropolitana de São Paulo há um aumento de 2% ao ano, em peso.

A determinação da quantidade de lixo "per capita" é um dos dados de grande importância no estudo do acondicionamento, coleta, transporte e tratamento e/ou destino final do lixo, particularmente dos três últimos; essa determinação deve também ser objeto de providências, em caráter rotineiro, pelo organismo responsável pela limpeza pública.

Vejamos, a seguir, alguns valores médios de quantidade de lixo produzido "per capita" e por dia, extraídos de fontes diversas:

São Paulo (nov. 1976): 0,52 Kg/hab/dia – resíduos residenciais e comerciais.

Porto Alegre: 0,3 a 0,5 Kg/hab/dia – 1.1 a 1.8 l/hab/dia.
Levantamento em diversas cidades paulistas (1969): 2.3 l/hab/dia.
Rio de Janeiro: 0,45 Kg/hab/dia – 2.1 l/hab/dia.
Sub-região Sudeste do Grande São Paulo (novembro de 1972 a fevereiro de 1973): 0,651 Kg/hab/dia – 3.11 l/hab/dia.
Brasília (Distrito Federal – 1976): 0,514 Kg/hab/dia.
Estados Unidos: 2.41 Kg/hab/dia (1968); 1.62 Kg/hab/dia (1975) – lixo domiciliar e comercial.
Peru – Lima Metropolitana (1968): 0,56 Kg/hab/dia; (1970): 0,640 Kg/hab/dia – 1,28 l/hab/dia; Previsão futura – 2000 : 1,03 Kg/hab/dia-2,6 l/hab/dia.
Europa: Valor médio: 0,400 a 0,800 Kg/hab/dia.
Singapura (1973): 0,58 Kg/hab/dia.
Índia (1971-1973): 0,1 a 0,25 Kg/hab/dia (base lixo seco).

Assim, de modo geral, podemos admitir que a quantidade de lixo produzido por pessoa e por dia varia de 0,5 a 2,5 Kg/hab/dia; para efeito de projeto, como dado inicial, ponderamos que, de maneira geral, entre nós se pode tomar 1 Kg/hab/dia.

7 CARACTERÍSTICAS DO LIXO

O exame das características do lixo também constitui um dos fatores básicos para o equacionamento da solução adequada do problema representado pelo mesmo e, particularmente, do seu tratamento e/ou disposição final. Estas características, que podem ser físicas, químicas e biológicas, estão relacionadas fundamentalmente à composição do lixo. Exporemos, a seguir, as principais características de interesse no estudo do problema do lixo em geral; naturalmente, no caso específico do lixo industrial, além das características a seguir indicadas, poderão existir outras, cuja pesquisa pode ser necessária, inclusive do ponto de vista da segurança dos trabalhadores e da proteção das instalações.

7.1 Características físicas

As características físicas do lixo são as seguintes:

a) peso específico,
b) poder calorífico,
c) odor,
d) umidade.

Os aspectos relacionados ao peso específico já foram expostos no item 5.

O poder calorífico, que é expresso em Kcal/Kg de combustível, exprime a quantidade de calor liberada com a queima de um Kg de combustível, que neste caso é o lixo. Assinalamos que o poder calorífico do lixo pode ser expresso em poder calorífico superior e poder calorífico inferior; este último apresenta uma quantidade menor que o primeiro, pois foi considerado o calor necessário para vaporizar a água, tanto aquela apresentada pelo material (água de constituição), como a proveniente da umidade do lixo, bem como a que se forma durante o processo de combustão.

A título de exemplo, assinalamos que o lixo de São Paulo (1976) apresenta um poder calorífico superior da ordem de 4.000 Kcal/Kg de lixo. Ainda como exemplo, citamos a média considerada do poder calorífico superior, nos municípios da Sub-região Sudeste da Grande São Paulo (novembro de 1972 a fevereiro de 1973), que acusou 3.175 Kcal/Kg de lixo.

O odor é uma característica relativamente subjetiva, mas que deve ser considerada, pelos incômodos que pode apresentar.

A umidade é importante, principalmente no projeto e na operação do sistema de incineração e compostagem; influi também na coleta e no transporte do lixo. A título de exemplo, indicamos a seguir, o teor médio de umidade obtido em São Paulo em 1976: Lixo residencial, 35%; comercial, 40%; feiras, 8%.

7.2 Características químicas

As características químicas de maior interesse são principalmente as seguintes:

a) teores de carbono, nitrogênio, fósforo e potássio;
b) teor de matéria combustível;
c) teor de matéria orgânica;
d) pH (a rigor é uma característica físico-química).

A determinação das características químicas fornece elementos de importância para o estudo do tratamento e/ou disposição final do lixo, particularmente no caso do processo de transformação do lixo em adubo, denominado composto, conforme já mencionado. Assinalamos que o composto atua mantendo a umidade do solo, mantendo o húmus da terra, melhorando ou conservando as condições de fertilidade do solo; contudo, é importante assinalar também, que o composto não é a rigor um adubo químico, pela pouca quantidade de elementos químicos que possui; atua mais ou menos como o esterco de cocheira.

Ressaltamos ainda, a importância da relação carbono/nitrogênio (C/N) no controle da produção do composto, bem como a sua aplicação. O teor de umidade e o pH são também importantes no controle da produção do composto. O teor de matéria combustível ou orgânica é de grande interesse, respectivamente, no estudo da incineração ou na produção de composto ou de ração.

7.3 Características biológicas

Os resíduos orgânicos contêm nutrientes protéicos e umidade que, associados à temperatura ambiente, favorecem o desenvolvimento microbiano de várias espécies, entre as quais, muitas podem ser patogênicas.

8 ETAPAS DA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DO LIXO

A manipulação do lixo se dá nas seguintes fases:

- acondicionamento,
- coleta,
- transporte,
- tratamento e/ou disposição final.

As fases de coleta e do transporte podem ser encaradas conjuntamente, como uma etapa única, ou seja, coleta e transporte.

8.1 Acondicionamento do lixo

O acondicionamento do lixo visa basicamente atender:

a) aspectos sanitários: controle de vetores,
b) aspectos de bem-estar: conforto e estética.

O acondicionamento inadequado ou impróprio do lixo oferece os meios para a proliferação e desenvolvimento, principalmente de moscas, ratos e baratas. O acondicionamento é de responsabilidade direta da população; contudo, é lógico que o departamento local de saúde e/ou serviço de limpeza pública deve ter a autoridade necessária para exigir o acondicionamento em condições sanitárias, através de regulamentos próprios.

A implantação da educação sanitária é de grande importância, estimulando as pessoas a cuidarem devidamente do lixo.

O adequado acondicionamento do lixo está ligado a diversos fatores básicos, a seguir indicados.

8.1.1 Seleção do tipo apropriado de recipiente

a) segundo o tipo de material

Os recipientes para acondicionamento podem ser:

- metálicos: de lata ou chapa galvanizada ou pintada,
- plástico rígido,
- saco plástico: de polietileno, colorido, não devendo ser transparente,
- saco de papel: só de papel, ou de papel com camada interna de plástico.

b) segundo o tipo de lixo

b)1 lixo domiciliar e outros

As características adequadas dos recipientes particularmente para acondicionamento do lixo domiciliar, são as seguintes:

- ser hermético, ou seja, à prova d'água;
- ter tampa bem ajustada ou sistema adequado de fechamento;
- ser resistente, inclusive à corrosão, quando metálicos;
- ser de capacidade adequada, com volume máximo de 100 litros, o que corresponde a mais ou menos 30 Kg;
- ser provido de alças, quando rígido e meio cheio, para que possa ser manipulado com facilidade por um homem;
- ter forma tronco-cônica, quando rígido, o que facilita o esvaziamento e a limpeza;
- ser de polietileno e não transparente, quando for saco plástico.

Estes recipientes devem atender às seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT:

EB 588 – Sacos plásticos para acondicionamento de lixo;
P-EB 588 – Recipientes padronizados para lixo (em estágio experimental);
MB-732 – Sacos plásticos para acondicionamento de lixo.

b)2 lixo comercial, industrial e outros

No acondicionamento de lixo comercial, industrial e outros, particularmente de estabelecimentos de algum porte, podemos utilizar recipientes especiais, constituídos de caixas (ou containers) com tampas; estas são de vários tamanhos e formatos, em geral patenteados. Estes containers são utilizados em mercados, estabelecimentos comerciais, grandes cozinhas, fábricas, escolas, hospitais, e, mesmo, em pequenos conjuntos habitacionais; têm sido empregados, também, na coleta do lixo dos locais denominados "favelas".

Os containers em linhas gerais podem ser dos seguintes tipos:

- estacionários: os recipientes depois de cheios são esvaziados em caminhões, por meio de dispositivos apropriados. Em muitos casos estas caixas são acopladas a um dispositivo de compressão que compacta o lixo nos mesmos.
- intercambiáveis: os recipientes são móveis, ou seja, os cheios são substituídos por

vazios e transportados por caminhões adequados. Em muitos casos, esses recipientes são acoplados a um sistema que compacta o lixo nos mesmos.

b)3 **lixo público**

Para o acndicionamento do lixo público, particularmente o proveniente da varrição de vias e logradouros públicos, em geral são utilizados recipientes metálicos, sacos plásticos e containers.

b)4 **lixo contaminado**

O lixo contaminado proveniente, principalmente, de determinadas partes do hospital, deve ser acondicionado em sacos plásticos, de cor branco-leitosa, os quais serão depositados em containers especiais.

8.1.2 Aspectos diversos relacionados ao acondicionamento do lixo

a) manipulação adequada dos resíduos putrescíveis

Os resíduos putrescíveis, como os restos orgânicos, animais e vegetais, procedentes de preparação e consumo dos alimentos, devem ser adequadamente acondicionados, antes de serem depositados nos recipientes; é conveniente envolvê-los em papel, o que reduzirá os odores desagradáveis, tanto nos recipientes como durante a coleta e o transporte, bem como o acesso de moscas; também se reduz a corrosão dos recipientes metálicos, pois serão lavados com menos freqüência; além disso, a adoção dessa prática facilita o esvaziamento dos recipientes.

A utilização de recipientes separados para os resíduos de alimentos e para outros resíduos, se bem que seja, teoricamente, bastante conveniente, na prática tem apresentado várias dificuldades, motivo pelo qual, geralmente não ocorre. Esses recipientes, apresentam, contudo, várias vantagens no tocante ao reaproveitamento de resíduos, razão por que vêm sendo utilizados alguns locais, como por exemplo em Sidney, Austrália, em caráter experimental.

b) conservação dos recipientes e dos seus arredores em condições higiênicas

Utilizando-se recipientes não descartáveis, a sua limpeza, depois da coleta de lixo, é muito importante para o controle de moscas e roedores, bem como para a eliminação de odores. Claro que, se os resíduos sólidos putrecíveis forem bem envolvidos em papel, e se o recipiente for envolvido internamente também com papel, a freqüência de lavagem do mesmo é menor. O cuidado da limpeza é importante porque parte do desenvolvimento das moscas ocorre no lixo acumulado no fundo e nos lados do recipiente.

O tratamento dos recipientes não descartáveis por inseticidas também é conveniente. O recipiente deve ser reparado, pois não existe acondicionamento à prova de ratos ou de insetos quando os recipientes estão em mau estado.

Os locais ao redor do recipiente devem ser mantidos limpos, não devendo existir lixo fora dos mesmos, pois atrairiam moscas, baratas e ratos.

c) bases ou prateleiras para recipientes

O acondicionamento do lixo pode melhorar consideravelmente, construindo-se prateleiras ou bases para sustentar os recipientes. Essa prática tem as seguintes vantagens: reduz a corrosão dos recipientes, dificulta ou impede o acesso de ratos, evita que os recipientes sejam virados, por exemplo, por cães.

Os tipos de bases ou prateleiras indicadas são:

- poste com gancho, nos quais se penduram os recipientes;

- estrados de concreto, ou de madeira, que tenham o fundo a uma distância mínima de 30 cm do solo;
- prateleiras instaladas na parte interna de portas de caixas para lixo. Há casos em que estas caixas são providas de duas portas, sendo uma para o lado externo, e outra para o lado interno do imóvel.

8.2 Coleta e transporte do lixo

A coleta e transporte do lixo é uma parte essencial do serviço de limpeza pública. É a parte mais sensível aos olhos da população e, portanto, a mais passível de crítica. Se ela não funcionar bem, se não for feita com freqüência sistemática, praticamente de nada servirá o acondicionamento adequado, porque a população procurará dispor o lixo, de qualquer maneira, quase sempre imprópria, despejando-o em terrenos baldios, na rua ou em outros locais.

É necessário realizar um estudo cuidadoso para proporcionar à coletividade um sistema de coleta e transporte mais satisfatório. O serviço de coleta e transporte do lixo é um problema que está ligado a diversas variáveis e estas, por sua vez, são função de diversos fatores. Por outro lado, a coleta e transporte é a fase mais onerosa do problema da manipulação do lixo. Segundo dados americanos pode atingir cerca de 70% a 80% do custo total do serviço de limpeza pública. Como exemplo de custo de coleta, citemos o caso da cidade de São Paulo, em que o custo médio ponderado dos diversos contratos é Cr$ 130.07/t (março/1977). A fase de transporte pode considerar-se que se dá juntamente com a coleta dos recipientes, contudo, muitos consideram "transporte" a parte que se dá entre a garage e o início da coleta e após o término da coleta, até o local de tratamento e/ou disposição final.

Os aspectos mais importantes a considerar na coleta e transporte do lixo são:

- quantidade do lixo a coletar;
- local, freqüência e horário de coleta;
- sistema de coleta e transporte;
- itinerário da coleta;
- entidade responsável pela coleta e transporte.

Quando a quantidade coletada torna-se muito elevada, e as distâncias a percorrer até o local de tratamento e/ou disposição final tornam-se muito grandes, entre outros fatores, recorremos à construção de estações de transferência, conforme exposto no item 8.2.3-d.

8.2.1 Quantidade de lixo a coletar

Ao considerar a quantidade de lixo de uma comunidade, em geral representada em toneladas por dia, temos o seguinte:

- quantidade de lixo coletado: representa a quantidade de lixo efetivamente recolhida;
- quantidade de lixo produzido: representa a quantidade de lixo efetivamente produzido ou gerado na comunidade;
- quantidade de lixo a coletar: representa a quantidade de lixo possível de ser coletado, com a melhoria do serviço.

Na determinação da quantidade de lixo a coletar devemos considerar a quantidade de lixo produzido por pessoa por dia, exposta no item 6; relembramos que esta quantidade de lixo sofre os mesmos fatores que influem na variação da composição do lixo, conforme exposto no item 4.3.

8.2.2 Local, freqüência e horário da coleta

O local onde é colocado o recipiente tem grande influência no bom rendimento e, portanto, no custo da coleta do lixo. No Brasil, de uma maneira geral, o lixo é colocado na calçada, em frente à casa. A freqüência da coleta varia com as condições locais. Por questões higiênicas seria preferível que os resíduos não permanecessem de um dia para outro nos imóveis, mas, por razões econômicas, são bem poucas cidades que efetuam a coleta todos os dias e em todo o seu território; em geral, nas cidades de clima muito quente, ou, às vezes, por tradição, o lixo é coletado diariamente, com exceção do domingo. A coleta de lixo dos estabelecimentos comerciais e instituições, como escolas e hospitais, bem como no centro da cidade, como regra, deve ser feita diariamente. Nos Estados Unidos não se usa coleta diária; a coleta em geral é realizada uma ou duas vezes por semana. De maneira geral a coleta de lixo, particularmente de lixo domiciliar, pode ser feita de uma a três vezes por semana; calcula-se que a coleta em dias alternados traz uma economia de 30% para o serviço, em relação à coleta diária, mas é necessário que a mesma seja realizada com regularidade, tanto de dias como de horários. Em São Paulo a coleta é feita três vezes por semana nos bairros residenciais e diariamente na área central.

O horário de coleta é também variado. Em São Paulo atualmente é iniciada às 7:00 horas e praticamente vai até às 16:00 horas nos bairros residenciais; na área central a coleta é feita à noite. De maneira geral, o horário de coleta pode ser: zona residencial: 6:00 às 12:00 horas; zona comercial ou central: 20:00 às 24:00 horas.

A coleta, quando noturna e diurna, possibilita o uso dos mesmos veículos coletores, o que permite estender a coleta à parte da cidade ainda não beneficiada; assinalamos que, especialmente nesse sistema de coleta, em dois períodos, é necessário dar maiores cuidados à manutenção da frota.

A coleta noturna tem as seguintes vantagens:

- resulta em rendimento maior, pois o trânsito é menor;
- facilita a conservação da limpeza, pois a varrição matinal consome com os detritos que, porventura, caírem nas vias públicas, não ficando, assim, expostos durante o dia;
- passa relativamente desapercebida;
- não prejudica a atividade comercial;
- em climas quentes apresenta melhoria das condições de trabalho, devido à diminuição do calor.

Por outro lado, tem as seguintes desvantagens:

- ruído;
- roubo do vasilhame;
- necessidade de iluminação no local de descarga do lixo;
- aumento do custo da coleta, em conseqüência do pagamento de horas de trabalho no período noturno.

8.2.3 Sistema de coleta e transporte

a) por veículo coletor

Os veículos utilizados na coleta e transporte do lixo podem ser de:

- tração animal (pequenas comunidades);
- tração mecânica:
  — sem compressão do lixo: capacidade de 6 a 10 m^3;

— com compressão do lixo: capacidade de 8 a 60 m^3; em geral, é da ordem de 8 a 18 m^3.

Os veículos de tração animal e os de tração mecânica sem compressão do lixo podem ter:

- carroceira comum (não recomendável);
- carroceria do tipo convencional, às vezes denominado "tipo prefeitura" ou "tipo baú".

Esses veículos, de maneira geral, apresentam os seguintes inconvenientes:

- altura da borda da caçamba, ou seja, da zona de carga, a 1,7 m do solo, o que dificulta o carregamento e exige maior esforço do coletor; além disso, geralmente, obriga a permanência de um operário na caçamba, para ajudar o levantamento dos recipientes maiores, bem como para ajeitar o lixo, no interior da caçamba.
- possível derrame de resíduos nas vias públicas;
- exposição do lixo às vistas do público;
- possibilidade de acidentes, pois os operários podem escorregar e cair sob as rodas do veículo.

Poderiam, também, ser empregados reboques dotados de caçambas adequadas, puxados por um cavalo mecânico, trator agrícola, jipe, motocicleta, ou mesmo animal, dependendo da quantidade de lixo e de características locais.

Os veículos com compressão do lixo no interior da caçamba, denominada tipo especial, possuem dispositivos que comprimem o lixo no interior da caçamba; a compactação conseguida é da ordem de 1:2 a 1:3. Estas caçambas podem ser de vários modelos; em alguns o carregamento é feito por trás, e existe um tambor rotativo dotado de palhetas helicoidais internas, que giram e comprimem o lixo no interior; em outros modelos o carregamento é lateral e existe uma placa vertical, que comprime o lixo para a parte posterior da caçamba; em outros modelos existe uma abertura de carregamento, na parte posterior, e uma placa compressora e de retenção, ou um tipo de pá, que descarrega o lixo no interior da caçamba, comprimindo-o.

Estes quatro modelos são fabricados no Brasil, com capacidade de 8 a 18 m^3.

As características adequadas de uma boa caçamba são:

- abertura de carregamento a, aproximadamente, 1,0 metro do solo, de modo que não canse a guarnição e permita ao próprio operário que levanta o vasilhame, esvaziá-lo com uma das mãos, se o lixo ficar preso no seu interior;
- ampla abertura de carregamento para permitir que mais de um recipiente seja esvaziado simultaneamente;
- localização da abertura de carga, de preferência na parte traseira, para evitar que o operário, ao escorregar, seja atingido pela roda;
- nos veículos compactadores, o dispositivo deve ser de ação contínua, para aumentar o rendimento, e impedir ou dificultar a "catação" de certos resíduos, como papelão, pelos coletores;
- aproveitamento integral da capacidade do chassis;
- ser coberta;
- ser impermeável, ou estanque, com material resistente à corrosão, com cantos de formas arredondadas e com fundos drenantes, não permitindo o derramamento de resíduos líquidos nas vias públicas;
- ter distância curta entre os eixos;
- possuir motores que permitam grande número de saídas, e deslocamento adequado, em velocidades baixas ou normais.

b) por via hídrica

O transporte do lixo pode ser feito também por via hídrica, através do lançamento do mesmo no sistema de esgotos sanitários:

Este lançamento pode ser:

- predial: embaixo das pias de cozinha instalam-se trituradores que desintegram os restos de alimentos, inclusive de sua preparação, incorporando-os aos esgotos. Pode ser de uso domiciliar ou em cozinhas em geral, como de restaurantes;
- central: o lixo é transportado até uma estação central de trituração e, a seguir, é lançado nos coletores de esgotos ou então é introduzido diretamente nos digestores da Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Assinalamos que, tendo em vista que o lançamento de lixo no sistema de esgoto cria alguns problemas para o mesmo, é necessário que o sistema de esgotos seja projetado levando-se em conta a carga a ser introduzida pelo lixo. No caso de sistemas existentes deverá o mesmo ser revisto, particularmente no tocante às estações de tratamento. Assinalamos, também, que, segundo parece, encarados em conjunto os problemas de lixo e de esgotos, o transporte por via hídrica poderá ser mais econômico.

Entendemos que no futuro, uma das soluções a ser melhor pesquisada para o problema da remoção do lixo será o transporte hídrico; porém ele não dispensará o uso do caminhão para recolher outros resíduos, a cargo do serviço de limpeza pública, como restos volumosos, entulho, etc.

c) por sucção em tubulações especiais

Nesse sistema o lixo é conduzido em tubulações especiais, por meio de sucção, até um incinerador central, ou até um equipamento de compactação de lixo. Este sistema foi empregado inicialmente há alguns anos, num conjunto habitacional em Estocolmo, Suécia, continuando a ser empregado nesse país, inclusive para outros fins. Vem sendo empregado em outros países, como, por exemplo, nos Estados Unidos, onde há hospitais nos quais o transporte do lixo foi projetado por este sistema; o conjunto de recreação da Organização Walt Disney, em Orlando, Flórida, possui um sistema deste tipo.

d) estações de transferência

Em decorrência do crescimento das áreas urbanas e do aumento da quantidade de lixo, conforme já mencionado no item 1, o custo de coleta e transporte tende a elevar-se, principalmente tendo em vista o aumento das distâncias a percorrer até o ponto de tratamento e/ou disposição final dos resíduos, o custo da mão-de-obra, além de problemas decorrentes do traçado das cidades, como ruas estreitas, e das condições do tráfego de veículos.

Com o objetivo de diminuir o custo da remoção do lixo, uma das soluções é evitar a utilização de veículos coletores no transporte a grandes distâncias, mediante o emprego das denominadas "estações de transferência", também chamadas de "transbordo". A distância mínima, a partir da qual a construção da estação de transferência é recomendável, é obtida mediante estudos econômicos, baseados no custo do transporte e da mão-de-obra, bem como na capacidade de transporte dos veículos; a título de exemplo, assinalamos que a distância mínima pode ser da ordem de 15 Km.

A estação de transferência é uma instalação que permite o transbordo do lixo coletado pelos veículos normais de coleta para outro veículo, de maior capacidade, que removerá o lixo para o local de tratamento e/ou disposição final.

Os veículos para onde o lixo é transferido são do tipo carreta, rebocadas por cavalo mecânico, e com capacidade da ordem de 30 a 60 m^3.

As estações de transferência podem ser de vários tipos, sendo que a escolha do mais conveniente dependerá de um estudo do custo da instalação, da sua operação e manutenção, bem como da quantidade de lixo transportado.

Os tipos de estações de transferência são:

a) sem equipamentos próprios de redução de volume, com transferência para:
   — veículos simples, sem dispositivos de compressão;
   — veículos especiais, com dispositivos de compressão;
b) com compactador estacionário de redução de volume.

Há casos em que o lixo é previamente triturado antes do transbordo.

8.2.4 Itinerário da coleta

É claro que o rendimento do trabalho de coleta e transporte depende de um itinerário bem traçado para os veículos. O trajeto da coleta pode ser fixado ou não. No caso de ele não ser fixado, a guarnição deve percorrer determinada área, até complementar a carga do veículo. Geralmente cada guarnição, ou seja, cada caminhão, tem um itinerário determinado a percorrer.

Como regra geral, a coleta deve ser feita de maneira que os veículos se dirijam das partes altas para as baixas, e que, quando cheios, estejam o mais próximo possível do ponto de tratamento e/ou destino final.

Notadamente nas áreas metropolitanas, o estudo dos itinerários exige a aplicação de técnicas sofisticadas, como a análise de sistemas.

8.2.5 Entidade responsável pela coleta e transporte

No Brasil, de maneira geral, a entidade responsável pela limpeza pública, incluindo, portanto, a coleta e o transporte, é a prefeitura do município. Os aspectos relativos às modalidades de administração dos serviços de limpeza pública serão abordados no item 9.3.1.

8.3 Tratamento e/ou disposição final do lixo

O tratamento e/ou disposição final do lixo geralmente constitui problema sério, que envolve questões técnicas e econômicas e cuja solução é de grande interesse, principalmente para a saúde pública. É um problema ligado à reutilização de materiais e, portanto, à conservação dos recursos naturais, aspecto este, conforme já mencionamos, de interesse crescente em muitos países, com destaque aos desenvolvidos, como os Estados Unidos.

O tratamento e/ou disposição final é provavelmente o aspecto mais descuidado do sistema de limpeza pública; em muitas cidades, apesar do acondicionamento e da coleta e transporte, bem como da varrição de vias e logradouros públicos serem satisfatórios, o tratamento e/ou disposição final do lixo é muito precário.

O tratamento e/ou disposição final do lixo, quando inadequado, cria problemas sanitários e ocasiona prejuízos econômicos, como a desvalorização de áreas de terreno.

Assinalamos que os métodos de tratamento e/ou disposição final são particularmente influenciados pela coleta e transporte do lixo, reciprocamente. Estas fases devem ser estudadas e planejadas em conjunto, quando se procura um método de tratamento e/ou disposição final.

De maneira geral, principalmente no caso de vários municípios relativamente próximos, o problema do tratamento e/ou disposição final do lixo deve ser encarado em base

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

regional, envolvendo vários municípios; aliás, no caso das regiões metropolitanas é atribuição legal do governo metropolitano, cuidar do problema do tratamento e/ou disposição final do lixo da mesma.

Abordaremos o problema do tratamento e/ou disposição final do lixo sob dois aspectos:

- tratamento do lixo na fonte de produção;
- tratamento e/ou disposição final em instalações centrais.

8.3.1 Tratamento de lixo na fonte de produção

O tratamento de lixo na fonte de produção, ou seja, no local onde o lixo é produzido, não é completo e não elimina o problema das cidades. As seguintes medidas têm sido postas em prática:

a) trituração predial

Existem muitas cidades nos Estados Unidos, com uma porcentagem elevada de casas dotadas de aparelhos especiais, trituradores, conforme já mencionamos, instalados embaixo das pias de cozinhas, para triturarem restos de alimentos, inclusive de sua preparação, descarregando o material nos esgotos sanitários. Estes trituradores, também, conforme já mencionamos, podem ser utilizados em cozinhas em geral, como em restaurantes. Assinalamos que, principalmente os trituradores domiciliares, já começaram a ser empregados entre nós. Assinalamos, ainda, que certos restos, como ossos grandes, geralmente não podem ser triturados.

Nestes lugares a coleta é feita periodicamente, apenas para recolher os restos orgânicos não trituráveis e os demais resíduos. Note-se que, na realidade, é um método de tratamento de resíduos alimentares, de forma que os prepara para o transporte por via hídrica.

b) incineração predial

A incineração predial é de instalação cara e requer um controle que não está ao alcance do homem comum, inclusive por exigir operação cuidadosa, particularmente devido à variação da composição e quantidade de lixo, bem como por necessitar manutenção adequada.

Freqüentemente, porém, a incineração realizada nos edifícios dá origem a reclamações dos vizinhos, prejudicados pela fumaça, fuligens, etc.

Em zonas rurais, onde não existe o problema da poluição do ar, o lixo não putrecível (parte combustível) pode ser queimado em instalações exteriores, normalmente sem combustível auxiliar; a parte constituída de lixo putrecível pode dispor-se enterrando-a.

c) compactação predial

A compactação do lixo tanto domiciliar como comercial e mesmo industrial, a ser abordada no item 8.3.3. é um tipo de tratamento que pode ser dado ao lixo na fonte de produção.

Apresenta várias vantagens, inclusive para a coleta e transporte.

Nos Estados Unidos, há vários anos, começou o emprego de compactadores domiciliares, que apresentam vantagens, do ponto de vista sanitário; contudo, cremos que seu uso não foi mais generalizado em razão do seu custo relativamente elevado. Estes compactadores, numa experiência realizada no hospital da Universidade de West Virginia, em Morgantown, Estados Unidos, tiveram o seu uso comprovado para o lixo hospitalar em geral, com exceção dos restos patológicos, que eram incinerados. Em edifícios de apartamentos e estabelecimentos comerciais pode-se utilizar compactadores, os quais têm apresentado bons resultados, principalmente por que facilitam a coleta e o transporte, conforme já mencionamos.

No Rio de Janeiro, visando substituir os incineradores prediais instalados nos edifícios de apartamentos, cujo uso era obrigatório, e que constituíam uma importante fonte de poluição do ar, a partir de 1977 passou a ser obrigatório o uso de compactadores prediais.

8.3.2 Tratamento e/ou disposição final do lixo em instalações centrais

Assinalamos inicialmente as práticas encontradas, indicando a seguir os métodos recomendados:

Práticas encontradas:

a) lançamento no solo:
- espalhado ou semi-enterrado;
- enterramento;
- aterro simples ou descarga ao ar livre, ou a céu aberto;
- aterro sanitário.

b) lançamento na água: rios, lagos e mar;
c) alimentação de animais, principalmente de porcos;
d) redução;
e) incineração;
f) tratamento por fermentação: visa à produção de composto, principalmente para uso agrícola. Há dois tipos:
- fermentação anaeróbia;
- fermentação aeróbia;

g) conjugação com o sistema de esgotos sanitários:
- tratamento do lixo nas estações de tratamento de esgotos,
- tratamento dos lodos de esgotos em estações de tratamento de lixo;

h) pirólise.

Métodos recomendados para o lixo urbano:
- Aterro sanitário.
- Incineração.
- Fermentação aeróbia.
- Digestão com lodos de esgotos sanitários.

Métodos recomendados para o lixo rural:
- Espalhado ou semi-enterrado (com restrições).
- Enterramento.
- Incineração.

Assinalamos ainda os métodos de tratamento consistentes na redução do volume do lixo e na reutilização de resíduos, os quais serão abordados mais adiante.

a) lançamento no solo

a)1 lixo espalhado ou semi-enterrado

O lixo cru, normalmente usado pelos chacareiros como adubo, traz sempre sérios inconvenientes para a Saúde Pública, em virtude de permitir a proliferação de insetos e roedores e ainda porque, muitas vezes, é utilizado, indevidamente, em hortas de verduras e legumes, que normalmente são ingeridos crus; assim, este método pode ser utilizado no meio rural com restrições.

a)2 enterramento

É um método que pode ser utilizado na zona rural, em geral como solução individual do problema. A prática é fazer um buraco, com 80 cm de diâmetro, por exemplo, onde o lixo é atirado e coberto, diariamente, com uma camada de terra. Não resolve completamente o problema sanitário, pois os ratos facilmente atingem o lixo, mas evita o mau aspecto.

a)3 aterro simples ou descarga ao ar livre (a céu aberto)

Constitui no simples lançamento do lixo em depressões (buracos, grotas), terrenos baixos ou em qualquer terreno, nos arredores da cidade. Normalmente é o abrigo e fonte de alimentação de roedores, moscas, baratas e mosquitos. É o mais barato e que requer um pouco ou nenhum planejamento. É, infelizmente, o mais adotado no mundo. Na América Latina esse sistema de disposição é encontrado na quase totalidade das cidades. Existe, principalmente nas cidades grandes, considerável número de pessoas que vivem do aproveitamento de refugos, recolhidos em condições precárias e insanitárias; é a prática condenável da "catação".

O aterro simples ("a céu aberto"), não só ofende o sentido de bem-estar, produzindo maus odores e ferindo a estética, como também é um ótimo lugar, conforme já mencionamos, para a proliferação de moscas, baratas, mosquitos e ratos e, portanto, contrário aos requisitos sanitários, além do problema social, oriundo da "catação", que pode gerar. É um sistema de disposição final de lixo que deve ser condenado; contudo, em caráter de emergência, enquanto não se puder eliminar essa prática, devem ser tomadas as seguintes medidas acauteladoras, no sentido de melhorar a operação:

- concentrar a descarga de lixo na menor área possível;
- impedir a entrada e a atividade de pessoas que procuram aproveitar o lixo;
- controlar o desenvolvimento de insetos e roedores;
- utilizar terra ou entulho para cobrir o lixo.

No caso de fechamento ou conversão de um aterro simples em aterro sanitário, várias medidas prévias devem ser tomadas, como, por exemplo, limpeza geral e eliminação de ratos. Nessa última providência devem ser eliminadas as pulgas dos ratos ao mesmo tempo, ou previamente à aplicação do raticida.

a)4 aterro sanitário

Aterro sanitário é um método de disposição final do lixo no solo, que não causa danos ao ambiente, nem causa malefícios ou prejuízos à saúde pública, e que se utiliza dos princípios de engenharia para confinar o lixo na menor área possível, cobrindo-o com uma camada de terra, pelo menos uma vez por dia. O projeto de um aterro sanitário basicamente é função do tipo do uso local do aterro, após o término da operação, e da composição e características do lixo. Assinalamos que a execução do aterro sanitário permite a solução de outros problemas, como a necessidade de áreas de recreação e eliminação de criadouros de mosquitos.

A execução do aterro sanitário fundamenta-se em cinco operações básicas:

- o lixo é descarregado de modo controlado, no local preparado;
- o lixo é espalhado e compactado em camadas, com a espessura máxima de 60 cm;
- o lixo é coberto, pelo menos uma vez por dia, com camadas de terra, da ordem de 15 cm de espessura; o volume do lixo com relação ao consumo de material de cobertura é da ordem de 4:1;
- uma vez coberto de terra, sofre nova compactação;
- ao caso da interrupção da execução do aterro, por qualquer razão, e por um período da ordem de um ano, deve ser feita uma cobertura de terra com cerca de 30 cm;
- na fase final do aterro, é colocada uma camada mais espessa de terra, da ordem de 60 cm, que sofre uma compactação.

A cobertura rápida e contínua, a compactação do lixo e a cobertura e o fechamento das rachaduras que podem aparecer sobre a superfície final do aterro sanitário são meios para:

- controlar vetores (ratos, moscas, baratas e mosquitos);
- controlar odores;
- evitar escape não controlado de gases;
- evitar penetração de águas de chuva.

Deve-se tomar cuidados adequados para evitar a poluição das águas superficiais ou subterrâneas.

Para este fim, em linhas gerais, procura-se coletar os resíduos líquidos dos aterros, através de um sistema de drenagem, dispondo-os convenientemente e, inclusive, submetendo-os a um tratamento adequado. Para proteger as águas subterrâneas, entre outras medidas, o fundo do aterro deve estar pelo menos 1,5 m acima do lençol freático.

Não se deve queimar lixo ao ar livre para não aumentar a poluição do ar.

Deve-se também tomar precauções com relação aos gases produzidos, principalmente metano, que é inflamável e explosivo, drenando e queimando o gás, ou então dispersando-o na atmosfera, a fim de evitar os seus problemas. Para diminuir a produção de metano, deve-se dificultar a penetração de água no aterro sanitário, por meio de valas e adoção de material de cobertura quase impermeável, adequadamente compactado e com uma declividade de ordem de dois por cento. Assinalamos que vem sendo pesquisada a utilização do metano, como combustível, conforme mencionamos no item 8.3.4.

O custo real de um aterro sanitário é difícil de prever, pois depende de muitas variáveis; por outro lado, ao analisar o custo devemos levar em conta os benefícios indiretos, como a proteção à saúde pública, difícil de medir, e outros como a recuperação de terrenos aparentemente inaproveitáveis. De maneira geral, o custo de um aterro sanitário próximo ao centro urbano é — investimento inicial — (sem terreno): Cr$ 35.000,00 a Cr$ 70.000,00 por tonelada ao dia. Custo operacional: Cr$ 35,00 a Cr$ 58,00 por tonelada.

b) lançamento na água

O lançamento do lixo ao mar foi um método muito usado no passado; contudo, em geral, vem sendo abandonado. Jogar o lixo no mar pode resultar em depósitos nas praias, constituindo problema, principalmente para as praias das cidades de veraneio, do ponto de vista de saúde pública, estético e econômico, influindo inclusive na recreação. O lançamento do lixo ao mar, com o emprego de barcas tem sido praticado em poucas cidades litorâneas, ocasionando o mesmo problema acarretado pelo lançamento inadequado dos esgotos no mar, podendo prejudicar cidades vizinhas. O material descarregado deveria ser lançado fora da ação de correntes marítimas que o podem trazer de volta às praias, o que exige gastos elevados. Por outro lado, assinalamos que a descarga de resíduos no mar vem sendo combatida nos últimos anos.

O lançamento do lixo em rios e lagos não deve ser feito, porque contribui para a poluição dos mesmos.

Assim o lançamento do lixo na água não é recomendável.

c) alimentação de animais

A utilização do lixo para a alimentação de animais tem sido empregada, principalmente no caso dos porcos; na maioria dos casos só se empregam restos de alimentos ("la-

vagem") provenientes de cozinhas, quase sempre de restaurantes, coletados por veículos adequados.

A utilização do lixo na criação de porcos tem por objetivo uma atividade econômica em moda em alguns países como, por exemplo, em algumas zonas dos Estados Unidos. A experiência norte americana indica que podem ser considerados 125 porcos/hectare e a produção de 1 kg de carne de porco exige 40 kg de lixo. Mas este processo, no caso de utilização de lixo crú, é responsável pela transmissão de doenças como a cisticercose e a triquinose entre os porcos e, conseqüentemente, pode redundar numa grande incidência destas moléstias na população. Além disso, pode contribuir para a disseminação de doenças que podem prejudicar os animais como a peste suína, além de os mesmos poderem machucar-se com os objetos cortantes; por estas razões não é recomendável alimentar animais com o lixo cru.

Por estes motivos, autoridades sanitárias têm promulgado leis, só aceitando a alimentação dos porcos pelo lixo, no caso do mesmo ser pasteurizado, isto é, ser submetido a uma temperatura de 100ºC durante, no mínimo, 30 minutos. É necessário, contudo, uma separação dos resíduos putrescíveis e não putrescíveis. A fim de controlar a produção de moscas e ratos, bem como os odores, é necessário tomar mais algumas medidas, além da pasteurização:

- o lixo deve ser colocado sobre uma plataforma impermeável, provida de drenos, que se possa levar com facilidade;
- o lixo não consumido, junto com os excretas do porco, devem ser removidos após cada alimentação, para que lhes seja dado um destino conveniente;
- a parte não comestível do lixo deve ter um destino adequado.

d) redução

Processo em desuso e que tem por finalidade recuperação de gorduras ou matérias graxas, para fins industriais.

e) incineração

Do ponto de vista sanitário, a destruição de lixo pela incineração a alta temperatura (750 a 1000ºC), pode ser um dos melhores sistemas para o seu tratamento, desde que não contribua para a poluição do ar: exige, assim, o emprego de equipamentos de controle da poluição do ar.

Assinalamos, contudo, que, a rigor, a incineração é mais um método de redução do volume do lixo, pois há sempre um resíduo final (escória e cinzas) a ser disposto. Em incineradores bem projetados e bem operados, a redução é da ordem de 5 a 15%, em peso, e 3 a 25%, em relação ao volume inicial.

A incineração apresenta vantagens e desvantagens:

- vantagens:
  - o processo é sanitário e, desde que bem executado, não apresenta maus odores e mau aspecto;
  - o incinerador pode ser localizado a curta distância dos centros de coleta, diminuindo as despesas com transporte.
- desvantagens:
  - o custo elevado de instalação, operação e manutenção; a título de exemplo, para incineração simples, os custos que envolvem instalação e obras civis (excluindo terreno) são da ordem de, segundo a experiência americana, de US$ 15.000,00 a US$ 20.000,00 por tonelada de capacidade; incluindo equipamento para recuperação de calor ou geração de energia os custos montam a US$ 25.000,00 a US$ 40.000,00 por tonelada de capacidade. O custo da operação por tonelada é da ordem de:

1ª hipótese: US$ 5.00 a US$ 7.00,
2ª hipótese: US$ 10.00 a US$ 15.00.

Em ambos os casos haverá uma receita que pode ser apreciável, particularmente na segunda hipótese:

  - poluição atmosférica, desde que equipamentos adequados não sejam instalados e não sejam bem mantidos e operados;
  - destruição de matérias que poderiam ser reaproveitáveis (papéis e matérias orgânicas);
  - problemas devidos a defeitos de operação.

O uso de combustível auxiliar é necessário quando o poder calorífico é muito reduzido, principalmente devido à umidade; como exemplo, lembramos que as instalações paulistanas não utilizam combustível auxiliar, desde que a umidade seja inferior a 50%.

Em muitas instalações de incineração, notadamente na Europa, faz-se a recuperação do calor, visando à produção de vapor para calefação ou para produção de eletricidade.

No Brasil, normalmente, não é econômica a geração de energia elétrica por esse processo, em razão do elevado custo das instalações e de problemas ligados à flutuação da quantidade de energia elétrica, produzida, bem como devido ao atual preço da energia elétrica que, realmente, não é caro. Assinalamos que a Companhia Energética de São Paulo — CESP, há pouco tempo iniciou pesquisas, objetivando o emprego do lixo como combustível na produção de energia elétrica.

f) tratamento por fermentação

Pela fermentação da matéria orgânica contida no lixo, consegue-se a sua estabilização, sob forma de adubo denominado "composto".

Esse tratamento geralmente compreende três fases:

- triagem,
- trituração e homogenização,
- fermentação.

No processo de triagem procura-se separar os materiais não fermentáveis, ou decompostos mais lentamente (metais, papéis, vidros, trapos e plásticos), é que além disso podem ser vendidos. Os metais ferrosos são facilmente extraídos, mediante o emprego de eletroímã. A triagem entre nós em geral é feita manualmente.

A trituração da matéria orgânica geralmente é feita em moinhos especiais, por meio de martelos.

A fermentação pode realizar-se por processo anaeróbio, ou por processo aeróbio. O primeiro processo é realizado em células fechadas, exigindo várias semanas para a estabilização.

O segundo processo, que é o mais utilizado, baseia-se na fermentação em células suficientemente aeradas, em geral com retorno do líquido drenado, para acelerar o processo; requer de 5 a 25 dias.

Na fermentação aeróbia podem ser utilizados processos mecanizados, em geral patenteados, que permitem uma aceleração do início da fermentação; a decomposição do resíduo se completa em leiras ou montes, em geral em locais cobertos.

Assinalamos que as temperaturas desenvolvidas durante o processo de decomposição aeróbia (da ordem de 60ºC) eliminam os organismos patogênicos, ovos, larvas e pupas de moscas, bem como ervas e sementes daninhas. Por esta razão é que os montes de composto devem ser revirados, cada três a cinco dias, principalmente para o calor atingir toda a massa. De maneira geral o composto não apresenta problemas sanitários; contudo,

tendo em vista a existência de organismos patogênicos, na forma de cistos altamente resistentes, e considerando a possibilidade de falhas operacionais, não nos parece aconselhável o emprego do composto em culturas de alimentos ingeridos cru, como a alface e o morango.

Assinalamos também, que no processo de compostagem, sempre sobra um resíduo, da ordem de 50% do volume inicial do lixo; deve ser portanto previsto o destino final a ser dado a este resíduo.

Previamente à execução de, principalmente, grandes instalações, deve ser pesquisado o emprego do composto, levando-se em conta o tipo de solo e as modalidades de cultura onde vai ser aplicado. Ao mesmo tempo, pesquisa-se o mercado de utilização do composto, procurando-se, inclusive, criar interesse no emprego do composto. Ponderamos que, particularmente no caso de grandes instalações, se deveria construir inicialmente uma instalação piloto que permitiria inclusive a realização das pesquisas mencionadas.

Com relação ao problema do custo, dependendo do tipo de instalação, temos o seguinte:

- custo inicial (excluindo o terreno e obras civis): 3.000 a 20.000 dólares/t de capacidade;
- custo de operação: 4,00 a 10,00 dólares/t;
- receita auferível: 3,00 a 8,00 dólares/t;

g) conjugação com o sistema de esgotos sanitários

Este método consiste no seguinte:

- tratamento do lixo nas estações de tratamento de esgotos sanitários; ou
- tratamento dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgotos sanitários nas instalações de tratamento de lixo. Desde que certos cuidados sejam tomados, este é um método recomendado.

g)1 tratamento do lixo nas estações de tratamento de esgotos sanitários

Este método consiste em triturar o lixo, lançando-o no sistema de esgotos sanitários, conforme já exposto na alínea "b" do item 8.2.3 e na alínea "a" do item 8.3.1. Relembramos, conforme já exposto, que nas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários que vão receber lixo triturado, seja através dos esgotos, seja quando o lixo é adicionado diretamente nos digestores, conviria que todo o processo de tratamento fosse redimensionado, ou, então, projetado, levando-se em conta a carga suplementar devida ao lixo.

g)2 tratamento dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgotos sanitários nas instalações de tratamento do lixo

Em geral, este método consiste em adicionar o lodo não digerido das Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários ao lixo, nas usinas de compostagem; o lodo, assim, mistura-se ao lixo no processo do tratamento do mesmo por fermentação aeróbia. Esta mistura do lodo ao lixo, que pode apresentar algumas vantagens, deve, contudo, ser devidamente experimentada, antes do seu emprego mais generalizado.

h) pirólise

Do mesmo modo que a incineração, a pirólise representa um processo térmico para o tratamento de resíduos sólidos. Nos últimos anos, esse processo, que ainda se encontra em fase experimental, tem despertado grande interesse.

Pirólise é a decomposição física e química da matéria orgânica, através da ação do calor (500 a 1000ºC) e na ausência do oxigênio. A alta temperatura provoca uma transformação na matéria orgânica, de modo que, após a pirólise, temos substâncias combustíveis gasosas, líquidas e sólidas. A finalidade principal da pirólise é a produção de gases combustíveis.

De maneira geral, o processo de pirólise consiste no seguinte: os resíduos sólidos são decompostos em um tipo de reator adequado, durante algumas horas, a uma temperatura de 500 a 1000ºC. Durante esse processo são formados gases, como hidrogênio, gás carbônico, monóxido de carbono, metano e outros, bem como resulta água e uma escória. Esse processo difere nitidamente dos processos de incineração, em razão da presença, em sua escória, de metais sob a forma não oxidada e pela produção maior de resíduos; por outro lado, exige equipamentos de menor capacidade para o controle da poluição do ar, pois o volume total de gases é menor que no caso da incineração.

Como exemplo, citamos que nos Estados Unidos existem cerca de 10 a 12 sistemas de pirólise em desenvolvimento. Cremos que, dentro de poucos anos, após termos conclusões mais positivas sobre os diversos sistemas de pirólise em andamento, este poderá ser um método a ser empregado, notadamente nas cidades grandes, tendo em vista o problema surgido com a crise energética, a partir de fins de 1973.

8.3.3 Redução do volume do lixo

A redução do volume do lixo é procurada por razões sanitárias e econômicas.

Os aspectos sanitários da redução do volume do lixo são devidos principalmente ao seguinte:

- eliminação ou diminuição de fonte de alimento e abrigo para moscas, baratas, mosquitos e ratos;
- diminuição da quantidade de lixo armazenado, o que conserva a área de trabalho mais limpa;
- redução das possibilidades de acidentes, como incêndios por exemplo;
- diminuição da exalação de maus odores.

Os aspectos econômicos básicos são particularmente os seguintes:

- menor custo no transporte do lixo;
- melhores condições no tratamento do lixo, como, por exemplo, na fabricação do composto;
- maior aproveitamento da área destinada ao aterro sanitário.

Assinalamos que há vários anos vêm sendo intensificados estudos e pesquisas, bem como construídas instalações, no campo da redução do volume de lixo, nos Estados Unidos, Japão e outros países. Na realidade, é uma decorrência da quantidade de lixo que vem crescendo enormemente, particularmente nos países desenvolvidos. Entre nós, no Rio de Janeiro, em outubro de 1977, foi inaugurada uma instalação de redução de volume por meio de martelo, que deverá fornecer subsídios importantes sobre este tipo de tratamento.

Os principais métodos empregados para a redução do volume do lixo são os seguintes:

- trituração: com ou sem prensagem e enfardamento, com o uso de martelos ou outros dispositivos; os martelos podem ser de eixo horizontal ou vertical;
- compactação: com ou sem enfardamento; em geral o lixo é comprimido em containers especiais ou carretas.
- redução a pasta: utilizada por certos tipos de resíduos, como papel, por exemplo.

Assinalamos que alguns consideram a compostagem como um processo de redução de volume.

8.3.4 Reutilização de resíduos sólidos

A reutilização de resíduos sólidos visa ao reaproveitamento dos materiais contidos

no lixo, ou à sua conversão em energia. Em linhas gerais, consiste em retirar do lixo os materiais possíveis de serem utilizados novamente, seja no estado em que se encontram, seja como matéria-prima para a elaboração do mesmo material ou de outros produtos, ou, então, a sua utilização para a produção de vapor de água ou energia elétrica, ou mesmo um tipo de combustível. A reutilização de resíduos é também encarada como uma forma eficiente de redução de volume do lixo.

A importância da reutilização dos resíduos sólidos está baseada em três pontos:

- necessidade de conservar os recursos naturais, principalmente dos recursos naturais não renováveis;
- necessidade de melhor utilizar as áreas e o volume dos aterros sanitários;
- necessidade de procurar outras fontes de energia, aspecto que vem preocupando, particularmente de 1973 para cá, em decorrência da crise do petróleo.

Os materiais que se encontram no lixo podem ser reutilizados da seguinte forma:

- reutilização direta: consiste no aproveitamento do material nas condições em que é retirado, submetendo-o a pouco ou a nenhum tratamento; é o caso de reutilização de caixas, tambores, garrafas de vidro, partes de máquinas e de automóveis;
- reutilização indireta: os resíduos são reprocessados ou submetidos a um tratamento mais ou menos extenso; é o caso de restos de papel e papelão, borracha, plásticos, cobre, alumínio, chumbo, metais ferrosos, vidros e outros. Assim, tratando o papel, podemos fabricar um papel de qualidade inferior, e com as latas podemos novamente fabricar aço;
- conversão em energia: mediante a incineração dos resíduos sólidos podemos produzir vapor de água ou energia elétrica, ou então produzir um tipo de combustível, submetendo-o ao tratamento por pirólise, o qual ainda se encontra em fase experimental.

Com relação ao problema da separação de materiais assinalamos que seria desejável que os resíduos já fossem separados na fonte de produção, o que ocorre em algumas cidades, principalmente dos Estados Unidos. No tocante ao lixo domiciliar é muito difícil de ser bem executada a separação dos resíduos, de acordo com o tipo dos mesmos; com o lixo comercial e industrial essa separação já é mais possível de ser feita.

Os processos de separação de resíduos constituem um campo de atividades que está exigindo muitos estudos e pesquisas, no sentido de descobrirem-se métodos técnicos e econômicos para a separação de materiais reaproveitáveis. Os processos geralmente utilizados para a separação de resíduos reaproveitáveis são os seguintes: seleção manual, separação por peneiramento, separação eletromagnética, separação gravimétrica, separação por via úmida, separação ótica e outros.

Os materiais em geral recuperados são os seguintes: papel, papelão, vidro, metais ferrosos (latas), metais não ferrosos (cobre, alumínio), plásticos, trapos, ração para animais e composto.

A reutilização de resíduos deve ser empregada se a quantidade dos mesmos, o custo para sua extração e os preços de venda forem compensadores; contudo, o governo em nível federal ou mesmo estadual, pode ter interesse em promover a reutilização de resíduos visando, por exemplo, à manutenção da qualidade das terras, com composto ou à conservação de determinados recursos minerais.

9 LIMPEZA PÚBLICA

9.1 Introdução

A adequada limpeza pública de uma cidade tem reflexos diretos e indiretos na saúde da comunidade, sem deixar de assinalar sua importância no bem estar geral, inclusive pelo aspecto estético mais favorável, apresentado por uma cidade limpa; a este respeito assinalamos mais uma vez um antigo princípio: "cidade limpa é cidade civilizada". Deveria, assim, constituir uma das preocupações das autoridades municipais, que teriam de desenvolver maiores esforços para a solução do problema da limpeza pública.

A importância da solução do problema da limpeza pública pode ser encarada sob diversos aspectos, dos quais se destacam os de ordem sanitária, econômica-financeira e de bem-estar. No tocante ao problema da limpeza pública, assinalamos o papel preponderante do lixo, pela série de fatores a ele ligado, conforme já foi exposto.

9.2 Atribuições da limpeza pública

As atribuições dos órgãos encarregados da limpeza pública são diversas, dependendo das características locais, relativas particularmente à organização técnica – administrativa do município. De maneira geral, essas atribuições envolvem, principalmente:

- coleta, transporte e/ou disposição final do lixo de domicílios, estabelecimentos comerciais, industriais e de locais diversos (feiras, mercados, escolas, hospitais, cemitérios, etc.);
- varrição de vias e logradouros públicos e remoção dos resíduos resultantes; pode ser manual ou mecânica (principalmente em cidades grandes). O uso de pequenos recipientes ou caixas adequadas para resíduos diminutos, papéis, caixas de fósforos, etc. contribui para melhor manutenção da limpeza pública.
- remoção de galhos e folhas resultantes da poda de parques e jardins públicos e particulares, bem como de árvores de vias públicas.
- limpeza geral de monumentos, escadarias, abrigos, túneis, viadutos, pontes e outros locais públicos, tais como mercados, locais de feiras, etc. e a remoção dos resíduos resultantes.
- irrigação de vias públicas; nem sempre é feita, por razões econômicas ou falta de disponibilidade de água.
- remoção de animais mortos, principalmente por acidentes nas vias públicas; normalmente são incinerados ou enterrados.
- remoção de lixo de terrenos baldios.
- desobstrução de bocas de lodo, ramais e galerias de águas pluviais de córregos e valas.
- capinação de vias e logradouros públicos.
- manutenção e conservação de veículos, de instalações e de equipamentos utilizados na limpeza pública.

Entre outras atribuições gerais, como administração e controle econômico-financeiro, o serviço de limpeza pública deve contar também como um setor de educação sanitária, dedicado à população como um todo e aos seus servidores, em particular.

9.3 Aspectos administrativos e econômico-financeiros

Todo serviço de Limpeza Pública deveria dispor de autonomia técnico-administrativa e financeira, para poder executar adequadamente as suas atribuições.

Expomos, a seguir, os aspectos básicos relacionados à administração geral dos serviços de limpeza pública.

9.3.1 Administração dos serviços de limpeza pública

Com base na Constituição Federal os serviços de limpeza pública, como serviço local, são da alçada dos municípios. Contudo, a nosso ver, o Governo Federal e os Governos Estaduais podem legislar sobre a matéria, particularmente pela sua inter-relação com a saúde pública, matéria essa de competência do Governo Federal e, supletivamente, dos Governos Estaduais e, segundo ponderamos, também dos Governos Municipais. Temos ainda o caso das regiões metropolitanas, nas quais, por força do disposto no artigo 5º, da Lei Complementar Federal nº 14, de 08 de junho de 1971, a limpeza pública é, em geral, de interesse metropolitano. Como exemplo, no caso da região metropolitana de São Paulo, temos o tratamento e/ou disposição final do lixo, que é atribuição do Governo em nível metropolitano; contudo, até o momento esta medida não pode ser implantada.

Entendemos também que os governos estaduais deveriam criar órgãos de assistência técnica aos municípios, através de Secretarias de Saúde ou de Obras.

As diversas modalidades adotadas na administração dos serviços de limpeza pública são:

a) administração e execução dos serviços diretamente na municipalidade, através de:
- repartição pública (seção, departamento ou divisão);
- órgão autárquico;

b) idem ao item anterior, porém com empreitada de, pelo menos, parte do serviço (em geral a coleta e transporte do lixo) diretamente com particularidades; essa modalidade entre nós ocorre em geral na remoção de restos de demolições ou de construções (entulho) e de resíduos sólidos comerciais e industriais;

c) concessão do serviço de limpeza pública, no todo ou em parte, a entidade privada, sociedade de economia mista, ou empresa pública, especialmente constituída para tal fim. Em São Paulo, por exemplo, em vários bairros o lixo é coletado e transportado, bem como é executada a varrição, por empresas privadas, com resultados satisfatórios, até o momento. Existem poucos casos, como, por exemplo, em São Paulo, em que a coleta de lixo de hospitais e a execução de aterros sanitários e a operação de uma das usinas de compostagem está entregue a empresas privadas. Ainda como exemplo, assinalamos a criação, em setembro de 1973, no Rio de Janeiro, de uma sociedade de economia mista, com a denominação atual de Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB, com a atribuição de todos os encargos referentes à limpeza pública naquela cidade. Para atuar em parte da Região Metropolitana de São Paulo foi projetada a criação de uma sociedade de economia mista que até o momento não pode ser concretizada.

Não se pode dizer com segurança qual destas modalidades é a melhor; cada uma tem suas vantagens e desvantagens. Uma boa solução adotada para uma cidade, poderá fracassar em outra; deve, assim, ser devidamente estudada em cada caso a modalidade de organização mais conveniente. As cidades que atingiram grande desenvolvimento, bem como as áreas ou regiões metropolitanas, é que sentem o problema em sua plenitude e onde as dificuldades são maiores para a solução do mesmo. Nas cidades de menor porte os serviços de limpeza pública exigem apenas organização elementar que, em linhas gerais, se baseia no seguinte:
- pessoal habilitado, em número suficiente;
- veículos adequados (até com tração animal);

- tratamento e/ou disposição final do lixo, de modo que não cause incômodo à população. Quando possível a solução deve ser equacionada em âmbito regional, ou seja, reunindo vários municípios.

9.3.2 Pessoal

O serviço de limpeza pública deveria dispor de pessoal, em número suficiente e qualidade adequada, e com remuneração condizente, de modo que atraia e conserve elementos de bom nível.

Torna-se necessária a implantação de uma política de preparação de pessoal, em todos os níveis, ou seja, desde o varredor ao operador de instalações de tratamento e até ao engenheiro.

Esta tarefa deveria ser incrementada pelo Governo, em nível Federal e Estadual, através de escolas de Engenharia e de Saúde Pública, bem como de centros de preparação de pessoal em geral, com a colaboração de serviços de limpeza pública.

9.3.3 Cobrança dos serviços de limpeza pública

A cobrança de serviços de limpeza pública comumente está incluída nos impostos municipais. Em alguns locais é feita através de taxas e mesmo de tarifas. A nosso ver, esta cobrança deveria permitir a auto-suficiência do serviço, de modo que mantenha a necessária autonomia econômico-financeira de qualquer serviço de limpeza pública.

BIBLIOGRAFIA

Resíduos sólidos em geral

1. AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOCIATION. Institute for Solid Wastes. **Solid wastes collection practice.** 4. ed. Chicago, 1975.
2. _____. **Municipal refuse disposal.** Chicago, Public Administration Service, 1970.
3. BRASIL. Secretaria de Planejamento. FINEP. **Disposição do lixo no Brasil e suas perspectivas.** Rio de Janeiro, 1977. 4 v.
4. ELLIS, H.M. et alii. **Problemas de evacuación y tratamiento de desechos em las colectividades.** Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1970. (OMS. Cuadernos de Salud Pública, 38).
5. FLINTOFF, F. & MILLARD, R. **Public cleansing, refuse storage, collection and disposal;** street cleansing. London, McLaren and Sons, 1968.
6. GARRIDO, J.L. et alii. **Basura urbana — recogida, eliminación y reciclaje.** Barcelona, Editores Tecnicos Associados. S.H., 1975.
7. "ISWAINF, BUL. ..." DA "INT. INFORMATION BULLETIN DA INTERNATIONAL SOLID WASTES AND PUBLIC CLEANSING ASSOCIATION. Dubendorf, ISWA.
8. KIROV, N.Y. **Principles and waste management-unit operations and processes.** Caringhah, Kingsway Printers PTY, 1975.
9. LEITE, L.E.H.B.C. & SÁ, F.A.P. **Manual de limpeza pública.** Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 1973.
10. LIMPEZA PÚBLICA. São Paulo, Associação Brasileira de Limpeza Pública.
11. LIXO e limpeza pública. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Organização Panamericana de Saúde, 1969.
12. OLIVEIRA, W. Engracia. Introdução ao problema do lixo. **Rev. D.A.E.,** São Paulo, **29**(74): 58-9, 1969.
13. _____. Limpeza pública; problema de engenharia. **Rev. D.A.E.,** São Paulo, 29 (71): 53-6, 1969.

14._____. Lixo: poluição ambiental, recursos naturais. **Rev. D.A.E.,** São Paulo, **30**(71): 95-6, 1970.
15. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **La eliminación de basuras y el control de insetos y roedores.** Washington, 1962. (Publicaciones Cientificas, 75).
16. REFUSE disposal: report of the working party. London, Her Majesty's Stationary Office, 1971.
17. RESÍDUOS sólidos e limpeza urbana. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública Projeto Brasil 2103, Organização Panamericana de Saúde, 1973.
18. RIBEIRO, E. Desechos sólidos — situación em las Américas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMPEZA PÚBLICA, 1º, Brasília, 1974. **Anais.** Brasília, 1974. p. 4. 1-4. 1/3.
19. SEMINÁRIO SOBRE O PROBLEMA DO LIXO NO MEIO URBANO, São Paulo, 1965. Faculdade de Higiene e Saúde Pública/Organização Panamericana da Saúde, 1965.
20. SENGÉS, G.H. **Limpeza urbana: métodos e sistemas.** Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Assessoria dos Municípios, 1969.
21. SOLID WASTES. London, Institute of Solid Wastes Management, 1910.
22. SOLID WASTES MANAGEMENT. New York, N.Y.,
23. STIRRUP, F.L. **Public cleasing: refuse disposal.** Oxford, Pergamon, 1965.
24. WASTE AGE. Niles. Three Sons Publishing, 1970.
25. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Expert Committees on Solid Wastes Disposal and Control. Dubendorf, 1971. **Report.** Geneva, 1971. (Tech. Rep., 484).

Resíduos Sólidos e Saúde Pública

1. FORANTTINI, O.P. Aspectos epidemiológicos ligados ao lixo. In: LIXO e limpeza pública. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública/Organização Panamericana de Saúde, 1969. p.3-1/3-19.
2. HANKS, T.G. **Solid wastes/disease relationships**. Cincinnati, Department of Health and Welfare, 1967.
3. LUZ, F.X.R. da & GUIMARÃES, C. Resíduos hospitalares. Separata da **Rev. Saúde Pública,** São Paulo, **6:** 405-26,1972.
4. OLIVEIRA, W. Engracia. **Poluição do solo.** São Paulo, 1970. (Apresentado na Semana de Estudos sobre Problemas de Poluição Ambiental, São Paulo, 1970. Mimeografado).
5._____. Resíduos sólidos e poluição das águas. **Rev. D.A.E.,** São Paulo, **31**(81): 74-9, 1971.
6._____. Resíduos sólidos e poluição do ar. **Revista D.A.E.,** São Paulo, **32**(87): 53-6, 1972.
7._____. Resíduos sólidos e poluição ambiental. Rev. D.A.E., São Paulo, 35(101): 45-56, 1975.
8. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **La eliminación de basuras e y el control de insetos y roedores.**
9. SCHMID, A.W. Aspectos epidemiológicos ligados ao lixo. In: SEMINÁRIO SOBRE O PROBLEMA DO LIXO NO MEIO URBANO, São Paulo, 1975. Faculdade de Higiene e Saúde Pública/Organização Panamericana da Saúde, 1975. p.9-20.
10. WILCOMB, M.J. **Health implications of prevailling solid wastes handling practice.** Cincinnati, Environmental Protection Agency. Office of Solid Wastes Management Programs. (Mimeografado).

CAPÍTULO IV

CONTROLE DE ARTRÓPODES E ROEDORES

GEORGE KENGE ISHIHATA

Formação Profissional
- Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie de São Paulo.
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

JOSÉ ARAÚJO DE OLIVEIRA SANTOS

- Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia do Pará
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo
- Especialização em Águas Subterrâneas pela School of Public Health — University of Minnesota, U.S.A.

IV – CONTROLE DE ARTRÓPODES

Arthropoda é palavra de origem grega, constituída da reunião de duas outras:

- arthro = articulação
- poda = pé ou apêndice

São animais que apresentam as principais características seguintes:

a) corpo segmentado e revestido de exo-esqueleto de quitina, o qual é periodicamente eliminado e renovado, à medida que o animal cresce;
b) pares de apêndices articulados;
c) um canal alimentar tubular, com boca e ânus;
d) sistema circulatório aberto; o único vaso sangüíneo geralmente é uma estrutura tubular dorsal, localizada acima do canal alimentar;
e) sistema nervoso central formado por um gânglio supra-esofágico, que está conectado com uma série.

O filo Arthropoda é o maior do Reino Animal; assim sendo, reúne considerável número de representantes diferentes entre si, agrupados em classes, que são as seguintes:

1. Trilobita – extinta
2. Onychophora
3. Tardigrada
4. Pentastomida
5. Diplopoda – miriápodos
6. Pauropoda
7. Synphyla
8. Chilopoda – centopéias
9. Crustácea – caranguejos, camarões, lagostas, lagostins, etc.
10. Arachnida – aranhas, escorpiões, carrapatos.
11. Insecta ou Hexapoda (6 pernas).

1 CONTROLE DE MOSQUITOS

1.1 Introdução

Os mosquitos cujos adultos são essencialmente domésticos e de hábitos noturnos são os **Culex pipiens fatigans,** também denominados pernilongos, muriçoca, muriranha e carapanã.

São vetores de viroses e filariose, sendo a elefantíase causada pela **Wuchereria bancrofti.**

A sua grande proliferação causa também problemas sócio-econômicos, incômodo à comunidade, especialmente no grupo etário produtivo, impedindo as pessoas de conciliarem o sono, aumentando sua irritabilidade e diminuindo o seu rendimento no trabalho.

1.2 Aspectos biológicos

O mosquito adulto é doméstico e de hábitos noturnos, chega a viver 3 meses e alimenta-se de sucos de frutas e seiva vegetal. Seu corpo é constituído por cabeça, tórax e abdômen.

A larva e a pupa são aquáticas; em água estagnada e poluída, são colocados cerca de 100 a 400 ovos aglutinados, formando uma jangada flutuante. Uma vez eclodidas as

larvas, o que ocorre aproximadamente 1,5 dias após a postura, a jangada desorganiza-se rapidamente.

As larvas alimentam-se da microflora e microfauna aquáticas, além de matéria orgânica. Respiram por traquéias que se comunicam com o ar atmosférico através de um sifão respiratório no 8º segmento e, no 9º, apresentam brânquias anais em um tufo de cerdas em forma de leque. Movem-se rapidamente através de flexões abdominais e mergulham até 30 centímetros ante qualquer perturbação d'água. Em condições normais, a fase larval (4 estádios) tem a duração de 7 a 10 dias, tempo este que pode ser alterado por vários fatores, principalmente, pela temperatura e alimentação.

As larvas e as pupas dos mosquitos do gênero "Mansonia" têm o sifão respiratório adaptado de modo a poder retirar o oxigênio necessário à sua respiração dos condutos aeríferos de plantas aquáticas, não sendo, portanto, encontradas na superfície da água.

Após a quarta muda larval, emerge uma pupa, cujo corpo é constituído por cefalotórax e abdômen; é muito móvel, porém, não se alimenta. Os sifões respiratórios em número de 2 (dois), localizam-se na região médio dorsal do tórax. Depois de dois dias, a pupa chega ao término do seu desenvolvimento no meio aquático; imobiliza-se na superfície da água e eclode o adulto. A fase aquática é, aproximadamente, de 11 dias.

Uma vez solidificada a quitina em contato com o ar e após os primeiros vôos curtos e incertos, o mosquito adulto está apto a voar a grandes distâncias.

A cópula ocorre logo após o nascimento e os espermatozóides permanecem na espermateca da fêmea até que os seus óvulos estejam amadurecidos, o que ocorre somente depois de a fêmea alimentar-se de sangue. Daí o fato de apenas as fêmeas serem hematófagas, havendo, portanto, concordância gonotrófica.

1.3 Principais criadouros

1.3.1 Domésticos — encontramos em residências: vasilhames ao relento, calhas entupidas, vasos, lagos ornamentais, ralos, caixas d'água, cisternas, poços, fossas danificadas, etc.

1.3.2 Urbanos — decorrentes da urbanização:

a) construções civis: fundações, subsolos, rebaixos de estrutura, fundo de poços de elevadores, depósitos de tambores e pneus;
b) lagos ornamentais;
c) galerias de águas pluviais: poços de visita e bueiros;
d) cemitérios: jardineiras, vasos, tanques e bueiros;
e) valas de esgotamento (bairros que não possuem rede de esgoto, utilizam fossa para cada residência).

O efluente da fossa não canalizado corre a céu aberto, atravessando bairros inteiros em valas que ocupam o lugar das calçadas; essas valas também dão escoamento precário às águas pluviais e de nascentes. Não recebendo tratamento e limpeza adequados, ficam cobertas de lixo e mato que retêm a água, formando poças d'água poluída;
f) rede de esgoto por ser um sistema completamente vedado não apresenta focos.

1.3.3 Naturais — decorrentes das bacias hidrográficas: remansos, meandros abandonados com a retificação de trechos de rios, riachos e lagoas.

1.4 Métodos de controle

1.4.1 Considerações gerais

O objetivo final de uma campanha (mesmo de controle) que se propõe ao "combate ao culex" é, em última análise, impedir que a espécie venha a proliferar e causar incômodos à população. Porém, matar mosquitos é muito menos importante do que evitar que venham a nascer. É fundamental eliminar as causas. É errado procurar eliminar somente os efeitos.

Em síntese, um trabalho de combate a mosquitos deverá desenvolver-se, sempre que possível, segundo as etapas abaixo enumeradas, procurando-se eliminar, pela ordem, primeiro as causas e depois os efeitos.

As causas:

a) falta de esclarecimento da população sobre educação sanitária;
b) condições que possam dar lugar a estagnação de água;
c) deficiência de saneamento básico (esgoto).

Os efeitos:

a) coleções de água estagnada que já apresentam formas imaturas (ovos, larvas, pupas) — focos;
b) o mosquito adulto.

1.4.2 Eliminação dos efeitos

a) métodos de combate: mecânicos, biológicos e químicos.

Mecânicos

Como exemplo de métodos mecânicos, podemos citar drenagens e aterros dos criadouros.

Biológicos

Principalmente nos locais de pouca poluição e de fácil acesso ao público (banhos), devemos lançar os peixes denominados "barrigudinhos", que são os mais terríveis inimigos das larvas.

Químicos

Em pequenos criadouros confinados tanto domésticos como urbanos, o controle pode ser feito com a aplicação de óleos (óleo queimado 50% + óleo diesel 50%), e mesmo querozene. Nos grandes criadouros, devemos aplicar produtos químicos, inseticidas na formulação de concentrado emulsionável, utilizando pulverizadores de alta pressão e abrangendo a superfície aquática onde se encontram as formas imaturas. Os inseticidas recomendados são os fosforados; devemos evitar o uso de clorados devido ao seu alto poder residual, dentre os quais citamos:

- abate: 0,1 ppm a 0,3 ppm
- lebaycid: 0,5 ppm a 1 ppm
- dianinon: 0,5 ppm a 1 ppm

As concentrações citadas referem-se às concentrações nos criadouros, calculando-se o volume (m^3), multiplicando a superfície líquida pulverizável por 0,30m (profundidade de mergulho de larvas).

b) cálculo de inseticida (a ser colocado no tanque pulverizador)

0,3 ml . . . . . .1m^3 x técnico — 100%
x (técnico) . . . . . .V(m^3) x comercial — % (rótulo)

2 CONTROLE DE ANOFELINOS NAS CAMPANHAS DE ERRADICAÇÃO DA MALÁRIA

2.1 Introdução

A malária é uma doença infecciosa, transmissível, caracterizada clinicamente por acessos febris periódicos e causada por um parasita — o plasmódio —, introduzido no homem pela picada de um mosquito do gênero **Anophales**.

Isso é o que hoje conhecemos sobre essa doença. No entanto, a malária é conhecida desde a mais remota antigüidade, e os conhecimentos sobre a sua etiologia eram, até o século passado, bastante reduzidos. Antigamente pensava-se ser produzida por emanação ou "miasmas" que vinham do pântano ou paul — donde o nome "Mal-aire".

Embora sem conhecer o agente causador e o modo como se transmitia, tinham os antigos observado que essas febres eram comuns nos lugares baixos, onde existiam pântanos ou águas paradas. Relacionavam-na com fatores secundários, quais sejam o clima, a natureza do terreno e o ar.

Contra a doença, que tinha larga dispersão geográfica, antepunha-se, depois do século XVI, o tratamento com os chás das cascas das quineiras, árvores essas encontradas depois do descobrimento do Peru. Mais tarde, descobriu-se que essa casca continha uma substância — a quinina, que foi a grande arma no combate aos acessos febris provocados pela malária.

Posteriormente, e já no fim do século passado, novos conhecimentos vieram esclarecer a verdadeira natureza dessas febres, bem como a maneira pela qual eram transmitidas. Assim foi que, Lavaren, em 1880, descobriu o agente causador da malária, no sangue de um doente. Esse parasita foi classificado como sendo um protozoário, pertencendo ao gênero **Plasmodium**.

Em seguida, Ronald Ross verificou que determinados mosquitos, identificados como pertencentes ao gênero **Anopheles**, eram capazes de transmitir a malária ao homem são. Estava assim explicada toda a seqüência da sua transmissão. Esses diferentes elementos passaram a constituir o que se convencionou chamar de cadeia **malarígena**, com seus três elos: Homem doente — Mosquito — Homem são.

2.2 Doutrina da erradicação

O conhecimento exato sobre o tempo de persistência das espécies de plasmódios no organismo humano permitiu fosse esperada a total erradicação da infecção malárica.

Sabendo-se que as três espécies não persistem fora do mosquito por prazo superior a três anos, pensou-se que seria possível exterminá-las ou erradicá-las, se se conseguisse, durante esse prazo, impedir que mosquitos se alimentassem em doentes ou portadores de plasmódios. Assim se processaria o esgotamento das espécies, mesmo que aos doentes não se desse nenhum medicamento. O impedimento durante 3 anos, dos anofelinos se infectarem nos portadores de plasmódios, seria a finalidade imediata a ser conseguida. Esse resultado poderá ser obtido, usando-se o conhecimento de que as principais espécies vetoras têm hábitos domésticos, isto é, procuram o seu alimento no próprio domicílio do homem, e de que depois de alimentados repousam nas paredes próximas do local em que sugaram o sangue.

Aplicando-se de modo periódico e sistemático inseticidas, em todos esses locais, os mosquitos que aí pousarem morrerão e poderão ser evitadas novas infecções. Decorridos três anos, as espécies de plasmódios ter-se-ão esgotado espontaneamente.

Resumindo, podemos dizer que a doutrina da Erradicação da Malária repousa nos seguintes conhecimentos:

a) o poder infectante da malária no homem não tem duração superior a três anos;
b) os anofelinos transmissores costumam freqüentar os domicílios, aí repousando depois de se alimentarem;
c) os inseticidas de poder residual podem, por prazos longos, manter nas paredes ativa toxicidade aos anofelinos.

A execução de um programa dessa natureza, é indispensável que atinja os seguintes objetivos essenciais:

a) todas as casas da área a ser trabalhada devem estar perfeitamente conhecidas, a fim de que a sua totalidade seja beneficiada pelo inseticida;
b) todas as casas da área trabalhada devem ser rociadas dentro dos prazos previstos como de duração útil e efetiva do inseticida;
c) deve haver permanente vigilância epidemiológica;
d) as campanhas devem abranger áreas suficientemente extensas, de modo a diminuir as possibilidades de reintrodução de fontes de infecção de regiões limítrofes.

Para execução de tais programas, é montado um esquema de trabalho que abrange três fases, com períodos de duração diversos.

1ª Fase ou Fase Preparatória — tem geralmente um ano de duração, no qual são realizados:

- Adestramento de pessoal
- Previsão do material e pessoal necessários
- Reconhecimento geográfico
- Prova piloto
- Projeto de cobertura integral
- Levantamento dos anofelinos existentes
- Provas de suscetibilidade aos inseticidas
- Determinação e delimitação da área malarígena

2ª Fase ou Fase de Cobertura Integral — esse período tem a duração de 4 anos, durante os quais são tomadas as seguintes providências:

- Cobertura integral do rociado
- Vigilância epidemiológica
- Educação sanitária

Durante a fase de cobertura integral, rocia-se, ou desinsetiza-se com DDT, todas as casas da área malarígena (área de alcance de vôo dos anofelinos), objetivando cortar a transmissão da malária com a eliminação de todos os mosquitos infectados. Para isso, procura-se obter um depósito de $2g/m^2$ de inseticida, nas paredes.

Os pulverizadores utilizados são as bombas Hujson — X — Pert munidas de bicos 2002; a pressão de trabalho é de 25-55 libras por polegada ao quadrado; a distância do bico à parede, de 0,45 m; a dosagem, de 5% no aparelho; e a velocidade para se rociar uma faixa de 3 m de altura é de 6,7 seg.

As desinsetizações são realizadas de 6 em 6 meses (denominado um ciclo), devido ao efeito residual do DDT ser de 6 meses;

As campanhas são programadas para 8 ciclos de cobertura integral, ou seja, 4 anos.

3ª Fase ou Fase de Vigilância — com duração de 3 anos, durante os quais é executada uma severa vigilância para descobrir qualquer caso novo ou introduzido de outras regiões onde a malária não haja sido erradicada.

4ª Fase ou Fase de Manutenção — a endemia é considerada erradicada, a campanha de erradicação finda, e a manutenção passa para os programas normais de controle de endemias dos Centros de Saúde.

3 CONTROLE DE BARBEIROS

3.1 Introdução

Em 1907, Carlos Chagas foi incumbido de fazer uma campanha anipalúcida que irrompera entre os operários que trabalhavam na Estrada de Ferro Central do Brasil em Lassance — Estado de Minas Gerais.

Aí chegando, foi informado da existência de um inseto hematófago, que atacava a população durante a noite, ao qual deram o nome de "barbeiro".

Em 1909, Chagas notou nas fezes desses insetos a presença de flagelados. Enviou-os ao Dr. Oswaldo Cruz, que os classificou como **Trypanossoma**. Em homenagem a este, Chagas deu-lhes o nome de **T. cruzi.**

O hematófago foi determinado pelo professor Neiva, como sendo um reduvídeo do gênero **Triatoma.**

Quando Chagas examinou esses exemplares, pensou que a reprodução fosse esquizogônica, por isso denominou-os de Trypanossoma (Schizotrypanum) cruzi. Hoje sabemos que isso não se dá, daí usarmos apenas a primeira denominação. É a primeira vez na ciência que um único observador descobre pontos principais de uma doença: agente etiológico, transmissor e reservatórios. Em 1916, o estudo da doença foi deixado de lado, julgando-se que fosse de pequena importância.

Em 1931 e 1936, volta a ser estudada por Johnson e Rivas, devido à descoberta dos primeiros casos no Panamá, e, em 1934, Mazza reúne mais de 1.000 casos na Argentina.

3.2 Definição

Doença de Chagas é uma doença infecciosa, produzida por um protozoário — **T. cruzi** e transmitida por insetos dos gêneros Triatoma, Panstrongylus e Rhodnius. É assim denominada em homenagem ao seu descobridor. Não produz chagas nem feridas.

3.3 Agente etiológico

O parasita causador da doença de Chagas é um protozoário do gênero **Trypanossoma;** não possui vida livre, está sempre parasitando os vertebrados ou insetos vetores da doença. É um parasita com evolução em dois hospedeiros: o vertebrado — os mamíferos, e o invertebrado — os triatomíneos.

No homem e nos animais vive no sangue periférico e fibras musculares, principalmente as cardíacas; no "barbeiro" vive no tubo digestivo.

Nos vertebrados, encontramos a forma de Tripanossoma (tipo midigota) no sangue periférico e a forma leishmânia e epimardigota, nos tecidos. No transmissor, encontramos as formas em tripanossoma (tripomastigota), critídia (epimastigota), leishmânia (amastigota), leptomona (promastigota).

3.4 Transmissor

Do total de mais ou menos 100 espécies consideradas válidas, 95 são encontradas no continente americano. No Brasil já foram assinaladas 41, sendo as principais: **T. infestans, P. megistus, T. sordida, T. brasiliensis, T. rubro fasciata, T. pseudomaculata** e **Rhodnius neglectus.**

Os "barbeiros" são assim chamados pela preferência que têm em picar o rosto; recebem, no entanto, outros nomes: chupão, bicudo, porocoto, chupança, etc.

São eles responsáveis pela propagação da doença de Chagas. Vivem no interior das casas, anexos, ninhos de pássaros e nas matas; têm preferência pelas casas de barro e pau-a-pique; escondem-se nas frinchas das paredes, camas, colchões, baús e outros móveis. Nestes esconderijos, depositam ovos dos quais saem as ninfas, que mais tarde se transformam em adultos. Para sua evolução completa, necessitam de 179 a 300 dias, dependendo da temperatura, umidade e alimentação. São hematófagos por excelência: tanto o macho como a fêmea se alimentam de sangue, isto desde 5 dias após a eclosão do ovo. Este fato é de grande importância, pois, uma vez infectados, assim poderão permanecer até o fim de sua vida. Sugam sangue indiferentemente do homem e outros vertebrados, assim como de mamíferos ou aves. Sua vida adulta tem a duração de 1 a 3 anos. As aves não adquirem a doença.

3.5 Profilaxia

a) Sendo a doença transmitida por "barbeiros" que vivem em domicílios e vizinhanças e, sabendo-se que as habitações de barro e pau-a-pique oferecem condições ideais para a sobrevivência e proliferação dos triatomíneos, lógico seria a substituição de tais tipos de habitação por casas de alvenaria, como passo inicial. Isso, contudo, é impraticável entre nós, pelas condições econômicas do nosso homem do campo.

b) O combate aos triatomíneos é feito diretamente através de inseticidas eficazes e de campanhas intensas. O inseticida empregado é o BHC, com efeito residual de 3 meses; a desinsetização pode ser executada por pulverizadores costais, tipo Hudson X-Pert, na dosagem de 1,5%. A desinsetização deve ser executada em profundidade, procurando atingir todas as frinchas e rachaduras, pulverizando-se todos os locais que servem de criadouro e abrigo aos "barbeiros".

c) Exterminar cães e gatos infectados, uma vez que animais são reservatórios de parasitas nos domicílios.

d) Excluir os chagásicos dos doadores de sangue.

e) Afastar os anexos.

f) Expor ao sol colchões, remover entulhos, enfim, manter a higiene da habitação.

g) Educar o povo para aceitar e conservar o B.H.C.

h) Remover as coberturas de capim dos anexos e domicílios, queimando-os.

i) Exterminar os ninhos nos beirais.

j) Evitar o transporte de "barbeiro" através das mudanças.

4 CONTROLE DE MOSCAS

4.1 Introdução

Como é sabido, várias espécies de moscas (especialmente a Musca doméstica) podem atuar como vetores de inúmeros agentes, embora haja sempre outros modos de transmissão, pois a veiculação é mecânica. Assim, já se demonstrou que estes insetos podem abrigar em seu corpo mais de 100 espécies diferentes de agentes patogênicos:

- bactérias: como os agentes das shigueloses, febre tifóide e salmoneloses, estafilococcia, tuberculose, lepra, cólera e bouba.

- vírus: da varíola, poliomelite, hepatite infecciosa, tracoma.
- protozoários: amebíase, ovos e larvas de helmintos, teníase.

4.2 Biologia

Ovos — os ovos da Musca doméstica são brancos e ovóides, com uma das extremidades mais larga, medindo 1 milímetro de comprimento. Cada fêmea põe cerca de 120 a 150 ovos por vez, perfazendo um total de 500 a 600 ovos em quatro posturas. Os ovos, sempre postos em substâncias orgânicas fermentescíveis, como lixo, esterco de cavalo, etc., quando colocados em substâncias que não fermentam, têm o ciclo de desenvolvimento prolongado. O período mínimo de incubação dos ovos é de 8 horas, podendo variar até 3 ou 4 dias, conforme a temperatura, sendo que a ótima é a que vai de 23 a 26ºC (Newstead).

Larvas — As larvas recém-nascidas são brancas, muito ativas e dotadas de heliotropismo negativo bastante pronunciado. Alimentam-se ativamente e, 24 horas após o nascimento, apresentam a primeira muda larvária; da 2ª até a formação da pupa, decorrem 72 horas. As larvas se transformam em pupas em qualquer ponto do lixo; em regra, porém, exercem esforços para descer mais profundamente no monte de lixo, ou em qualquer outra substância em que vivem. Se esta substância está colocada sobre a terra fofa ou areia, elas penetram 5 a 10 cm abaixo da superfície do solo. Quando começa a pupação, o corpo se contrai, apresentando uma configuração cilíndrica dentro da pele da larva, que também adquire a forma de um tonel.

Pupas — O pupário, a princípio, tem uma cor amarela clara; rapidamente muda para um tom vermelho claro e, finalmente, para castanho escuro. Segundo Howard, a fase de pupa tem a duração de cerca de cinco dias no verão, e de maior espaço de tempo nas temperaturas mais frias. As moscas, poucos dias após a saída do pupário, copulam, e a fêmea começa a fazer as posturas. O ciclo evolutivo completo dura, assim, cerca de 12 dias. Como uma fêmea pode pôr 120 a 150 ovos diariamente, e fazer 4 a 5 posturas durante sua vida, não é difícil conceber a enorme quantidade de moscas que podem aparecer em determinadas ocasiões.

4.3 Controle

O controle das moscas pode ser feito através de medidas permanentes e medidas temporárias.

4.3.1 Medidas permanentes

a) proteção dos alimentos

Uma das medidas seria a proteção dos alimentos, acondicionando-os em armários ou vidrados.

b) controle do lixo

Acondicionando em latões vedados e sacos de papel ou plásticos e as disposições adequadas tais como: aterro sanitário, transformação em composto ou incineração.

c) impedir o acesso às fezes humanas

Nas zonas urbanas, procurando implantar o sistema de esgoto e, nas áreas rurais, utilizando os vários tipos de fossa.

d) uso de estrumeiras

O uso de estrumeiras nas granjas, estábulos e pocilgas é uma medida eficaz no controle das moscas domésticas. O estrume deve ser coletado em período de tempo menor do que

aquele que as larvas levam para procurar o local adequado para puparem. Recomenda-se, também, a impermeabilização dos pisos desses locais, a fim de impedir o acesso das larvas ao solo para puparem.

4.3.2 Medidas temporárias

a) uso de inseticidas

O inseticida deve ser pulverizado, objetivando-se o combate às larvas.

Dentre os inseticidas, destacamos: o diazinon, lebaycid e dipterex, usados na dosagem de 1%.

b) uso de iscas

Devido principalmente ao fato de as moscas pousarem em locais, nos quais não se recomenda a pulverização de inseticidas, o combate às formas adultas deve ser feito utilizando-se iscas como tugon, ou dipterex 2% + açúcar ou melaço 15% + água 73%, respingando esta mistura onde elas pousam.

c) uso de aparelhos especiais

Em bares e restaurantes, recomenda-se o uso de aparelhos especiais que atraem a mosca adulta para uma tela onde as mesmas morrem eletrocutadas.

5 CONTROLE DE BORRACHUDOS

5.1 Introdução

Gêneros encontrados no Brasil:

- **"Luizsimulium" e "Simulium"**

No litoral de São Paulo são encontradas as espécies:

- **"S. auristriatum", "S. anamaris, "S. brevifureatum", "S. diversifurcatum", "S. hirtipupa", "S. pertinax", "S. perflavum", "S. travassossi".**

No Brasil são conhecidos por "borrachudo" ou "pium".

São vetores de onchocercose humana no México, Guatemala, Venezuela e Colômbia. (Fullerborns, 1923; Robles, 1919, Potenza et al. 1948; Assis, Masri e Litte, 1965) respectivamente.

Não se conhece a transmissão de doença no Brasil.

Sua picada causa inchações e às vezes pode causar hemorragia. Ocasionalmente, pode atacar em enxame, podendo matar até animais de grande porte, como o gado, não só pela picada como por sufocação.

Distribuição — "Simullidae" — é distribuído desde o Círculo Polar Ártico até a Terra do Fogo.

A espécie **"Simulium pertinax"** parece ser a de maior densidade no litoral paulista.

5.2 Aspectos biológicos

É um inseto holometabólico, cujas fases jovens, ovo — larva — pupa, desenvolvem-se submersas em água corrente.

A larva tem aproximadamente 6 estádios. Não seleciona alimento e no seu tubo digestivo podem ser encontrados grãos de areia, algas unicelulares verdes, diatomáceas e detritos de vegetais superiores.

A respiração é cutânea e possui brânquias anais, que provavelmente são responsáveis pelo equilíbrio da concentração salina do seu corpo.

A locomoção é feita "à maneira de medir palmos", com auxílio do disco de "dentes" abdominais posteriores e do disco de "dentes" do pseudópodo torácico.

Fixação – fixa-se ao substrato por meio do disco posterior que se agarra à pequena quantidade de secreção salivar depositada no substrato, representado por qualquer material sólido submerso em água de correnteza rápida. Não sobrevive mais de 48 horas em água parada.

Em caso de alteração no meio ambiente, tece um fio de secreção salivar, à medida que vai descendo correnteza abaixo , até encontrar um local ideal para fixar-se.

A pupa não se alimenta e respira por brânquias torácicas.

O adulto que eclode da pupa é aéreo. Alimenta-se de mel de flores e seiva vegetal. A fêmea alimenta-se de sangue apenas para maturação dos ovos e não para sua sobrevivência.

Identificação – para identificação das larvas, são usados os caracteres, principalmente, do número e da disposição dos "dentes" do disco posterior.

Para identificação da pupa é usado: número, disposição e comprimento das brânquias e trama do casulo.

O adulto pode ser identificado usando-se caracteres de coloração, disposição de cerdas, verificação de asas e genitália.

As principais diferenças entre macho e fêmea são: olhos do macho são muito próximos e facetados não homogeneamente: a metade superior tem facetas maiores e essa parte dos olhos é responsável pela visão noturna. A fêmea tem olhos mais separados e homogeneamente facetados, sem visão noturna.

A genitália é o caráter mais distinto entre os dois sexos.

5.3 Controle

5.3.1 Combate larvário

a) mecânico

Um dos métodos que pódem ser executados é o desvio ou mesmo estancamento da corrente de água pelo espaço de 24 horas.

b) químico

Emprego de Abate na dosagem de 0,03 a 0,3 ppm. A aplicação pode ser executada pelo método do pingador, utilizando-se os frascos de soro fisiológico.

5.3.2 Combate às formas adultas

É feito por nebulização, utilizando-se o Baygon swing fog, na dosagem de 1%.

6 CONTROLE DE BARATAS

6.1 Introdução

As principais espécies são:

- Periplaneta americana
- Periplaneta australasiae
- Blatella germanica
- Blatella orientalis

Os principais problemas causados pelas baratas são:

- problemas estéticos;

- problemas de mau cheiro (nauseante);
- danificação de livros e vestimentas;
- transmissão de doenças causadas por bactérias e protozoários, realizando-se a contaminação dos alimentos pelo contato das peças bucais ou de outras partes do corpo, ou pelas fezes de baratas portadores de tais germes patogênicos.

Há, sobre o assunto, trabalhos de vários pesquisadores que mostram a possibilidade de as baratas, que ingerirem escarros com o bacilo da tuberculose, contaminarem os alimentos. Todavia, como pondera Patton: "não há até agora prova alguma de que, em condições naturais, a barata se infecte e contamine o alimento humano, e enquanto não se isolarem organismos patogênicos das fezes de baratas vivendo em condições naturais, nos domicílios, restaurantes, padarias, hotéis, cozinhas de hospitais, etc., a barata, como outros insetos domésticos, pode ser considerada apenas como suspeita".

Importante é o papel que as baratas desempenham como hospedeiros intermediários de vários helmintos, que infestam habitualmente alguns mamíferos e, eventualmente, o homem.

6.2 Aspectos biológicos

Como o ciclo das várias espécies de barata é muito variável, citaremos, para dados de observação, o ciclo da **Periplaneta americana.** Os ovos são colocados em uma pequena cápsula, chamada ooteca em número aproximado de 16 a 26, conseguindo a fêmea produzir 51 ootecas em sua fase adulta.

As fases de desenvolvimento são:

Ovos	Ninfas	Adulto
35 a 100 dias	19 – 19 meses	13 –30 meses

6.3 Controle

6.3.1 Medidas permanentes

a) manutenção de ralos;

b) proteção de alimentos;

c) acondicionamento adequado do lixo.

6.3.2 Medidas temporárias

a) aplicação de inseticidas

Recomenda-se o uso de Baygon na concentração de 1,5%, Diazinon a 2% e Lebaycid 3%.

b) maneira de aplicação

Em manchas, abrangendo rodapés, armários, embaixo das pias, armações de gavetas, atrás de armários, ralos, aberturas junto de encanamentos, etc. Pulverizar, pincelar ou mesmo passar com um pano molhado. Jornais velhos e garrafas devem ser eliminados.

7 NOÇÕES DE RESISTÊNCIA

A propósito é oportuno abordar em poucas palavras o fenômeno da resistência adquirida pelos insetos aos inseticidas. Atualmente, sabemos que esta capacidade de resistir aos inseticidas que, normalmente, mataria a espécie, depende das características pré-existentes na população de mosquitos, e que são relacionadas com a introdução dos in-

seticidas no ambiente em que vivem. Assim, o próprio inseticida é o agente seletivo de populações resistentes. A continuada aplicação de tóxico, vai eliminando, gradativamente, os insetos suscetíveis, ao mesmo tempo em que, o cruzamento de insetos resistentes cresce, atingindo o estabelecimento de uma população na qual predominam os insetos resistentes. Esta resistência aos inseticidas pode apresentar-se sob diversas formas, mas os dois tipos principais são: a do comportamento e a fisiológica. Na resistência de comportamento, mosquitos apresentando maior irritabilidade ao inseticida, evitam manter contato com o produto tóxico modificando seu comportamento e, assim, não adquirindo dosagens letais para ele. Já na fisiológica, os mosquitos resistentes neutralizam ou degradam o inseticida em produtos inofensivos, no próprio organismo.

Definição: resistência é a capacidade de uma colônia de insetos tolerar doses de inseticidas que são letais à maioria dos indivíduos de uma mesma espécie, em uma população normal.

8 CONTROLE DE ROEDORES

Este trabalho abrange, em resumo, aspectos julgados indispensáveis a uma visão geral, e destina-se sugerir aos alunos a complexidade do problema e a conveniência de, antes de tentar resolvê-lo, aprofundarem seus estudos e/ou recorrerem a um especialista.

8.1 Introdução

A importância do controle de roedores prende-se aos prejuízos de ordem econômica e de ordem sanitária, pelos quais são os responsáveis.

Vários fatores se aliam para gerar tais prejuízos, entre os quais:

- sua capacidade de transmitir doenças,
- sua associação com o homem,
- sua extrema capacidade de proliferação e adaptação ao meio,
- seu onivorismo, que os transforma em fontes de infecção e de contaminação,
- seus hábitos de alimentação e dejeção simultâneas.
- sua necessidade biológica de roer.

Roem tudo que tenha menos consistência que seus dentes, danificando sacaria, mobiliário, instalações hidráulicas e elétricas, construções, etc. Estragam dez vezes mais do que consomem. Devastam plantações, hortas e pomares. Transmitem grande número de doenças, quer por mordedura, quer por suas fezes e urina, ou mediante a ação dos seus ectoparasitas. Mas o homem está de tal modo habituado à constante presença do rato que só lhe presta atenção quando os malefícios por ele causados originam notícias sensacionalistas.

8.2 Prejuízos causados pelo rato

8.2.1 Econômico-financeiros

Esses prejuízos referem-se principalmente aos danos causados à lavoura, a armazéns, a tesouros artísticos, a instalações hidráulicas e sanitárias, bem como, àqueles devidos a incêndios por curto-circuito e estragos das mais diversas naturezas.

Seguem-se alguns valores estimativos:

E.U.A.
- 25 US$/rato.ano – 3.500 Cr$/rato.ano
- 1 rato/habitante – 226,5 milhões de ratos (base: Censo de 1980)

BRASIL
- 5,7 bilhões de US$/ano
- 793 bilhões de Cr$/ano
- 2 ratos/habitante – 242 milhões de ratos
- 847 bilhões de Cr$/ano

Rio – RJ
- 36,4 bilhões de Cr$/ano

São Paulo – SP
- 60,2 bilhões de Cr$/ano

8.2.2 Sanitários

a) elo da cadeia de transmissão de doenças
- Peste bubônica (pulga **Xenopsylla cheopis**)
- Tifo murino (pulga **Xenopsylla cheopis**)
- Salmoneloses (fezes)
- Espiroquetose íctero-hemorrágica (leptospirose-doença de Weil) (urina)
- Febres por mordedura de rato
- Esquistossomíase
- Tripanossomíase (doença de Chagas)

b) ataque e matança de crianças, mendigos e inválidos

8.3 O rato no Brasil

Os ratos existentes no Brasil pertencem a duas grandes famílias: a dos Cricetíneos e a dos Murinos.

A primeira se compõe de espécies autóctones, sua importância sanitária não é grande, pois preferem viver no campo, sem muito contato com o homem.

A segunda compreende os ratos de importação, originários da Ásia, que chegaram ao Novo Mundo nos navios dos descobridores. São parasitas do homem, e com este vivem em íntima associação, constituindo o objeto deste trabalho.

Os murinos encontrados no Brasil distribuem-se em dois gêneros e três espécies principais:

- Gênero **Rattus**
  - **R. rattus** (rato-de-telhado, gabiru, etc.)
  - **R. norvegicus** (rato norueguês ou ratazana)
- Gênero **Mus**
  - **M. musculus** (camundongo)

8.4 Caracteres morfológicos

Os caracteres morfológicos que os distinguem estão resumidos nos quadros 6 e 7.

8.5 Caracteres biológicos

A vida média dos ratos é de dois anos em laboratório, e de 1 ano no seu "habitat".

Alcançam a maturidade sexual entre 2 e 3 meses de idade (Gênero **Rattus**) e entre 1,5 a 2 meses (Gênero **Mus**). Após a maturidade sexual, sua fertilidade é permanente.

O cio ocorre 48 horas após cada parição.

O período médio de gestação é de 22 dias para o Gênero **Rattus** e de 19 dias para o Gênero **Mus.**

Seus sentidos são bem desenvolvidos, com exceção da visão, a qual não lhes é essencial, em virtude dos seus hábitos acentuadamente noturnos.

Têm um excelente senso de equilíbrio, marinham com grande facilidade, percorrem a nado consideráveis distâncias, mergulham bem e saltam com desenvoltura, tanto horizontal como verticalmente.

Usam sempre os mesmos caminhos, enquanto estes se mantiverem seguros. Assim, entre o abrigo e o alimento, podem-se observar marcas definidas, deixadas em sucessivas e contínuas roçaduras dos seus corpos.

Quadro 6 — Caracteres morfológicos dos ratos.

Espécie / Caráter	Rattus norvegicus	Rattus rattus	Mus musculus
Tamanho (médio, da ponta do focinho à da cauda)	45 cm	45 cm	18 cm
	24 cm (cabeça + corpo) + 21 cm (cauda)	19 cm (cabeça + corpo) + 26 cm (cauda)	9 cm (cabeça + corpo) + 9 cm (cauda)
Peso médio	450 g	250 g	20 g
Corpo	Robusto, focinho rombo	Esbelto, focinho afilado	Pequeno, delicado, focinho afilado
Cauda	Mais clara na parte inferior, forte e cônica, pouca mobilidade	Cor única, esbelta, diâmetro quase uniforme, grande mobilidade	Seminua
Orelhas	Pequenas (1/3 da cabeça) unidas à cabeça e peludas.	Grandes (1/2 da cabeça), proeminentes e quase nuas.	Relativamente grandes e proeminentes
Olhos	Pequenos	Grandes	Pequenos
Pés	Com ligeiras membranas interdigitais	Sem membranas interdigitais	Sem membranas interdigitais

Quadro 7 — Caracteres morfológicos que permitem distinguir um camundongo de um rato jovem.

Gênero / Órgão	MUS (adulto)	RATTUS (indivíduo jovem)
Cabeça	Pequena	Grande
Pés	Proporcionalmente pequenos	Desproporcionalmente grandes
Testículos	Proporcionalmente grandes	Inaparentes
Tetas	Aparentes	Inaparentes

Tais marcas tornam-se visíveis, quer pela grama rarefeita, quer por faixas escuras peculiares ao longo de paredes, rodapés, etc. (trilhas), e em torno de vigas, barrotes e outros obstáculos que o rato tem de ultrapassar (voltas).

Mesmo onívoros, têm suas preferências alimentares. O **R. norvegicus** aprecia mais carnes, peixes, restos de comida, animais mortos, ovos e cereais. O **R. rattus** prefere cereais, legumes e frutas. O **M. musculus**, cereais, gorduras, queijos e substâncias doces (não açúcar puro).

Os espécimes do gênero **Rattus** precisam beber água, o que não acontece com os do gênero **Mus**, os quais retiram a pouca água de que necessitam dos cereais por eles metabolizados.

Os ratos abrigam-se de forma que a fonte de alimento esteja dentro de seu raio de ação, que tem os seguintes valores:

- Gênero **Rattus** — **30 a 45 m**
- Gênero **Mus** — 3 a 9 m

Para abrigar-se escolhem:

- **R. norvegicus** — lugares baixos e úmidos (galerias, porões, esgotos, etc.)
- **R. rattus** — lugares altos e secos (forros, paredes duplas, árvores, etc.)
- **M. musculus** — lugares secos e abrigados (gavetas, sacaria, etc.)

8.6 Dinâmica populacional

A população murina depende da capacidade que tem o ambiente de lhe fornecer sustento, em termos de abrigo, água, alimento, espaço e outras necessidades vitais dos roedores. Nas relações rato-meio ambiente estabelece-se um equilíbrio dinâmico, resultado do contínuo confronto das forças populacionais (natalidade, mortalidade e migração) com os fatores limitativos representados pelo ambiente físico (água e alimento, abrigo, condições climáticas); pelos inimigos naturais (parasitas e predadores) e pela competição entre espécies e entre indivíduos da mesma espécie.

8.7 Sinais da presença de ratos

- Excrementos
- Trilhas
- Pegadas (unhas, patas, cauda, pelos)
- Voltas
- Ninhos
- Roeduras
- Manchas e cheiro de urina
- Aparecimento de ratos vivos ou mortos

8.8 Medidas de controle

Podem ser:

- Permanentes: anti-ratização
- Temporárias: desratização

8.8.1 Permanentes: anti-ratização

Ação sobre o meio ambiente, visando a eliminar abrigo para o rato e impedir seu acesso ao alimento.

8.8.1.1 Abrigo

– Fazer novas construções e tornar as existentes à prova de ratos (blindagem), adotando:
- alicerces em concreto
- as paredes do pavimento térreo de material duro e liso, desde os alicerces até 60 cm do chão.
- ausência de aberturas externas com entrada livre para o rato (uso de telas, chapas de metal ou argamassa)
- proteções metálicas nos cantos de portas e janelas
- ausência de forros ou paredes duplas
- uso de defensas ou rateiras

– Eliminar esconderijos, como:
- madeira amontoada no chão
- veículos e utensílios
- entulhos
- casinholas no quintal (se mal cuidadas)
- latrinas mal cuidadas
- cercas e paredes de madeira atingindo a casa
- ervaçais e capinzais

8.8.1.2 Alimento

– Armazenar alimentos e gêneros alimentícios fora do alcance dos ratos, ou seja:
- paióis e silos de concreto armado
- sobre estrados a 60 cm do chão
- afastados de paredes, pelo menos 80 cm

– Remanejar freqüentemente os gêneros alimentícios estocados, porém não a intervalos regulares.
– Manipular adequadamente os resíduos sólidos (lixo):
- acondicionamento em recipiente tampado (lata com tampa, por exemplo) e sobre estrado elevado do chão
- coleta freqüente
- disposição final fora do alcance do rato

– Proteger alimentos destinados a animais e respectivas sobras:
- no domicílio
- em pocilgas
- em canis
- em instalações avícolas

– Abrigar pássaros e filhotes de aves.

8.8.2 Temporárias: desratização

Ação direta sobre o roedor. Matar os ratos, utilizandos meios físicos, mecânicos, biológicos, físico-químicos e químicos.

A desratização deve ter lugar depois do emprego de medidas de controle de ectoparasitas (pulverização com inseticidas – geralmente DDT a 10%), a fim de evitar a migração destes para outros animais de sangue quente; precederá, contudo, a anti-ratização, para prevenir a migração murina para outros ambientes.

- Físicos: fogo, água, gesso, ultra-som

- Mecânicos: pancada, ratoeiras, armadilhas
- Biológicos:
  – Vírus-ineficaz
  – Inimigos naturais (mangusto, jibóias e najas), problemático
  – Método Rodier (Kill Only Females) caro e pouco prático
- Físico-químicos: fumigações, com gases tóxicos: gás cianídrico ou cianogás, gás sulfuroso, cloro, acetileno, monóxido de carbono, sulfureto de carbono. Muito perigoso. Exige pessoal treinado.
- Químicos: envenenamento – perigoso para o homem e para os animais domésticos. Também exige pessoal treinado. É feito por meio de iscas e raticidas.
  – isca – veículo de veneno: escolhida de acordo com as preferências alimentares da espécie a combater; pode ser a água. Iscas envenenadas e pré-iscas (sem veneno).
  – iscas envenenadas: preparo cuidadoso, visando à eficiência (iscas frescas, veneno na proporção recomendada, distribuição uniforme do veneno na isca); e à segurança (uso de protetores na manipulação – luvas, máscaras, etc. – iscas de proporções reduzidas, adição de emético à isca). Distribuição preferindo locais freqüentados pelos ratos, ao longo de trilhas, abrigando as iscas em manilhas ou caixas de madeira providas de um orifício para permitir a passagem do rato; uso de rótulos nas iscas envenenadas e de avisos e cartazes, emprego antecipado de pré-isca, quando se vai usar dose única de veneno.

Raticidas:
- de dose única: cila vermelha, estricnina, compostos arsenicais e fosforados, sais de tálio, ANTU, 1080 e 1081.
- cumulativos: anti-coagulantes – Warfarin, Fumarin, Pival

No mercado brasileiro:
ORVAL – Sulfato de Tálio, Fórmula básica: cereais, alta concentração
BRUMOLINE – 0,75% – Warfarin. Fórmula holandesa, alta concentração
RACUMIN – 0,375% – Warfarin (Bayer), alta concentração
ZÉLIO – 2,5% – Sulfato de Tálio (Bayer), alta concentração
TOMORIN – 5 – pelotas com 0,03% de cloro – cumarina, correspondendo a 0,025% de Warfarin (Geigy).
TOMORIN – 1% de cumacloro (Geigy), alta concentração
PASTA ELECTRA – Fósforo
Raticidas líquidos à base de 1080, a 1% (para diluir na água)

BIBLIOGRAFIA

1. COSTA, Lima A. **Insetos do Brasil.** Escola Nacional de Agronomia, 1959, 1º tomo. (Série Didática nº 2).
2. FORATTINI, O.P. **Entomologia médica.** São Paulo, 1962. 3v.
3. FREEDEN, F.R. **Egg lying habits, over wintering stages and life cicle of simulium mall. Diptera-simulidae.**
4. GALLO, Domingos. **Manual de entomologia.** São Paulo, Esc. Sup. de Agr. Luiz de Queiroz, 1970.

5. GIANOTTI, Oswaldo et alii. Noções básicas sobre praguicidas. **O Biológico. Revista dos Técnicos do Instituto Biológico,** São Paulo, (8-9) ago./set. 1972.
6. LIXO e limpeza pública; Curso Livre. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública; Org. Sanit. Panamericana, 1969.
7. MELLO, J.R. Esmeralda. Noções básicas sobre praguicidas. **O Biológico. Revista dos Técnicos do Instituto Biológico,** São Paulo, (8-9) ago./set. 1972.
8. PESSOA, Samuel. **Parasitologia médica.** São Paulo, 1949.
9. PIEDADE, José Renato. **Química dos pesticidas.** São Paulo, Instituto Biológico, 1962.
10. VARGAS, L. **Simulidos del nuevo mundo.** (Inst. de Salud y Enf. Trop. Nunografia nº 1).
11. VULCANO, M. **A catalogue of the diptera of the American South of the United States.** São Paulo, Dep. Scol. Sec. da Agricultura, 16, p. 44.
12. ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE SAÚDE PÚBLICA. **Profilaxia das doenças transmissíveis;** relatório oficial. Edição da Repartição Sanitária Panamericana. Escritório Regional da OMS. Washington, D.C., 1973. (Publicação nº 265).
13. BARRETO, João de Barros. **Compêndio de higiene.** Editora Guanabara, 1951.
14. BIER, Otto. **Bacteriologia e imunologia em suas aplicações à medicina e à higiene.** 16. edições Melhoramentos. São Paulo, EDUSP, 1975.
15. CONTROL of rati and mice. Ed. Dennis Chitty, Oxford, Clavendon, 1954.
16. EUA. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Services & CPEHS. Environmental Control Administration. **Control of domestic rats and mice.** 1969. (Publication nº 563).
17. _____. **Rodent — Borne disease control through rodente stoppage.** Atlanta, National Communicable Disease Center, 1968.
18. _____. **Rodent eradication and poisoning programs.** Atlanta, Communicable Disease Center, 1967.
19. MATILLA, Valentin-Gomes & PIÉDROLA, Gonzalo-Gil. **Los roedores reservórios y vectores de enfermedades infecciosas y parasitarias. Estudio especial de ratas y ratones. Desratizacion en la ciudad y en el campo con los nuevos raticidas sinteticos.** Madrid, 1950. (Publicação do Instituto Español de Medicina-Colonial).
20. MOOJEN, João. **Os roedores do Brasil.** Rio de Janeiro, Instituto Nacional do Livro. Biblioteca Científica Brasileira, 1952. (Série A-2).
21. OPERATIONAL memorandum — Warfarin H T D S 7/12/50. Savannah, Technical Development Services. Communicable Disease Center. Public Health Service.
22. PROGRESSOS da medicina. Edição do Depto. Científico da Indústria Química e Farmacêutica Schering, 1954. v. 3, p. 184-5.
23. RAT — borne disease — prevention and control. Georgia, Federal Security Agency. Public Health Service. Communicable Disease Center-Atlante, 1943.
24. RAT control. Conservation Bulletin, US Dept. of the Interior. Fish and Wildlife Service.
25. SANTOS, Eurico. **Combate aos ratos;** publicação do Serviço de Informações Agrícolas — M.A. Rio de Janeiro, 1948.

CAPÍTULO V
POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

ALVINO GENDA

Formação Profissional
- Engenheiro Industrial — modalidade Química pela Faculdade de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

V – POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

1 CONCEITUAÇÃO DA POLUIÇÃO

Poluição das águas é qualquer alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas capaz de pôr em risco a saúde, a segurança e o bem-estar das populações ou que possa comprometer a fauna ictiológica e a utilização das águas para fins agrícolas, comerciais, industriais e recreativos.

De uma maneira geral, ao se combater a poluição, está-se salvaguardando a Saúde Pública, pela redução ou eliminação dos fatores de contaminação das águas. Entende-se por CONTAMINAÇÃO um caso particular de poluição, provocado pela introdução de elementos em concentrações nocivas à saúde humana, tais como organismos patogênicos, substâncias tóxicas e radioativas, em corpos de água.

2 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Nenhum recurso natural, com exceção talvez do ar, apresenta tantos usos legítimos quanto a água. O homem, em sua moderna vida social e industrial, utiliza a água para múltiplos fins, tais como:

- abastecimento doméstico;
- abastecimento industrial;
- matéria-prima para indústrias;
- fonte de proteínas;
- recreação;
- irrigação;
- dessedentação de animais;
- geração de energia;
- transporte, e
- diluição de despejos.

Qualquer programa de controle de qualidade da água deverá ter como objetivo primordial assegurar o uso racional do recurso hídrico, a fim de que a sua utilização para fins de destinação final de detritos não venha comprometer outros usos, também legítimos.

3 PRINCIPAIS TIPOS DE FONTE DE POLUIÇÃO

A poluição das águas é originada principalmente de quatro tipos de fonte:

3.1 Poluição natural

Trata-se de uma forma de poluição quase sempre não associada à atividade humana e causada principalmente por:

a) chuvas;
b) erosão das margens dos rios;
c) salinização;
d) decomposição de vegetais.

3.2 Poluição agropastoril

É um tipo de poluição decorrente das atividades ligadas à agricultura e pecuária, através do uso de:

a) herbicidas;
b) fungicidas;
c) inseticidas;
d) fertilizantes e
e) excrementos de animais.

3.3 Poluição urbana

Trata-se de uma modalidade de poluição acarretada por esgostos sanitários lançados direta ou indiretamente aos cursos d'água. Paralelamente aos aspectos relacionados com a poluição, eles podem vir a constituir um fator de contaminação das águas.

3.4 Poluição industrial

É quase sempre o fator de maior significado em termos de poluição; é constituído pelos resíduos líquidos dos processamentos industriais em geral.

Como principais indústrias poluidoras, podem-se citar:

a) fábrica de papel e celulose;
b) indústrias alimentícias;
c) indústrias químicas;
d) indústrias siderúrgicas e metalúrgicas;
e) indústrias têxteis;
f) matadouros e frigoríficos;
g) curtumes.

Enquanto que nos principais centros mais desenvolvidos do País a poluição da água é decorrente do binômio urbanização-industrialização, na grande maioria dos núcleos urbanos ainda predomina, como fator de poluição, o lançamento "in natura" do esgoto sanitário. Este tipo de descarte, por ser um processo inadequado de destinação final de esgotos, é condenado universalmente por seus efeitos deletérios, já conhecidos, sobre a flora e a fauna das águas.

Em geral, os corpos d'água possuem a capacidade natural de promover a autodepuração dos detritos. No entanto, quando a quantidade de dejetos lançados é demasiada, registra-se uma progressiva degradação das condições sanitárias.

Portanto, a escolha do corpo receptor deverá ser precedida de um estudo minucioso, principalmente quanto a sua vazão, em confronto com a carga poluidora a ser lançada. O ponto de lançamento do esgoto, mesmo que tratado, deve situar-se à jusante do núcleo urbano e, portanto, também do ponto de captação de água para abastecimento público. Em regiões litorâneas, deverão ser levados em conta os ventos, as marés e, principalmente, as correntes marítimas preferenciais, para que possam ser preservadas as áreas balneárias.

4 TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO E RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

Existem processos de tratamento de esgotos sanitários bastante simples, de baixo custo e eficientes, os quais poderiam ser aplicados principalmente às pequenas comunidades. São eles:

4.1 Lagoas de estabilização ou lagoas de oxidação

Este sistema é projetado na base de 6 a 12 m^2 por pessoa servida. A profundidade útil é de aproximadamente 1,00 m. O período de detenção deve variar de 40 a 60 dias. Consegue-se uma redução da carga poluidora de 90 a 95%.

4.2 Valos de oxidação

Este sistema é projetado na base de 300 litros por pessoa servida. A profundidade é de aproximadamente 1,00 m. A aeração é garantida através de rotores acionados por motores elétricos. Consegue-se uma redução da carga poluidora em torno de 95%.

4.3 Bacias ou celas aeradas artificialmente

O sistema é projetado com períodos de detenção de 2 a 3 dias, profundidade de 1,50 a 2,50 m e com equipamentos mecânicos de aeração. É assegurada uma redução da carga poluidora de aproximadamente 50 a 60%.

Nos grandes conglomerados urbanos geralmente constroem-se instalações de tratamento do tipo convencional, com estrutura de concreto e equipamentos especiais.

Muitas vezes é suficiente o tratamento primário, que inclui as seguintes unidades:

a) grade de barras;
b) caixa de areia;
c) decantador primário;
d) tanque de digestão de lodos;
e) leito de secagem de lodos.

Este tratamento reduz a carga poluidora de 35 a 40%.

Sempre que houver necessidade de uma depuração maior adota-se um tratamento biológico (tratamento secundário), que inclui, além do tratamento primário, o processo de filtros biológicos ou de lodos ativados e decantador secundário.

O processo de filtro biológico fundamenta-se na depuração por ação de contato, isto é, por efeito do meio biológico. O sistema é constituído basicamente de um dispositivo de distribuição de águas residuárias pré-decantadas sobre um leito de pedras que é atravessado pelo líquido e pelo ar.

O processo de lodos ativados é baseado na aeração da mistura de águas residuárias com lodos condicionados; é o mais eficiente e o de maior aplicação na época atual, embora sua operação exija pessoal especialmente treinado.

4.4 Redução de cargas poluidoras industriais

Quanto aos resíduos industriais, a escolha de qualquer sistema de tratamento deverá necessariamente ser precedida de um estudo detalhado sobre o funcionamento das diferentes unidades da indústria em questão, pois, muitas vezes, a redução da carga poluidora poderá ser conseguida através da adoção de medidas relativamente não muito dispendiosas, tais como:

a) mudança de processo;
b) modificação de equipamentos;
c) segregação de resíduos;
d) equalização de resíduos;
e) recuperação de produtos.

Apresentamos, na página seguinte, um quadro ilustrativo com uma relação dos principais tipos de indústrias e as respectivas medidas tendentes à redução da carga poluidora.

5 RECEBIMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS PELA REDE DE ESGOTOS

5.1 Redução da carga poluidora

A redução da carga poluidora de resíduos líquidos de indústrias situadas em áreas urbanas pode ser conseguida com a adoção das seguintes medidas de ordem sanitária:

5.1.1 Tratamento individualizado

É o caso em que cada indústria se encarrega de instalar, operar e manter convenientemente o seu próprio sistema de tratamento completo de resíduos líquidos.

Quadro 8 — Tipos de indústrias e respectivos sistemas de redução de carga poluidora.

TIPO DE INDÚSTRIA	SISTEMA DE REDUÇÃO DA CARGA POLUIDORA E SUA DISPOSIÇÃO
1 Conservas	Peneiramento, lagoa, absorção pelo solo ou irrigação por borrifo (difusão de gotas).
2 Laticínios	Tratamento biológico, aeração; filtração biológica, tratamento por processos de lodos ativados.
3 Cervejarias e destilarias	Recuperação de matéria-prima, concentração por centrifugação e evaporação, filtro biológico; uso em ração.
4 Carne	Peneiramento, sedimentação e/ou flotação, filtração biológica.
5 Usinas de açúcar e álcool	Utilização do restilo na lavoura, como adubo. Tratamento em lagoas de estabilização para o restante dos resíduos líquidos, reusos.
6 Produtos farmacêuticos	Evaporação e queima: uso em rações
7 Levedura	Digestão anaeróbia, filtro biológico.
8 Picles	Bons métodos de trabalho, peneiramento, equalização.
9 Cozimento de arroz	Coagulação com cal.
10 Têxteis	Neutralização, precipitação química, tratamento biológico, aeração e/ou filtração biológica.
11 Curtume	Equalização, sedimentação e tratamento biológico.
12 Lavanderia comercial	Peneiramento, precipitação química, flotação e adsorção.
13 Amido de milho	Equalização, filtração biológica.
14 Explosivos	Flotação, precipitação química, tratamento biológico, aeração, cloração do TN, neutralização.
15 Inseticidas	Diluição, armazenagem, adsorção por carvão ativado, cloração alcalina.
16 Fosfato e fosforoso	Tratamento em lagoas de estabilização, clarificação mecânica, coagulação e sedimentação do resíduo purificado.
17 Formaldeído	Filtração biológica, adsorção em carvão ativado.
18 Papel e celulose	Sedimentação, tratamento em lagoa de oxidação, tratamento biológico, aeração, recuperação de subprodutos.
19 Aço	Neutralização, recuperação e reuso, coagulação química.
20 Produtos revestidos de metal	Cloração alcalina de ciameto, redução e precipitação de cromo, e precipitação de outros metais com a cal.
21 Produtos de fundição de ferro	Peneiramento seletivo, secagem de areia recuperada.
22 Borracha	Aeração, cloração, sulfonação, tratamento biológico.

A eficácia do sistema depurador em questão deve garantir uma qualidade de efluente em nível tal que a sua descarga direta no curso d'água seja plenamente aceitável em termos sanitários.

5.1.2 Tratamento global

É o caso em que o efluente líquido industrial é lançado na rede coletora de esgotos sanitários para um tratamento conjunto. Neste caso, tanto a instalação como a operação e manutenção adequadas do sistema global de tratamento em questão são da responsabilidade do poder público.

Obviamente este sistema também deve garantir um padrão de efluente aceitável, tendo em vista as condições sanitárias do corpo receptor. Em outras palavras, o lançamento não deverá deteriorar o recurso hídrico de tal maneira a provocar alterações profundas na ecologia aquática. Tal fato poderia fazer com que o corpo receptor viesse a apresentar um padrão sanitário em desacordo com o permitido para sua clase. As classes dos corpos d'água serão expostas a seguir.

5.2 Classificação dos recursos hídricos

De acordo com os usos preponderantes, as águas interiores do Território Nacional estão classificadas em quatro classes, conforme Portaria GM/0013/15/Janeiro/1976: SEMA — Secretaria Especial do Meio Ambiente (Ministério do Interior).

1 Classe 1 — águas destinadas:
a) ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção.

2 Classe 2 — águas destinadas:
a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
b) à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas;
c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).

3 Classe 3 — águas destinadas:
a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
b) à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora;
c) à dessedentação de animais.

4 Classe 4 — águas destinadas:
a) ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado;
b) à navegação;
c) à harmonia paisagística;
d) ao abastecimento industrial, irrigação e a usos menos exigentes.

Nas águas de classe 1, não serão tolerados lançamentos de efluentes, mesmo tratados.

Para as águas de classe 2, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:
a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais; virtualmente ausentes;
b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
e) não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite indicativo da existência de condições bacteriológicas relativamente boas, para a

recreação de contato primário (balneabilidade), será de até 5.000 coliformes totais em mais de 80% de, pelo menos, 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês.

f) DBO/5 dias, 20°C, até 5 mg/l;
g) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l;
h) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):
   - Amônia: 0,5 mg/l
   - Arsênico: 0,1 mg/l
   - Bário: 1 mg/l
   - Cádmio: 0,01 mg/l
   - Cromo: 0,05 mg/l
   - Cianeto: 0,02 mg/l
   - Cobre: 1 mg/l
   - Chumbo: 0,1 mg/l
   - Estanho: 2 mg/l
   - Fenóis: 0,001 mg/l
   - Flúor: 1,4 mg/l
   - Mercúrio: 0,002 mg/l
   - Nitrato: 10 mg/l de N
   - Nitrito: 1 mg/l de N
   - Selênio: 0,01 mg/l
   - Zinco: 5 mg/l

Para as águas da classe 3, são estabelecidos os mesmos limites ou condições das da classe 2, à exceção dos seguintes:

a) números de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros, em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;
b) DBO/5 dias, 20°C, até 10 mg/l;
c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l.

Para as águas de classe 4, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
b) odor e aspecto: não objetáveis;
c) fenóis: até 1 mg/l;
d) OD superior a 0,5 mg/l em qualquer amostra.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

a) pH entre 5 e 9;
b) temperatura inferior a 40°C;
c) materiais sedimentáveis até 1 ml/litro em teste de 1 hora com cone Imhoff;
d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média diária;
e) ausência de materiais flutuantes;
f) óleos e graxas até 100 mg/l;
g) substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais, de acordo com limites a serem fixados pela SEMA;
h) tratamento especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos e forem lançados em águas

destinadas à recreação primária e à irrigação, qualquer que seja o índice de coliforme inicial.

Os efluentes, além de obedecerem aos limites do item anterior, não deverão conferir ao corpo receptor características que o coloquem em desacordo com o seu enquadramento nos termos desta Portaria, cabendo ao órgão executivo de controle da poluição exercer a necessária fiscalização.

As autoridades competentes de controle de poluição das águas poderão acrescentar novos parâmetros, ou tornar mais restritivos os estabelecidos nesta Portaria, tendo em vista as condições locais.

5.3 Vantagens do tratamento global

Da adoção do sistema de tratamento global advém uma série de vantagens em relação ao tratamento realizado individualmente pelas indústrias:

5.3.1 Economia de escala, principalmente no que concerne a terrenos, estudos e projetos, construções e equipamentos.

5.3.2 O tratamento individualizado implicaria numa demanda de mão-de-obra especializada em quantidade muito além da disponível atualmente no mercado de trabalho. Note-se que no Brasil ainda há pouca disponibilidade de pessoal técnico capaz de operar e manter convenientemente os sistemas depuradores de águas residuárias, com certo grau de sofisticação que a técnica possa vir a exigir.

5.3.3 O tratamento e a disposição final do lodo serão muito facilitados no caso de o sistema depurador ser centralizado. Convém lembrar que o tratamento de lodo e a sua disposição final, sanitariamente satisfatória, costumam atingir quase 50% do custo total do capital e da operação da instalação de tratamento.

5.3.4 A ação fiscal do Governo sobre as condições de funcionamento de um grande número de sistemas de tratamento nunca poderá ser bastante eficiente. Conseqüentemente, o risco de poluição das águas advindo de um mau funcionamento desses sistemas sempre será maior.

5.3.5 Quando o tratamento final for unificado, conseqüentemente haverá um único efluente a ser avaliado e fiscalizado pelo órgão de controle da poluição. Isto trará uma economia muito grande no que concerne ao controle da poluição, já que o seu custo cresce vertiginosamente com o número de amostras a serem analisadas pela equipe de laboratório.

5.3.6 Em certas áreas urbanas densamente ocupadas, como as de São Paulo e ABC (São Bernardo do Campo, Santo André e São Caetano do Sul), grande parte das indústrias não possui áreas disponíveis para a implantação de um sistema completo de tratamento e, em outros casos, o terreno naqueles locais é bastante valorizado.

5.3.7 As indústrias, quando situadas em locais bastante distantes de corpos d'água, não terão outra alternativa, a não ser o lançamento dos seus efluentes na rede de esgotos.

Embora o princípio de disposição conjunta dos despejos industriais com esgotos sanitários seja aceito em países com muitos anos de experiência no controle da poluição, poderão existir, como exceção à regra, casos em que o tratamento em separado possa ser justificado sob os aspectos técnico e econômico.

5.4 Lançamento na rede pública

A aceitação de efluentes líquidos industriais na rede de esgotos para tratamento em

conjunto com os esgotos domésticos requer um efetivo controle da quantidade de cada lançamento, tendo em vista:

a) Proteção da canalização dos esgotos;
b) proteção do pessoal de operação e manutenção;
c) garantia à proteção do sistema de tratamento e à eficiência do seu desempenho.

Para um estudo pormenorizado dos padrões a serem lançados na rede, devem ser levados em consideração os seguintes itens:

1) Definição prévia do uso a ser dado ao corpo receptor do efluente final da estação de tratamento global.
2) Eficiência do sistema de tratamento, principalmente no que tange ao processo a ser adotado, e à suscetibilidade do mesmo diante de materiais tóxicos inibidores do metabolismo bacteriano.
3) Quantidade de despejos industriais comparada com a quantidade de esgotos domésticos, dada a possibilidade de diluição de substâncias tóxicas.
4) Método de disposição do lodo, já que a sua possibilidade de aproveitamento é função da quantidade de substâncias tóxicas, principalmente na agricultura.

Como exemplo, no Estado de São Paulo a qualidade dos despejos a serem recebidos pelo sistema público de esgotos, dotado de tratamento global, é regulamentada pelo Artigo 19 do Regulamento da Lei nº 997, de 31/05/76, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976.

5.5 Considerações complementares

As indústrias que lançam os seus resíduos líquidos nos corpos d'água arcam com os custos de um tratamento completo. As indústrias que se servem da rede coletora são oneradas com o custo referente a um pré-tratamento, quando necessário, e com a tarifa. Esta tarifa vem a ser o reembolso do custo dos serviços prestados pelo órgão responsável pela coleta, transporte, tratamento e disposição final das águas residuárias; para o seu cálculo, deve-se levar em conta, obviamente, tanto a quantidade como a qualidade do efluente recebido pelo sistema coletor.

O órgão responsável pelo controle da poluição deverá estar capacitado a apresentar pormenores ligados ao efluente, aos industriais que são convocados a pagar pelo lançamento na rede.

A possibilidade de escolha entre as duas alternativas, após a devida comparação de custos, levará o interessado a estudar os caminhos e meios para se enquadrar nos dispositivos legais, de maneira mais conveniente em termos empresariais.

No Estado de São Paulo, a SABESP (empresa de economia mista, sob controle acionário do Governo) está implantando um sistema que visa o tratamento conjunto de resíduo do líquido industrial com o esgoto sanitário das áreas urbanizadas da Grande São Paulo, encarregando-se, conseqüentemente, tanto da sua coleta, como do seu afastamento.

6 MALEFÍCIOS DA POLUIÇÃO

O estágio de degradação dos recursos hídricos, em alguns centros urbanos, já se apresenta em proporções consideráveis, principalmente quando o corpo receptor dos resíduos poluidores é utilizado como fonte de captação de águas ou como áreas balneárias. Cabe salientar que o risco à saúde pública se acentua, em razão do fato de que os

sistemas de abastecimento de água de grande parte das cidades brasileiras ainda são desprovidos de tratamento eficiente.

Os danos decorrentes da poluição dos cursos d'água, em síntese, podem ser relacionados como segue:

a) danos aos abastecimentos públicos de água situados a jusante do ponto de descarga, em razão da poluição bacteriana e das variações imprevisíveis da qualidade das águas, com conseqüente dificuldade de tratamento;
b) danos causados aos abastecimentos industriais de água situados a jusante, em decorrência da elevação do custo de tratamento, corrosão, obstruções e entupimento de tubulações;
c) inconvenientes relativos à utilização das águas receptoras para fins recreativos ou práticas desportivas, dado o risco de contaminação bacteriana, infestação de parasitas e inconveniências de ordem estética;
d) danos causados à indústria da pesca, pela destruição de peixes ou a sua inutilização para fins alimentares;
e) prejuízos à agricultura e pecuária, em virtude da condenação do leite produzido na região, morte de animais, assim como depreciação das terras.

7 FENÔMENO DA AUTODEPURAÇÃO

As bactérias aeróbias, para garantirem o seu processo metabólico, utilizam-se da matéria orgânica e do oxigênio dissolvido na água, provocando a conseqüente mineralização do poluente orgânico biodegradável, que é representado, em grande parte, pelos materiais carbonáceos. O consumo do material poluente é, portanto, realizado com um concomitante dispêndio de oxigênio dissolvido, que é vital para os seres aquáticos. A existência do oxigênio no seio da massa líquida é assegurada basicamente por dois fenômenos distintos:

a) reaeração;
b) reoxigenação.

A reaeração consiste na absorção do oxigênio do ar atmosférico e depende da superfície de exposição, da temperatura, da profundidade e principalmente da agitação das águas decorrente da ação dos ventos, corredeiras e acidentes geográficos.

A reoxigenação consiste no ganho de oxigênio em decorrência da ação fotossintética dos organismos clorofilados que habitam o corpo receptor, principalmente as algas.

8 PERTURBAÇÕES DAS CONDIÇÕES ECOLÓGICAS DE UM CORPO RECEPTOR DE POLUENTES

Para a efetivação do levantamento sanitário de um curso d'água, é interessante que se conheça o seu estágio do processo de degradação, em decorrência de um lançamento qualquer, através de algumas evidências facilmente perceptíveis, até mesmo à vista desarmada, durante uma inspeção "in loco".

Os referidos estágios de degradação, pelas suas condições físicas, químicas e biológicas próprias, podem vir a constituir diferentes zonas de poluição ao longo do curso d'água, a jusante da recepção dos poluentes.

As zonas de poluição referidas são as seguintes, com as respectivas características:

8.1 Zona de degradação

a) início da degradação bacteriana da matéria orgânica;
b) destruição dos seres fotossintetizantes;
c) apresentação da água com aspecto sujo;
d) emigração ou destruição de peixes.

Este trecho é compreendido entre o ponto de lançamento do poluente e o local em que o oxigênio dissolvido se apresenta com teor de 40% de saturação.

8.2 Zona de ativa decomposição

a) desprendimento de gases e mau cheiro;
b) águas pardacentas e negras;
c) presença de lodo na superfície da água;
d) destruição de peixes.

Trata-se de um trecho intermediário, compreendido entre os limites caracterizados por apresentarem um teor de oxigênio dissolvido inferior a 40% da saturação. Este trecho caracteriza-se por se apresentar em piores condições sanitárias, com o seu oxigênio dissolvido chegando muitas vezes próximo a zero.

8.3 Zona de recuperação

Este trecho é caracterizado pela recuperação gradativa das condições sanitárias do curso d'água, com conseqüente:

a) aclaramento das águas;
b) aparecimento de algas;
c) surgimento de peixes, pelo aparecimento de seu alimento (seres menores) e oxigênio.

Esta zona compreende o trecho desde onde o oxigênio dissolvido se apresenta com teor de 40% em relação à situação, até praticamente à saturação (condição anterior ao lançamento do poluente).

9 BACIA HIDROGRÁFICA PRIORITÁRIA PARA CONTROLE

Deve-se salientar que nenhuma atividade concernente à prevenção ou melhoria das condições sanitárias dos recursos hídricos pode ser levada a efeito fragmentariamente, sem se subordinar a um planejamento de ordem governamental, quer sejam entidades públicas federais, estaduais ou mesmo municipais.

Em virtude da natural impossibilidade de se poderem resolver todos os problemas atinentes à poluição das águas do Estado, ou de uma determinada região, é mister que se estabeleça uma escala de prioridades para o enfoque da ação controladora das mesmas. Na medida do possível, é necessário que o escalonamento dessas prioridades seja realizado com bases nas reais conveniências, em termos sanitários e ecológico.

Os fatores intervenientes que condicionam a fixação de prioridades costumam ser:

a) grau de poluição de recursos hídricos, com conseqüente deterioração da fauna e flora aquáticas (alterações ecológicas, com decorrente mortandade de peixes);
b) fonte de água para abastecimento público, pois a sua degradação acarreta dificuldades no tratamento. O serviço público local, no tocante ao serviço de água, poderá ser prejudicado, e esta água, mesmo tratada, não poderá ser distribuída ao consumo público, por apresentar persistência de cor, odor, sabor, quando não, seres patogênicos responsáveis pela veiculação de doenças;
c) perspectivas de surto desenvolvimentista local, verificada pela análise dos fatores condicionantes de progresso, tais como:
   - energia elétrica
   - mão-de-obra
   - água
   - matéria-prima
   - mercado consumidor
   - vias de comunicação e transporte
   - instalação de organismos públicos ou particulares que constituam centros polarizadores de progresso.

10 ATIVIDADES PRELIMINARES DA IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE

A implantação do controle de poluição deve ser precedida de uma série de atividades que podem ser sintetizadas em:

a) um estudo suficiente da problemática da poluição das águas, suas implicações sociais e econômicas e aspectos doutrinários da ação de controle;
b) um planejamento adequado da atividade de controle;
c) uma programação realista em face do nível de importância do problema e dos meios realmente disponíveis para garantir a exeqüibilidade da atividade controladora.

11 ETAPAS DO PLANEJAMENTO

A elaboração de um planejamento adequado da atividade controladora deve ser baseada em:

a) levantamento sanitário de bacias hidrográficas, tendo em vista as fontes poluidoras e os corpos receptores de poluentes;
b) determinação do uso ótimo do recurso hídrico;
c) fixação de metas a serem alcançadas a curto, médio e longo prazos;
d) avaliação dos recursos necessários e disponíveis para a efetivação da ação controladora;
e) prioridades e alternativas no tocante ao enfoque de áreas críticas.

12 LEVANTAMENTO SANITÁRIO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O levantamento sanitário de uma bacia hidrográfica nada mais é do que o retrato de suas condições sanitárias, vindo a constituir um instrumento através do qual se pode estabelecer um esquema racional de trabalho.

Entende-se por racionalidade dos trabalhos, o enfoque que se deve dar a áreas prioritárias de controle, com conseqüente economia de tempo e trabalho e, por conseguinte, de custo.

Em termos técnicos, obtém-se o conhecimento detalhado dos fatores de poluição e o conseqüente impacto dos mesmos no corpo receptor de poluentes.

Em termos administrativos, obtém-se o conhecimento suficiente das possibilidades econômicas das entidades poluidoras em poderem providenciar os seus sistemas de tratamento de resíduos líquidos em um determinado prazo, ou mesmo das necessidades eventuais de financiamento.

O conhecimento detalhado das condições locais, tanto nos aspectos diretamente ligados às condições sanitárias, como nos aspectos referentes aos múltiplos fatores condicionantes do surto desenvolvimentista de uma determinada localidade, é de grande importância a uma entidade de controle. Tal conhecimento é fundamental para a adequação

das medidas corretivas e, principalmente, preventivas, tendentes à minimização da poluição.

Os múltiplos aspectos que, naturalmente, deverão ser abordados num levantamento sanitário poderão ser sintetizados nos seguintes tópicos principais:

1 Descrição geral do rio.
2 Discussão dos usos múltiplos e legítimos da água.
3 Explanação do método de estudo adotado.
4 Descrição das fontes de poluição.
5 Abordagem dos resultados dos exames efetuados.
6 Discussão dos efeitos das descargas poluidoras na qualidade da água.
7 Hierarquização das cargas poluidoras e o grau de redução necessária.
8 Conclusões finais e recomendações.
9 Apenso (plantas, mapas, laudos de análises, etc.).

13 ETAPAS DA ATIVIDADE DE CONTROLE

13.1 Fase da identificação

Esta fase se consubstancia numa visão preliminar da situação sanitária das fontes de poluição e dos corpos receptores de poluentes.

13.2 Fase da avaliação

Trata-se do reconhecimento pormenorizado das condições sanitárias dos corpos receptores e fontes de poluição, principalmente através de inspeções "in loco" e dados de laboratório.

13.3 Fase de controle

Esta fase consiste na adoção de medidas técnico-administrativas, visando a minimização das fontes de poluição.

13.4 Fase da fiscalização

Trata-se da averiguação do cumprimento das medidas de controle preconizadas ou impostas.

14 TIPOS DE ATIVIDADE

14.1 Ação normativa (fases da identificação e avaliação)

Trata-se de uma série de atividades, quase que exclusivamente de ordem técnica, ligadas à avaliação pormenorizada das condições sanitárias dos corpos receptores e dos aspectos relacionados com o controle das fontes poluidoras.

14.2 Ação executiva (fases do controle e da fiscalização)

Trata-se de uma série de atividades de ordem técnica, e principalmente administrativa, ligadas à preconização e imposição de medidas, visando a redução das fontes de poluição.

15 TIPOS DE CONTROLE

15.1 Controle preventivo

a) planejamento territorial, visando uma exploração racional da terra (planos diretores, áreas industriais, proteção de nascentes, etc.);
b) condicionamento da concessão do alvará de implantação, funcionamento ou ampliação de estabelecimentos à apresentação do projeto de sistemas de tratamento de resíduos líquidos;
c) condicionamento da concessão da permissão de captação de água de mananciais à apresentação do projeto de sistemas de tratamento de resíduos líquidos;
d) esclarecimentos de ordem técnica e administrativa e de incentivos de ordem financeira, visando a localização conveniente de futuras entidades poluidoras;
e) tomada de medidas administrativas, visando incentivar a implantação de fatores condicionantes do desenvolvimento industrial em uma determinada área, em detrimento de uma região cujos mananciais devam ser preservados em termos sanitários;
f) educação da população em assuntos atinentes ao problema da poluição das águas.

Este país está atravessando atualmente uma fase de sua história em que se registra um processo de industrialização e urbanização em ritmo explosivo e sem precedentes. Esta peculiar situação impõe a criação de mecanismos de controle de poluição dirigidos para os aspectos preventivos da poluição. A corrida, através de fatos consumados, pode vir a constituir um ônus econômico e social demasiado, em face das prioridades de desenvolvimento. Neste sentido, o desenvolvimento convenientemente planejado, em termos de preservação do meio ambiente, consiste indubitavelmente na tomada de medidas preventivas realmente eficazes.

A receita de cada municipalidade costuma depender quase que exclusivamente do Imposto de Circulação de Mercadorias (ICM), tributo este reflexo da sua produção industrial. Daí a oferta de terrenos para a implantação de indústrias ter se constituído numa das principais facilidades colocadas à disposição, no intuito de incrementar o desenvolvimento industrial. Principalmente nestes casos uma tomada de decisão por parte das autoridades locais deverá ser baseada num planejamento ambiental previamente elaborado. Os setores responsáveis pela comunidade devem estar plenamente conscientizados de que a localização inadequada de uma dada fonte poluidora poderá vir a constituir, indubitavelmente, um passo quase que irreversível no que se refere à degradação da qualidade de vida.

15.2 Controle corretivo

a) Minimização das cargas poluidoras através da adoção de medidas técnico-administrativas e de incentivos de ordem financeira.
b) Atividade de fiscalização através de ações coercitivas, tais como inspeções periódicas, intimações, multas ou mesmo fechamento de indústrias.
c) Conscientização dos responsáveis pela poluição, no tocante aos malefícios causados pela água poluída.

16 SUPORTE TÉCNICO DA AÇÃO DE CONTROLE

O suporte técnico em questão é consubstanciado pela existência de uma estrutura adequada, em termos de:

a) laboratórios e equipamentos;

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

b) pessoal técnico treinado;
c) consultores;
d) meios de locomoção;
e) bibliotecas.

A equipe de trabalho em questão deverá ser multiprofissional, na qual concorram técnicos formados e treinados em diferentes campos de atividade, tais como:
a) engenheiros sanitaristas;
b) biologistas;
c) bacteriologistas;
d) químicos de nível superior;
e) técnicos-químicos e técnicos de laboratório.

17 CRITÉRIOS PARA ESTABELECIMENTO DE UMA LEGISLAÇÃO DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Numa tentativa mais didática de apresentação, pode-se dizer que as legislações de controle de poluição das águas baseiam-se, geralmente, em um ou mais dos critérios seguintes:
— critério do efluente,
— critério do corpo receptor e
— critério das cargas permissíveis.

Cada um deles apresenta vantagens e desvantagens, que se discutem a seguir.

17.1 Critério do efluente

Esse critério consiste em estabelecer restrições quanto à qualidade do efluente das fontes poluidoras. Ele é particularmente indicado para regiões onde os corpos receptores apresentam vazões muito reduzidas, ou mesmo possuam características de intermitência, como ocorre nas chamadas zonas do agreste e do sertão do nordeste brasileiro.

Em regiões onde os cursos d'água apresentam vazão considerável, as restrições ao efluente devem ser utilizadas como uma complementação às exigências decorrentes do critério do corpo receptor.

Deve-se destacar que este critério é de fácil aplicação e relativamente econômico para a entidade de controle. Ele permite esclarecer rapidamente se uma determinada fonte poluidora está ou não enquadrada na legislação vigente. Nem sempre, com este critério aproveita-se a capacidade de diluição dos cursos d'água.

17.2 Critério do corpo receptor

Este critério estabelece restrições quanto à qualidade das águas do corpo receptor. Assim, os graus de tratamento das águas residuárias tornam-se função da capacidade de diluição dos rios. O aproveitamento desta capacidade é interessante, sob o ponto de vista econômico, para as fontes poluidoras.

A grande vantagem deste critério é que ele possibilita, de certa forma, disciplinar o uso do solo e, portanto, proporcionar uma ação controladora preventiva. Para tanto, são estabelecidas classes para os cursos d'água, os quais possuem maiores ou menores exigências de qualidade para suas águas. Assim, um rio que se queira preservar para abastecimento público será enquadrado numa classe em que as suas características físico-químicas e biológicas a serem mantidas tornem problemática a implantação de novas fontes poluidoras, induzindo-as a se instalarem em outras regiões.

Os rios são enquadrados numa das diversas classes, com base no uso prevalente que se pretende dar às suas águas. Se as características atuais das águas de um rio forem piores que os padrões estabelecidos para sua classe, haverá necessidade de uma ação controladora corretiva. Após um certo tempo, caso haja uma melhora na qualidade do rio, deve-se estudar a possibilidade de passá-lo para uma classe mais nobre, o que dará continuidade à ação controladora.

O critério do corpo receptor é também de aplicação relativamente simples e econômica. Os problemas surgem quando existem diversas fontes poluidoras em diversos trechos do rio, dificultando a caracterização do poluidor.

É dificultada ainda a definição precisa do grau de tratamento da fonte poluidora, o qual depende da capacidade de diluição do rio e, portanto, de sua vazão, que varia ao longo do tempo.

17.3 Critério das cargas permissíveis

É um critério bastante racional, que consiste em determinar para cada fonte poluidora as cargas a serem lançadas, não se fundamentando, portanto, na simples qualidade do efluente. Isto exige, por parte da entidade controladora, um perfeito conhecimento da fonte poluidora, da capacidade de diluição do corpo receptor, da complexidade do tratamento, etc. Tem que se prever, também, uma carga poluidora complementar a ser preenchida por novas indústrias, pela ampliação das existentes e pelo aumento da população.

Ele é particularmente recomendado para a solução de problemas industriais que resultam de despejos de natureza peculiar, já que trata cada fonte individualmente. As indústrias são induzidas a minimizarem as cargas poluidoras com mudanças no processamento industrial e/ou aproveitamento de subprodutos. Isto requer um trabalho de pesquisa, que muitas vezes é realizado pela própria entidade de controle ou com outra entidade que lhe sirva de suporte tecnológico.

Devido a esses fatos, tal critério só tem sido empregado em regiões onde existe uma sólida experiência anterior em controle de poluição das águas.

18 UMA ENTIDADE PARA EXERCER O CONTROLE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

São várias as entidades governamentais que se interessam diretamente pelo controle da poluição das águas. No Brasil, a nível federal, além dos Ministérios do Interior (SEMA) e da Marinha (fiscalização do derrame de óleos de navios petroleiros), com atribuições de controle de poluição das águas garantidas pela lei, e da Secretaria do Planejamento, existem outros quatro: Ministério da Saúde, interessado no abastecimento público de água; Ministério de Indústria e Comércio, interessado no uso de água para abastecimento industrial e matéria-prima para indústria; Ministério da Agricultura, interessado no uso da água para irrigação e pecuária; e o Ministério da Educação e Cultura, interessado no uso da água para recreação (esportes). Em nível estadual ocorre o mesmo fenômeno, com vários organismos tendo um interesse direto no controle da poluição. Nos Estados brasileiros encontram-se entidades de controle ligadas às diversas secretarias de Estado, tais como: Saúde, Planejamento, Agricultura e Serviços e Obras Públicas. Em nível Regional, pode-se citar, por exemplo, a EMPLASA, órgão vinculado à Secretaria do Planejamento e responsável também pelo controle da poluição em toda a área da Grande São Paulo.

Em face da crescente importância que vem assumindo a proteção do meio ambiente, têm sido criados, em alguns países, Ministérios do Meio Ambiente. No Brasil foi criada em outubro de 1973 a SEMA — Secretaria Especial do Meio Ambiente, ligada ao Ministério

do Interior. Atualmente, observa-se a criação de Secretarias do Meio Ambiente em nível estadual, caso específico de São Paulo, às quais as entidades de controle da poluição das águas deverão ficar vinculadas.

Independentemente do órgão a que a entidade de controle de poluição das águas esteja vinculado, dentro do contexto administrativo estadual, é imprescindível que ela tenha pleno poder decisório nos assuntos relacionados com poluição, que possa inclusive influir no planejamento do uso do solo, e que esteja motivada para a tarefa, ou seja, que esteja numa área administrativa que tenha um interesse efetivo no controle da poluição. Uma entidade ligada a uma Secretaria do Meio Ambiente preenche cabalmente os requisitos de motivação.

O planejamento do uso do solo constitui a base de uma ação preventiva, de fundamental importância no controle da poluição. Assim, a entidade deve ter o poder de influir na localização de distritos industriais, na implantação de loteamentos, na definição de áreas a serem urbanizadas, etc.

A participação em algumas decisões de alta esfera administrativa é igualmente importante, tais como: financiamentos e incentivos fiscais para a construção de sistemas de tratamento de águas residuárias, descargas mínimas de reservatórios para fins de diluição dos despejos, etc.

Entende-se, ainda, que à entidade de controle de poluição devam estar afetos, não só aspectos ligados à qualidade de água mas também aqueles relacionados à quantidade de água. Se estes dois aspectos forem encarados separadamente, será mais difícil manter o desenvolvimento e controlar a poluição da água, ao mesmo tempo.

O nosso contexto sócio-econômico, o estágio de desenvolvimento tecnológico, os contrastes gritantes nos mais variados aspectos da vida humana, neste país com dimensões quase continentais, fazem com que necessitemos saber resolver nossos próprios problemas, geralmente sem similares. Qualquer adoção de "know-how", ou mesmo aquisição de equipamentos, que, pela sua excessiva sofisticação, não se coadunem com as realidades do nosso estágio de desenvolvimento tecnológico, ou que constituam um contra-senso, em confronto com as nossas escalas de necessidades e prioridades, seria tremendamente nociva para a nação, que, agora, como nunca, se preocupa com o seu soerguimento no contexto das mais desenvolvidas.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 3. ed. New York, 1971. 874p.
2. AZEVEDO NETTO, J.M. & HESS, Max Lothar. **Tratamento de águas residuárias.** São Paulo, DAE, 1970, 218p.
3. BRANCO, Samuel Murgel. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** São Paulo, CETESB, 1971. 3v.
4. ECKENFELDER, W.W. **Water quality engineering for practicing engineers.** New York, Barnes/Noble, 1973.
5. EUA. Environmental Protection Agency. **Water quality criteria 1972;** a report of the Committee on Water Quality Criteria. Washington, 1972. (Ecological Research Series EPA, R3 - 033)
6. EUA. Federal Water Pollution Control. **Administration water quality criteria: report of the National Advisory Committes to the Secretary of the Interior.** Washington, 1968, 234p.
7. GENDA, Alvino. **Levantamento sanitário de bacias hidrográficas: material didático para a disciplina Controle da Poluição do Meio III.** São Paulo, Departamento de Saúde Ambiental. FSP/USP, 1972. 6fls. (Apostila para o Curso de Saúde Pública para Engenheiros. Mimeografado.)
8. _____. **Levantamento sanitário de bacias hidrográficas visando o controle da poluição industrial das águas.** São Paulo, 1973. (Tese – Fac. Saúde Pública USP)
9. IMHOFF, Karl. **Manual de tratamento de águas residuárias.** São Paulo, EDUSP, 1966.
10. KITTRELL, F.W. **A pratical guide to water quality studies of streams.** Cincinnati, F.W.P.C.A., 1963, 135p.
11. MONTEIRO, Celso Eufrasio. **Aspectos legais ligados ao controle da poluição das águas;** material didático para a disciplina Controle da Poluição do Meio III. São Paulo, Departamento de Saúde Ambiental. ESP/USP, 1972. 7fls. (Apostila para o Curso de Saúde Pública para Engenheiros. Mimeografado.)
12. NEMEROW, Nelson L. **Liquid waste of industry; theories, practice and treatment.** Massachusetts, Addison-Wesley, 1971. 548p.
13. PETRIK, Miligov. Organizacion de encuestes. In: ASPECTOS de la lucha contra la contaminacion del agua. Ginebra, OMS, 1963. p.43-7. (OMS. Cuadernos de Salud Publica nº 13)
14. SÃO PAULO. Fomento Estadual de Saneamento Básico & CETESB. **Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição.** São Paulo, CETESB, 1969. 298p.
15. VELZ, C.J. Stream pollution: sampling for effective evaluation of stream pollution. **Sewage and Industrial Wastes,** Washington, **22**(5):666-84, May 1950.

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

CAPÍTULO VI
POLUIÇÃO DO AR

FERNANDO DE ARAÚJO GUIMARÃES

- Engenheiro Industrial — Modalidade Mecânica — pela Faculdade de Engenharia Industrial pela Pontifícia Universidade Católica.
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- "Master of Science" em Higiene Industrial e Poluição do Ar pela Universidade de Pitsburg.
- Doutor em Saúde Pública, pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

VI – POLUIÇÃO DO AR

1 INTRODUÇÃO: A POLUIÇÃO DO MEIO AMBIENTE

A poluição do meio ambiente é conseqüência direta da decisão humana de viver em concentrações sociais. Ela é tanto maior quanto maiores forem estas concentrações sociais e, portanto, quanto maiores forem as necessidades humanas destas concentrações.

Nossos três recursos naturais básicos utilizáveis – cerca de $1{,}49 \times 10^{11}$ quilômetros quadrados de superfície sólida; $3{,}61 \times 10^{11}$ quilômetros quadrados de superfície líquida; e $5{,}70 \times 10^{6}$ toneladas de atmosfera – sempre foram capazes de diluir a concentrações irrisórias, todas as substâncias nelas lançadas por processos induzidos pela própria natureza, tais como erupções vulcânicas, evaporação, ventos e tormentas, decomposição de vegetais e animais, grandes incêndios, etc.

O ser humano, no entanto, começa a poluir seu meio ambiente, no instante do seu nascimento, ao liberar suas sobras fisiológicas, a cada respiração, tosse ou espirro e, mesmo, com seu valérico odor corporal. A estes ele adiciona fumaça de tabaco, da preparação de seus alimentos, de seu aquecimento, de seu transporte, etc.

Se cada um dos seres humanos tivesse tomado a decisão de viver como um eremita, sua agressão ao meio ambiente talvez fosse imperceptível. Mas a decisão dos seres humanos foi a de viver em agrupamentos, para mútuo usufruto das atividades de cada um. Assim, sua necessidade de vida, diversão, trabalho e desenvolvimento restringiu o tamanho da porção dos recursos nas imediações do local escolhido para o conglomerado. Tal fato, associado ao aumento de seres do conglomerado, à contínua busca de novas soluções para as necessidades do grupo e à falta de previsão na solução concomitante dos problemas decorrentes, levou-nos aos grandes problemas localizados de poluição do meio ambiente.

Ao levarmos em consideração os preceitos de viabilidade técnica e econômica, duas verdades irretorquíveis surgem aos nossos olhos:

- É intrínseco à vida e ao desenvolvimento do Homem, a produção de resíduos.
- Temos três "lugares" para lançar esses resíduos: nas águas, no ar e no solo.

Dessa forma, levando-se em conta que cada um dos recursos possui uma capacidade definida de autodepuração, limitada em tempo e espaço, para evitar a saturação de uma parte do recurso, nossas chances resumem-se em:

a) Minimizar a produção de resíduos;
b) Definir e aplicar uma forma correta de dispô-los;
c) Desconcentrar os grupos e suas atividades na busca de maior parte do recurso para dar-lhe tempo de seu autodepurar.

E dessas três medidas gerais devem sair as soluções para estancar o crescimento do problema de poluição do meio ambiente e reduzi-lo a níveis compatíveis com os direitos inalienáveis que cada um de nós possui, de viver em um meio ambiente salubre e confortável.

2 A POLUIÇÃO DA ATMOSFERA

2.1 A atmosfera

O planeta Terra está completamente envolto por uma camada composta de uma mistura de gases, dos quais o nitrogênio é o mais abundante. A esta camada, que se estende a uma modesta altura de cerca de 9.600 km, damos o nome de atmosfera. Vale lem-

brar que mais da metade da massa da atmosfera se restringe a uma altura de 6 Km e mais de 99% dela se restringe a uma altura de 30 km.

Quanto à sua composição molecular, a atmosfera divide-se em homosfera e heterosfera (Figura 27). Na homosfera, que se estende até uma altura de 90 km, excetuando-se o vapor d'água, a composição da atmosfera é praticamente constante, em conseqüência das contínuas movimentações do ar e ventos.

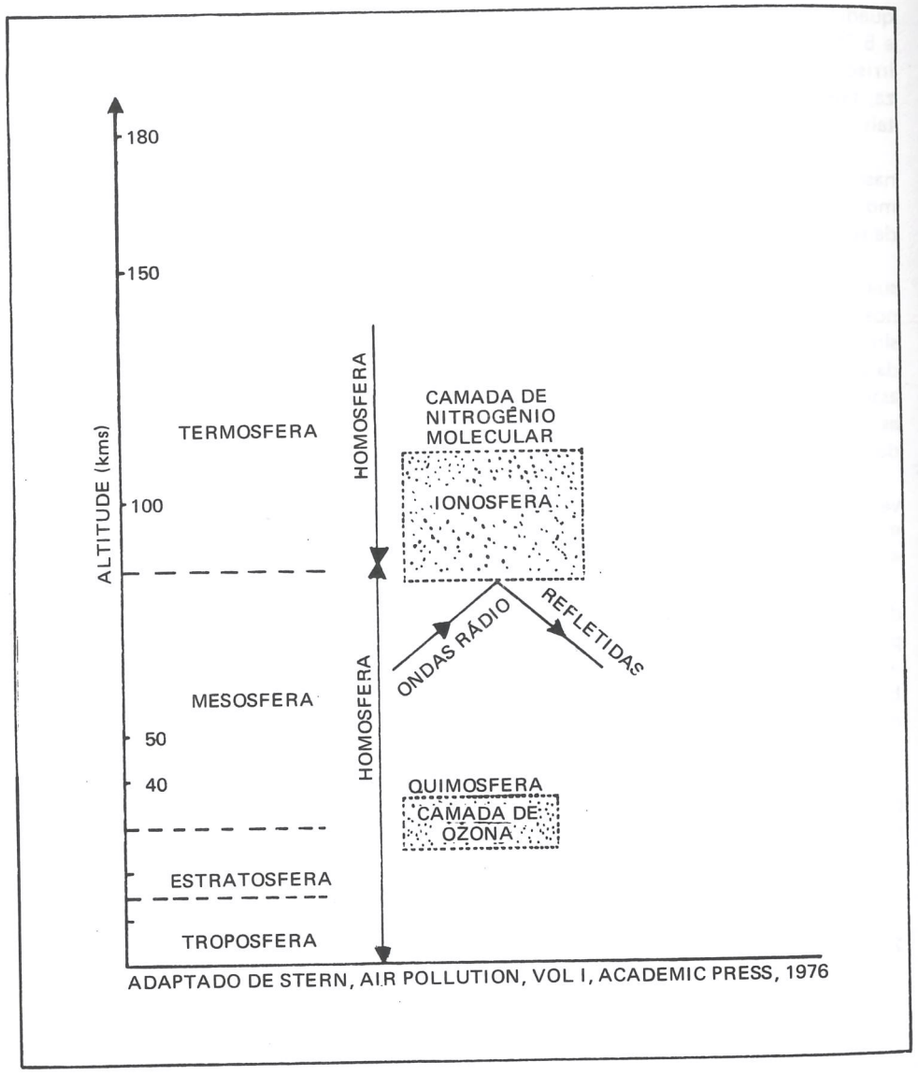


Figura 27 — Atmosfera — subdivisão esquemática

Na heterosfera, em virtude de baixa força gravitacional — pouca mistura com a parte superior da homosfera e alta taxa de energia radiante do sol —, podem ser diferenciadas 4 sub-regiões.

Outra importante classificação da atmosfera refere-se ao seu perfil vertical de temperatura. Na primeira camada, a troposfera, em geral a temperatura decresce com a altitude à taxa de 0,64°C por 100 metros, até cerca de 10 a 17 km, em função da latitude e época do ano. É na troposfera que residem todas as formas de vida de nosso planeta.

A seguir, até uma altura de 32 km, encontra-se uma camada de temperaturas razoavelmente constante (–60°C a –90°C). É a chamada estratosfera.

Acima da estratosfera, até cerca de 48 km, observa-se um aumento e uma diminuição da temperatura na chamada mesosfera, para, então, entrarmos na termosfera, onde a temperatura aumenta indefinidamente. Então, o ar torna-se extremamente rarefeito.

Finalmente, uma classificação baseada nas suas propriedades físicas e químicas, é freqüentemente utilizada. Nesta classificação, a atmosfera é dividida em quimiosfera e ionosfera. Na quimiosfera, que se eleva até uma altura de 50 km, caracterizam-se as propriedades químicas moleculares e atômicas. A ionosfera, reconhecida por sua habilidade em refletir ondas de rádioemissão, contém grandes quantidades de íons.

2.2 Composição da homosfera — outras propriedades

Geralmente, considera-se como composição característica da homosfera, a constante da Tabela 1.

Tabela 1 — Composição da atmosfera

SUBSTÂNCIA	COMPOSIÇÃO	
	EM VOLUME*	EM PESO
Nitrogênio	78,09%	75,51%
Oxigênio	20,94%	23,15%
Argônio	0,93%	1,28%
Dióxido de Carbono	0,032%	0,046%
Todos os demais	0,004%	0,014%

*Composição em volume, do ar seco.

O conteúdo de vapor d'água é altamente variável, atingindo valores que vão de 0,02% em zonas áridas até 6% em zonas equatoriais úmidas. Como veremos em capítulos posteriores, o conteúdo de vapor d'água exerce marcante influência nos movimentos de massas de ar, no espalhamento de luz, absorção de calor, e no comportamento aerodinâmico das partículas em suspensão e sobre reações térmicas e fotoquímicas na atmosfera.

A Tabela 2 apresenta algumas importantes propriedades do ar.

Tabela 2 — Propriedades da atmosfera*			
PROPRIEDADE		VALOR	UNIDADE
Livre percurso médio (σ)		$6{,}63 \times 10^{-8}$	metro (m)
Condutividade térmica (Ct)		$5{,}68 \times 10^{-5}$	Cal/cm²-5-ºC/cm
Calor específico a pressão constante (Cp)		0,24	Cal/ºC-gmol ou BTU/ºF-Zb
Calor específico a volume constante (Cv)		0,17	Cal/ºC-gmol ou BTU/ºF-Zb
Constante universal dos gases (R)		1,9869	Cal/ºC-gmol-atm
Volume molar (V)	0ºC 1 atm	22,4146 359,00	litros/mol pés³ /mol
	20ºC 1 atm	24,056 385,3	litros/mol pés³ /mol
Massa molecular (M)		29,095	—
Densidade (p) à 20ºC e 50% umidade relativa		1,2	g/l
Viscosidade cinemática (ρ)		13,2	centistokes
Velocidade do som (0ºC — 1 atm)		1087	pés/segundo
Índice de refração (Ir) (luz de sódio 524 nm)		1,00029	—

*LEDBETTER, Joe, *Air Pollution*, part. A, 1972.

2.3 Poluição do ar: aspectos históricos

A presença de matéria ou energia na atmosfera, de forma a torná-la imprópria ou a causar prejuízos aos usos que a ela são dados, caracteriza o que comumente se chama poluição do ar.

Existem referências à poluição de atmosfera, anteriores aos protestos feitos pela nobreza conta o uso do carvão durante o reinado de Eduardo I (1272 — 1309). No entanto, a Revolução Industrial foi quem marcou o início do reconhecimento público dos chamados episódios de poluição do ar e cujos exemplos históricos mais citados são os seguintes:

Principais episódios

a) Vale do Meuse, 1930 (Bélgica)
— Duração: 5 dias.
— Grande número de pessoas adoeceram com a seguinte sintomatologia: dores no peito, tosse, dificuldade de respiração, irritação nasal e dos olhos.
— Sessenta pessoas morreram, principalmente pessoas idosas que já eram portadoras de doenças do coração e pulmões.
— Morte do gado.
— Presumiu-se que uma combinação de poluentes esteve associada com o episódio; é destacada a presença de gotículas de ácido sulfúrico resultante de altas concentrações de dióxido de enxofre em presença de gotículas de água.
b) Donora, 1948 (Pensilvânia, E.U.A.)
— Duração: 5 dias.
— Adoeceu 43% da população (14.000 habitantes), cuja sintomatologia era de irritação do trato respiratório e dos olhos.

— Vinte pessoas morreram, principalmente pessoas que já eram portadoras de doenças cardíacas e do sistema respiratório.
— Presumiu-se que a presença de dióxido de enxofre e material particulado em suspensão no ar esteve associada com o episódio.
c) Poza Rica, 1955 (México)
— Duração: 25 minutos.
— Foram hospitalizadas 320 pessoas, 22 das quais morreram.
— A presença de gás sulfídrico na atmosfera, lançado acidentalmente por uma indústria de recuperação de enxofre de gás natural, foi responsável pelo episódio.
d) Londres, 1952 (Inglaterra)
— Duração: 5 dias.
— Grande número de pessoas adoeceu, sendo que aumentou o número de admissões em hospitais de portadores de doenças respiratórias.
— Cerca de 3.500 a 4.000 pessoas morreram a mais do esperado para este período.
— A mortalidade foi maior para o grupo de pessoas idosas, naqueles que já eram portadores de bronquite, broncopneumonia e doenças do coração.
— Atribuiu-se o episódio à presença de poeira em suspensão (4,46mg/m³) e de dióxido de enxofre (3,75mg/m³).
e) Bauru, 1952 (São Paulo, Brasil)
— Foram registrados 150 casos de doença respiratória aguda e 9 óbitos.
— Bronquite e manifestações alérgicas do trato respiratório foram os principais efeitos.
— Comprovou-se que o episódio deu-se em razão da emissão na atmosfera de pó de mamona, por uma indústria de extração de óleos vegetais.
f) Nova Iorque, 1953 (Nova Iorque, E.U.A.)
— Duração: 5 dias.
— Excesso de mortes do esperado em todos os grupos etários.
— Presença de dióxido de enxofre (2mg/m³) associada com o episódio.
g) Nova Orleans, 1955 (Louiziana, E.U.A.)
— Aumentada a freqüência de asma.
— Presumiu-se que o poluente deste episódio foi poeira de uma indústria de farinha.
h) Mineápolis, 1956 (Minnesota, E.U.A.)
— Epidemia de asma em população vizinha à indústria de cereais.
i) Episódio espalhado pelo mundo inteiro no período novembro-dezembro, 1962.
— Leste dos E.U.A., 27 nov. — 5 dez.
— Londres, 5 a 7 dez. (100 mortes em excesso).
— Roterdam, 2 a 7 dez.

2.4 Fontes naturais e artificiais

Vale ressaltar que muito antes de o Homem iniciar seu sistemático, crescente e eficiente processo de poluir a atmosfera, nela já era possível detectar a presença de substâncias poluentes. Estas substâncias são provenientes da emissão pelas chamadas fontes naturais tais como, vulcões, ação dos ventos sobre areia, argila e água do mar, grandes incêndios, descargas elétricas durante tempestades, etc. As quantidades de poluentes emitidas por fontes naturais são enormes. A Tabela 3 fornece as emissões de alguns poluentes por fontes naturais.

Tabela 3 — Emissão de poluentes por fontes naturais*.	
POLUENTE	EMISSÃO ton/ano
Partículas	36×10^8
Monóxido de carbono	34×10^8
Dióxido de enxofre	24×10^7
Hidrocarbonetos exceto metano	17×10^7 (metano: 31×10^7)
Óxidos de nitrogênio	59×10^7
* STERN, Arthur C., ed. *Air pollution.* 3.ed. New York, Academic, 1976. 5v.	

No entanto, estas imensas quantidades, ou causam problemas localizados ou são dispersas em grandes porções da atmosfera, causando concentrações muito pequenas.

3 PRINCIPAIS FONTES E PRINCIPAIS POLUENTES

3.1 Formas de expressar concentrações

Em geral, as quantidades de poluentes na atmosfera são de forma que provocam concentrações da ordem de dezenas a milhares de microgramas por metro cúbico de ar ($\mu g/m^3$), sendo essa uma das formas mais usuais de expressar concentrações de poluentes na atmosfera. Outra unidade muito utilizada para gases e vapores é partes de poluente por milhão de partes de ar em volume (ppm_v) ou, ainda, partes por bilhão (ppb_v).

Concentrações de poluentes podem ser expressas como valores instantâneos ou como valores ponderados num período de tempo, dependendo da instrumentação analítica ou metodologia usada na avaliação, da base estatística usada na apresentação dos dados e na característica do efeito causado pelo poluente considerado.

3.2 Poluentes: classificação

Uma das mais utilizadas classificações de poluentes, divide-os em:

a) primários — aqueles poluentes realmente emitidos pelas fontes.
b) secundários — aqueles poluentes não emitidos por fontes, porém presentes na atmosfera e oriundos de reações ocorridas na própria atmosfera.

Quanto ao estado físico e formas de produção, os poluentes classificam-se em:

a) partículas
- sólidas:
— poeiras: formadas por desintegração mecânica;
— fumos: formadas por condensação.
- líquidos (névoas):
— "spray": formadas por desintegração mecânica;
— neblina: formadas por condensação.

b) gases e vapores

Juntamente com esta classificação, alguns sistemas precisam ser definidos, em face, não só da sua existência, mas também da utilização freqüente dessa terminologia.

- Fumaça — partículas de carbono, resultantes de combustão incompleta de materiais carbonáceos.

- Fublina — mistura de fumaça e neblina ("smog" — inglês).
- Bruma seca (névoa seca) — suspensão de partículas submicrônicas no ar, provocando perda de visibilidade.
- Aerossol — suspensão no ar de partículas ($<50\mu$) com certa estabilidade de suspensão.

3.3 Poluentes: principais

São considerados os principais poluentes da atmosfera, aqueles emitidos em maiores quantidades e por grande variedade ou número de fontes, que, portanto, se apresentam sistematicamente em áreas urbanas poluídas, em concentrações próximas do limiar de efeitos perceptíveis sobre os vários receptores. São eles:

- partículas em suspensão (em geral);
- dióxido de enxofre;
- óxidos de nitrogênio (NO e NO_2 principalmente);
- hidrocarbonetos;
- monóxido de carbono;
- oxidantes fotoquímicos (ozona, peroxiacetil nitrato, aldeídos).

São ainda considerados importantes poluentes da atmosfera:

- cloro e seus compostos;
- gás sulfídrico;
- sulfatos;
- fluor e seus compostos;
- névoas ácidas em geral;
- odores em geral;
- fumaças em geral;
- mercúrio;
- partículas de chumbo, amianto, etc.;
- partículas radioativas;
- alfa benzopireno e similares;
- ruído;
- pólen.

3.4 Principais fontes de poluição do ar

As fontes de poluição do ar são classificadas quanto à sua forma/extensão em:

- Fontes pontuais: quando sua forma/extensão pode ser considerada como um ponto em determinada área, como, por exemplo, indústrias em geral (não de grande porte), incineradores, etc.
- Fontes lineares: quando sua forma/extensão pode ser representada por determinada área, como, por exemplo, ruas, auto-estradas, etc.
- Fontes — área: quando sua forma/extensão precisa ser considerada em determinada área, como, por exemplo, aeroportos, indústrias de grande porte, etc.

A maior importância da classificação acima descrita diz respeito à forma de dispersão dos poluentes e, conseqüentemente, influi no modelo matemático escolhido para estimar a dispersão e o transporte dos poluentes emitidos.

Outra classificação muito usada devido à sua importância na fixação de diretrizes e prioridades em programas de controle da poluição do ar é a seguinte:

- processos e operações industriais;
- queima de combustíveis em fontes estacionárias;
- queima de resíduos sólidos e líquidos;

- veículos automotores;
- fontes de poeiras fugitivas.

A Tabela 4 mostra as quantidades dos principais poluentes emitidas pelas fontes acima referidas, na área metropolitana de São Paulo.

TABELA 4 — Emissão de Poluentes — Região Metropolitana de São Paulo, 1977 — em ton./dia.

FONTE POLUENTE	Partic. Ton/dia	SO_2 Ton/dia	CO Ton/dia	No_x Ton/dia	HC Ton/dia
Processos e Operações Industriais	319	25	101	des.	132
Queima de Combustível em fontes estacionárias	57	810	52	85	8
Veículos Automotores	33	88	4431	253	531
Queima de lixo	32	1	120	7	39
Outras fontes	51	—	—	—	27
TOTAL	493	924	4704	345	737

Fonte: Inventário da CETESB

Pela Tabela 4 pode-se observar que os processos e operações industriais são responsáveis pela maior parte da emissão de partículas em suspensão (65%), a queima de combustíveis em fontes estacionárias pela maior emissão de dióxido de enxofre (88%) e os veículos automotores pela quase totalidade do monóxido de carbono emitido na região metropolitana de São Paulo (91%).

3.5 Reações na atmosfera

Já mencionamos que vários poluentes encontrados na atmosfera, são provenientes de reações nela própria ocorridas, ou seja, a atmosfera, por vezes, funciona como um recipiente que provê condições satisfatórias para que ocorram reações entre poluentes emitidos, resultando em outras substâncias que, muitas vezes, sequer são emitidas por qualquer fonte de poluição do ar.

Uma das mais importantes reações que ocorrem em uma atmosfera poluída é a reação fotoquímica, pela qual reagem óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos na presença da luz solar, dando como resultado os altamente tóxicos oxidantes fotoquímicos.

Outra importante reação é aquela entre dióxido de enxofre e vapor d'água, na presença de sais de ferro e manganês, para gerar névoas de ácido sulfúrico e, finalmente, sulfatos, principalmente de cálcio e amônia.

Finalmente, destacamos as reações não fotoquímicas ocorridas com óxidos de nitrogênio, gerando ácido nítrico e nitratos.

Estas e outras reações que ocorrem na atmosfera, juntamente com a sedimentação gravitacional e difusa de partículas em suspensão, auxiliam no processo de remoção de poluentes da atmosfera, ou por sua retirada pura e simples, ou por reconstituição dos componentes normais da atmosfera.

Vale lembrar que o tempo de permanência de um poluente na atmosfera varia de algumas horas (ozona), até anos (monóxido de carbono).

De forma geral, partículas em suspensão são removidas da atmosfera por:

- remoção úmida por precipitação;
- remoção seca por sedimentação;
- remoção seca por difusão ou impactação sobre a vegetação e construções.

Gases são removidos por:

- remoção úmida por precipitação;
- absorção ou reação na superfície da Terra;
- conversão em outros gases ou partículas;
- transporte para a estratosfera.

A Tabela 5 fornece o destino final de alguns poluentes da atmosfera.

TABELA 5 — Destino dos poluentes atmosféricos.

POLUENTE	DESTINO
dióxido de enxofre	lavagem pela chuva; oxidação nas fases sólidas e líquidas a sulfato; no solo; degradação microbiana ou reação química.
sulfato de hidrogênio	oxidação a dióxido de enxofre.
ozona	reação química com vegetação, solo e oceanos.
óxido nítrico	na vegetação, absorção pelo estomato; reações químicas nas fases gasosa e líquida.
monóxido de carbono	na estratosfera, reação com radical hidroxil; no solo, atividade microbiológica.
dióxido de carbono	na vegetação, fotossíntese e absorção; nos oceanos absorção.
metano	no solo, atividade microbiológica; na vegetação, reação química e ação bacteriana; na troposfera e estratosfera, reação química.
hidrocarbonetos	reações químicas a partículas; no solo, atividade microbiológica; na vegetação, absorção e admissão pelo estomata.

4. TRANSPORTE E DISPERSÃO DE POLUENTES

4.1 Introdução

Após serem emitidos por uma fonte, os poluentes passam a comportar-se, em termos de seu transporte e sua dispersão, de acordo com o que ditam os parâmetros meteorológicos locais. Os movimentos verticais e horizontais das massas de ar e a turbulência da atmosfera são os responsáveis, a partir do instante da emissão, pelo transporte do poluente e pela sua dispersão.

De forma simplista, os movimentos horizontais de massa de ar são basicamente causados pelas grandes diferenças de pressão, em razão das diferenças de temperatura nas várias partes do globo terrestre e pela rotação da Terra.

Os movimentos verticais de massas de ar dependem, fundamentalmente, do perfil vertical de temperatura, ou seja, da variação da temperatura com a altura. Ar seco resfria-se com a altitude à taxa de 1°C a cada 100 metros e ar úmido à razão de 5,9°C a cada 100 metros. Algumas vezes, a temperatura do ar não varia com a altitude, e a esta condição dá-se o nome de isoterma.

Quando a temperatura do ar aumenta com a altitude, diz-se que há inversão de temperatura. Nestas duas últimas condições os movimentos verticais de massas de ar são reduzidíssimos e a dispersão dos poluentes na vertical praticamente inexiste. Estas condições associadas com falta de ventos horizontais (calmaria) cria condições de total estagnação com conseqüente aumento dos níveis de poluição do ar. A Figura 28 mostra graficamente perfis verticais de temperatura.

A importância da umidade relativa sobre os problemas de poluição do ar, já foi ressaltada anteriormente, em face da sua participação nas reações que ocorrem na atmosfera e nos episódios agudos de poluição do ar.

Outro importante parâmetro a ser considerado é representado pelas características topográficas do local considerado, em face da sua influência sobre alguns parâmetros metereológicos, principalmente velocidade e direção de ventos e turbulência.

4.2 Dispersão

Neste ponto é importante ressaltar-se que o comportamento final de uma pluma ao sair de uma chaminé será subdividido em duas componentes interativas a saber:

- ascenção da pluma;
- difusão e transporte da pluma.

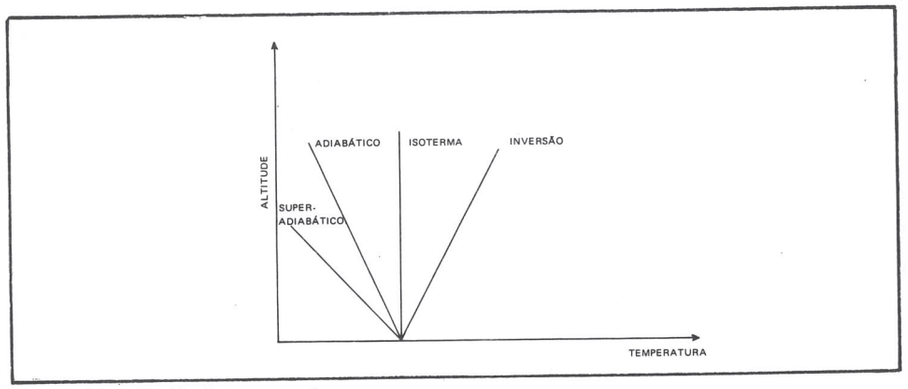


Figura 28 — Perfis de temperatura

Ao ser emitida, a pluma possui, muitas vezes, uma tendência ascencional ditada por parâmetros do próprio efluente, por dimensões da chaminé e pela influência dos parâmetros metereológicos no instante da emissão. Logo a seguir, adquirirá um movimento transversal, acompanhado de difusão em torno de sua linha de centro, que caracteriza a componente de difusão e transporte.

Passamos a estudar essas duas componentes separadamente.

4.2.1 Ascenção da pluma

Podemos observar na Figura 29 que a tendência ascencional da pluma ao sair de uma chaminé, cria aquilo que passamos a chamar de altura efetiva da pluma-h_{ef}.

$hef = h_g + \Delta h$, onde

hg — altura geométrica da chaminé e

Δh — ascenção da pluma

Várias equações teóricas e experimentais foram desenvolvidas para estimar h, quase todas pressupondo condições atmosféricas com variações de pequena monta.

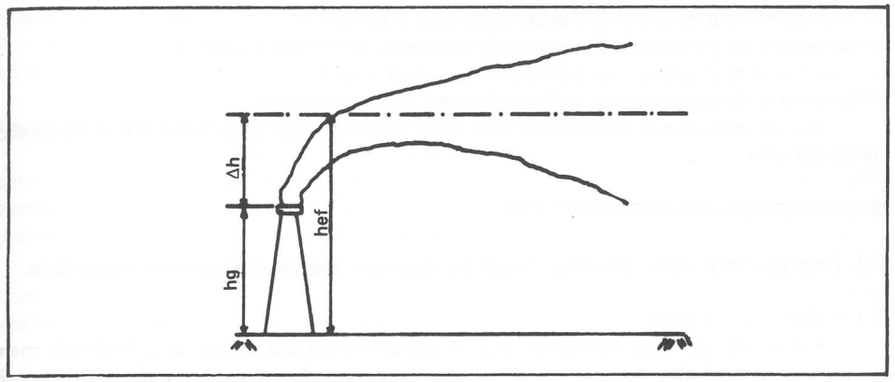


Figura 29 — Pluma esquemática

4.2.2 Transporte e difusão de plumas

Estudos e desenvolvimentos teóricos, paralelamente a verificações práticas, levaram à conclusão que, dentro de determinadas condições de estabilidade atmosférica, a dispersão de uma pluma emitida por uma fonte, se dá "gaussiosamente" em três (3) dimensões ou, a dispersão nos planos horizontal e vertical ocorre na forma de uma curva Gaussiana (ver Figura 30).

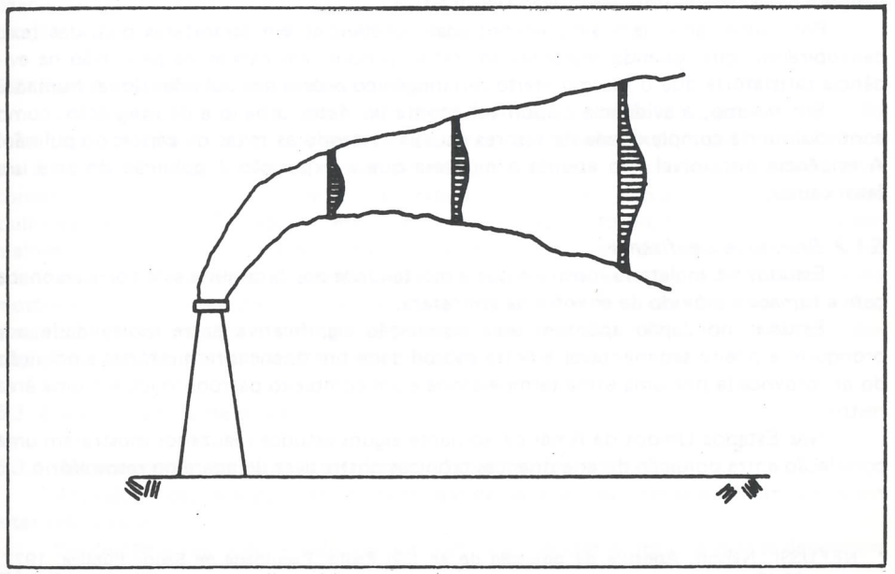


Figura 30 — Dispersão da pluma esquemática.

Os fatores que alteram a concentração de determinado poluente na direção do vento são:

— Diretamente proporcional à taxa de emissão da fonte.
— Inversamente proporcional à velocidade média do vento.
— Inversamente proporcional ao nível de dispersão horizontal e vertical.
— Inversamente proporcional à altura efetiva da chaminé.
— Inversamente proporcional à distância entre fonte e receptor.

Muitos modelos matemáticos têm sido desenvolvidos para expressar a dispersão de uma pluma.

5 EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR*

5.1 Poluição do ar como um fator causal em doenças crônicas do aparelho respiratório

5.1.1 Câncer do pulmão

Em muitos estudos, tem-se concluído que as mortes por câncer do pulmão são mais freqüentes em cidades do que em áreas rurais, quando outras variáveis são tomadas em consideração. Por exemplo, nas 4 maiores cidades da Suécia é 4 vezes maior que em áreas rurais; na Noruega e na Dinamarca a relação da mortalidade masculina entre a Capital e os distritos rurais é de, aproximadamente, 4 para 1.

Um segundo conjunto de dados, relevantes para um possível efeito da poluição do ar sobre as taxas de câncer do pulmão, é que pessoas que imigraram da Inglaterra para a Nova Zelândia e para a África do Sul têm maiores taxas de câncer do pulmão do que os nativos.

Os estudos relacionando taxas de câncer do pulmão e níveis de poluição são poucos, nenhum deles mostra uma associação significativa.

Por outro lado, têm sido encontradas substâncias em atmosferas poluídas (ex.: benzopireno), que, quando injetadas em ratos, produziram câncer da pele. Não há evidência satisfatória que o mesmo efeito carcinogênico ocorra nos pulmões do ser humano.

Em resumo, a evidência disponível aponta um fator urbano e de imigração, como contribuinte da complexidade de fatores causais afetando as taxas de câncer do pulmão. A evidência disponível não aponta a hipótese que a exposição à poluição do ar é um fator causal.

5.1.2 Bronquite e enfizema

Estudos na Inglaterra mostram que a mortalidade por bronquite está correlacionada com a fumaça e dióxido de enxofre na atmosfera.

Estudos no Japão apontam uma correlação significativa entre mortalidade por bronquite e poeira sedimentável e entre morbilidade por doenças respiratórias e poluição do ar, provocada por uma usina termoelétrica e um complexo petroquímico em uma área restrita.

Nos Estados Unidos da América, somente alguns estudos realizados mostraram uma correlação entre poluição do ar e doenças crônicas obstrutivas do aparelho respiratório.

* NEFUSSI, Nélson. **Apostila de poluição do ar.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 1972. p. 36-47.

Como regra geral, a solubilidade de um gás poluente determina a proporção na qual ele é absorvido no trato respiratório superior e a proporção na qual ele atinge os alvéolos pulmonares. Por exemplo, o dióxido de enxofre que é relativamente solúvel, é bastante absorvido no trato respiratório superior, provocando irritação e aumento da resistência. Por outro lado, o dióxido de nitrogênio e ozona são gases relativamente insolúveis e agem, principalmente, nos alvéolos, causando edemas pulmonares.

Para os poluentes em forma de material particulado, o tamanho da partícula inalada é que determina a profundidade da penetração no aparelho respiratório.

Quando, numa mesma atmosfera poluída, estão presentes gases e material particulado, este último pode absorver ou adsorver gases relativamente solúveis, como, por exemplo, o dióxido de enxofre, e transportá-lo até os alvéolos pulmonares, que, normalmente, não seriam atingidos se o gás fosse inalado sozinho.

Resumindo, parece provável que uma suficiente exposição à poluição do ar é um fator causal na bronquite o que sugere que populações de fumantes são particularmente suscetíveis à bronquite, quando expostos à poluição do ar.

5.1.3 Asma

Suspeita-se que agudos episódios de asma têm como fator causal a poluição do ar. É comumente sabido que a inalação de pólens e de certas poeiras podem produzir a asma clássica. Certos produtos químicos, como o tolueno — 2,4 — diisocianato, são potentes agentes sensibilizantes quando inalados e podem levar a ataques de asma em determinados indivíduos.

Segundo estudos realizados os pólens são certamente um fator causal em alguns casos de asma; outros materiais podem, como poluentes do ar de comunidades, ser fator causal em certas localidades (Nova Orleans, Mineápolis, Bauru). A poluição do ar generalizada na comunidade é um sugestivo fator causal, mas somente para uma pequena proporção de todos os pacientes adultos com asma.

5.2 Efeitos da poluição do ar sobre crianças

Considerando que as crianças não estão sujeitas à poluição ocupacional e são não fumantes, vários estudos foram feitos procurando correlacionar poluição atmosférica e efeitos sobre a saúde. Diversos desses estudos sugerem que as crianças expostas a altas concentrações de partículas de sílica podem desenvolver alterações no raio X dos pulmões. Na Tcheco-Eslováquia, estudos mostraram aumento no número de células vermelhas e diminuição na relação entre hemoglobina e número de células vermelhas em crianças vivendo em áreas altamente poluídas. Finalmente, estudos realizados no Japão mostraram diminuição da função pulmonar em crianças vivendo em áreas poluídas, durante os períodos onde eram maiores os índices de poluição. Herval Pina Ribeiro e outros obtiveram resultados semelhantes em São Paulo — Brasil.

5.3 Efeitos sobre os materiais

5.3.1 Mecanismo da danificação de materiais em atmosferas poluídas

Abrasão — causada por partículas sólidas de tamanho suficiente e transportadas em altas velocidades.

Deposição e remoção — causada por partículas sólidas e líquidas que se depositam sobre superfícies.

Ataque Químico Direto — Ex.: embaciamento da prata pelo gás sulfídrico; destruição de superfícies metálicas pela ação de névoas ácidas.

Ataque Químico Indireto — Ex.: o dióxido de enxofre, absorvido pelo couro, é convertido em ácido sulfúrico, que deteriora o couro.

Corrosão Eletroquímica — é o mecanismo principal de deterioração de metais ferrosos.

5.3.2 Fatores que influenciam a danificação de materiais em atmosferas poluídas

Umidade Relativa: Não havendo eletroquímica, mesmo em atmosferas bastante poluídas. Para diversos metais, existe uma umidade relativa atmosférica crítica que, quando excedida, produz abrupto aumento na velocidade de corrosão.

Temperatura — maior a temperatura, maior a velocidade de reação química.

Luz Solar — deterioração direta de certos materiais.

Velocidade do Ar — influenciando na abrasão e deposição de material particulado.

Outros fatores — posição do material no espaço; das medidas de proteção, etc.

A Tabela 6 resume os efeitos da poluição sobre diversos materiais.

5.4 Efeitos sobre as propriedades da atmosfera

5.4.1 Efeitos sobre a visibilidade

Provavelmente, a deterioração da visibilidade é a primeira indicação, para um cidadão comum, da existência da poluição do ar. Define-se visibilidade como a maior distância em dada direção, na qual é possível ver e identificar a "olho nu", (a) durante o dia, um proeminente objeto escuro contra o céu no horizonte; e (b) durante a noite, uma conhecida e, moderadamente, intensa fonte de luz. Após a determinação das visibilidades em todo círculo do horizonte, registra-se um único valor, que representa a visibilidade predominante.

Os principais fatores meteorológicos que afetam a visibilidade urbana são:

1) Altura de Inversão e Velocidade dos Ventos — quanto maior a altura de inversão e quanto maior a velocidade dos ventos, melhor a visibilidade; contudo, em determinadas áreas, velocidades de vento excessivamente altas diminuem a visibilidade pelo levantamento de pó.

2) Partículas Higroscópicas e Umidade Relativa — sob altas condições de umidade as partículas higroscópicas aumentam de tamanho, tornando-se mais efetivas para reduzir a visibilidade.

A redução de visibilidade ocorre em razão da presença de partículas sólidas e líquidas suspensas na atmosfera, que absorvem e dispersam a luz. Esta redução de visibilidade está relacionada com o tamanho, concentração e características físicas das partículas poluentes presentes.

5.4.2 Efeitos sobre a formação de neblinas

Levantamentos climatológicos de áreas urbanas têm mostrado que as neblinas nas cidades são mais freqüentes e mais persistentes que nas áreas circunvizinhas, devido à poluição do ar. Argumenta-se que as neblinas em massas de ar poluídas estão compostas por gotículas d'água, contendo vários produtos químicos dissolvidos e que estas substâncias favorecem a permanência das gotículas líquidas em condições de subsaturação.

Tabela 6 — Dano da poluição do ar a vários materiais.

TIPO DE MATERIAL	MANIFESTAÇÃO TÍPICA DO DANO	MEDIDA DE DETERIORAÇÃO	POLUENTE DANIFICANTE	OUTROS FATORES AMBIENTAIS
Vidros e animais	Alteração da aparência da superfície	Refletância	Substâncias ácidas	Umidade
Metais	Danificação da superfície; perda de metal; embaraçamento	Ganho de peso; redução da resistência; perda de peso; alteração da condutividade	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	Umidade; Temperatura
Materiais de Construção	Descoloração; dissolução do carbonato	Não medido usualmente quantitativamente	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas; partículas pegajosas	Umidade
Pintura	Descoloração	Não medido usualmente quantitativamente	Dióxido de enxofre; gás sulfídrico; partículas pegajosas	Umidade; Fungos
Couro	Desintegração da superfície; Enfraquecimento	Perda de resistência	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	—
Papel	Torna-se quebradiço	Diminuição da resistência ao dobramento	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	Luz Solar
Tecidos	Redução da resistência; tensão; formação de manchas	Perda da resistência à tensão	Dióxido de enxofre; substâncias ácidas	Umidade; Luz Solar; Fungos
Corantes	Desbotamento	Reflectância	Dióxido de nitrogênio; oxidantes; Dióxido de enxofre	Luz Solar
Borracha	"Craeking" enfraquecimento	Perda e elasticidade	Oxidantes; Ozone	Luz Solar

Estudos demonstram que quanto maior a concentração de núcleos de condensação, mais rápida a formação de neblinas, até certo limite.

5.4.3 Efeitos sobre as condições de radiação urbana

A quantidade de radiação recebida por uma cidade com poluição do ar é menor do que para uma área sem poluição, sendo que os comprimentos de onda mais curtos

são mais seriamente afetados que os mais longos. Há uma excessiva perda de radiação ultravioleta de luz solar, que é o principal fator para geração de vitamina D natural no corpo humano. Além disso, uma cidade poluída, perde pelo menos, cerca de duas vezes sua iluminação devido à perda da luz solar.

Finalmente, vale lembrar que são marcantes os efeitos sobre os constituintes da atmosfera.

5.5 Efeitos sobre a vegetação

As plantas podem ser afetadas pelos poluentes atmosféricos através dos seguintes mecanismos:

(1) Redução da penetração da luz (redução da capacidade fotossintetizante) por sedimentação de partículas nas folhas ou por interferência de partículas em suspensão na atmosfera.

(2) Deposição de poluentes no solo, por sedimentação (partículas grosseiras) ou por carreamento provocado pelas chuvas (gases dissolvidos e partículas finas), permitindo a penetração dos poluentes pelas raízes e alterando as condições do solo:

(3) Penetração dos poluentes pelos estômatos das plantas. Esta é a forma mais bem estudada e sobre a qual temos o maior número de informações. Os estômatos são pequenos poros na superfície das plantas, geralmente nas folhas e nestas em geral na face inferior. A troca de gases (O_2 – CO_2) promovida pelas plantas dá-se em sua quase totalidade através dos estômatos, que podem ter abertura e fechamento determinado para cada planta em função da hora do dia, umidade do ar, condições de iluminação, temperatura, etc.

Os efeitos aparentes podem ser considerados em três categorias gerais, não necessariamente mutuamente exclusivos: (1) colapso do tecido foliar; (2) clorose ou outras alterações da cor normal das folhas, o (3) alterações no crescimento e produção das plantas, importantes não só para a agricultura como também para floricultores.

Os danos causados às plantas pelo dióxido de enxofre podem ser agudos ou crônicos. Estudos realizados com alfafa e outras plantas indicam não haver um efeito sistêmico à planta, mas apenas danos às folhas.

Os fluoretos podem causar danos às plantas em concentrações muito mais baixas do que as de dióxido de enxofre. Sabe-se que fluoretos, após ultrapassarem a concentração limite para cada planta, causam um decréscimo na taxa de fotossíntese, mesmo antes que apareçam efeitos visíveis. Os fluoretos agem como venenos cumulativos para as plantas, sendo que o efeito final é o colapso das células internas das folhas.

Sabe-se que também a exposição ao "smog" fotoquímico, causa danos às plantas.

Os principais componentes do "smog" fotoquímico que causam danos às plantas são o ozone, peroxiacetil nitrato (PAN) e óxidos de nitrogênio.

O etileno, além de causar lesões visíveis às folhas e flores, que se tornam esbranquiçadas e secam, causa também o fenômeno chamado epinastia, pelo qual há um crescimento anormal em ramos e folhas, causando ainda a queda de flores e impedindo a formação de frutos em algumas plantas.

Cloro, gás sulfídrico, ácido clorídrico, amônea e muitos outros produtos químicos podem causar efeitos sobre a vegetação.

5.6 Repercussões econômicas da poluição do ar

5.6.1 Custo das perdas econômicas devido à poluição do ar

Não há dúvida de que os efeitos mencionados são causados diretamente pela poluição do ar e que eles são extremamente custosos para os habitantes de áreas urbanas e industrializadas. Evidentemente, o custo acurado destes efeitos é complexo de se determinar, contudo, certas estimativas foram e podem ser feitas.

Um dos levantamentos mais extensivos foi feito em Pittsburg, EUA, em 1913, onde se estimou um custo de perdas em razão da poluição do ar em US$ 10 a US$ 60 por habitante por ano; a diferença depende do que se inclui na estimativa.

Considerável esforço tem sido feito na Inglaterra para determinar os custos dos efeitos da poluição do ar. Em 1954, estabeleceu-se que a perda econômica total em razão da poluição do ar era da ordem de 250 milhões de libras esterlinas por ano, dos quais 150 milhões são custos diretos e os restantes 100 milhões, resultantes da perda de eficiência nas diversas atividades. A distribuição dos custos diretos como apresentado nestas estimativas é a seguinte:

CUSTO	Milhões de libras esterlinas por ano
Lavanderia	25
Pintura e Decoração	30
Limpeza e Depreciação de edifícios	20
Corrosão de metais	25
Danos aos tecidos e outros produtos	52,5
	152,5

5.6.2 Custo de todas as providências relacionadas com a prevenção e controle da poluição do ar

A maioria dos custos governamentais para pesquisas, prevenção e controle da poluição do ar são razoavelmente definidos. O governo norte-americano, em 1968, dispôs para pesquisa e controle cerca de US$ 33 milhões. As agências de controle estaduais e locais gastaram cerca de US$ 15 milhões. Em comunidades nos EUA com programas de controle, o gasto médio foi cerca de 10 cents por habitante por ano.

Os gastos pelas indústrias para prevenir e controlar a poluição do ar são mais difíceis de serem obtidos, devido, principalmente, à dificuldade de se distinguir entre os fundos gastos para controle de poluição do ar e aqueles para melhoria da fábrica.

Mais difícil ainda é estimar o custo por cidadão das providências tomadas por cidadão para melhoria do problema.

5.6.3 Balanço entre custo da poluição e custo da prevenção

Estima-se, em termos de aspecto custo-benefício, que, para cada US$ 1 que se gasta em controle de poluição do ar, se evitará o gasto dos US$ 16, motivado pelos danos da poluição do ar. Esta é uma estimativa grosseira, pois a relação custo-benefício será alterada de acordo com o grau total de controle de poluição do ar já atingido.

A Figura 31 ilustra esse aspecto. O par de curvas relaciona o custo relativo de controle de poluição do ar e efeitos da poluição do ar em face do grau de poluição do ar atingido numa comunidade. Essas curvas mostram que o custo da poluição do ar aumenta exponencialmente e o custo de efeitos da poluição é nulo quando se tende ao controle completo. Conforme caminhamos ao longo da abcissa, entre 0 e 100% de controle, a

relação ($\Delta E/\Delta C$) varia continuamente. Os Estados Unidos da América, por exemplo, têm estimado seu gasto em controle da poluição do ar em US$ 200 milhões e o custo dos efeitos adversos da poluição do ar está entre US$ 2 e $ 12 bilhões. Portanto, está ainda aquém da adequada qualidade de ar desejada.

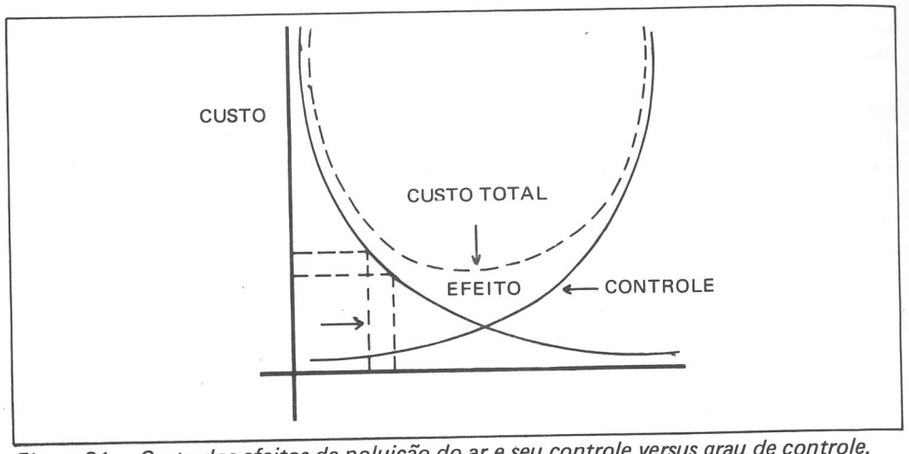


Figura 31 — Custo dos efeitos da poluição do ar e seu controle versus grau de controle.

6 MEDIDA DE POLUENTES

6.1 Introdução

Dois tipos de medida de poluentes atmosféricos são normalmente executados:

— Determinação de concentração na atmosfera (qualidade do ar).

— Determinação de quantidades emitidas em chaminés.

Assim é que vários métodos têm sido propostos para cálculo de número adequado de estações de amostragem a se localizar em dada região e a freqüência com que as amostras devem ser coletadas.

6.2 Freqüência de amostragem

Tendo em vista dar cumprimento a um programa de amostragem, uma das determinações a serem executadas e a da freqüência de amostragem. O "Environmental Protection Agency — E.P.A." fixou a freqüência mínima de amostragem na avaliação de alguns poluentes.

A Tabela 7, na página seguinte, fornece esses valores.

Tabelas específicas fornecem valores do número mínimo necessário de estações de amostragem em determinada região.

6.3 Localização das estações de amostragem

As estações de amostragem devem ser colocadas em dada área e em um dado local. A escolha de determinada área para colocação de uma estação depende principalmente dos propósitos da amostragem e das características de distribuição dos poluentes que se está querendo avaliar, enquanto o local é escolhido em consideração, principalmente, à

Tabela 7 — Freqüência de amostragem.

POLUENTE	MÉTODO	DURAÇÃO	FREQÜÊNCIA
Anidrido Sulfuroso (SO_2)	Absorção (p.R.A.)	24 horas	1 cada 6 dias
Poeira em suspensão	Hivol	24 horas	1 cada 6 dias
Poeira em suspensão	Fita	variável	1 cada 2 dias
Monóxido de carbono	Infra vermelho	contínuo	contínuo
Oxidantes	Iodeto	30 minutos	1 cada 24 horas
Óxido de nitrogênio	Kristi	24 horas	1 cada 14 horas

sua representatividade, as facilidades de proteção dos equipamentos contra intempéries e vandalismos e a disponibilidade de facilidades, como, por exemplo, energia elétrica.

De maneira geral pode-se seguir as seguintes recomendações para a localização e implantação de estações de amostragem de poluentes:

— prioridade para as áreas poluídas;
— prioridade para as áreas mais povoadas;
— colocar estações nos locais de entrada de ar para a região. Direção predominante dos ventos é importante, no caso;
— colocar estações em locais planejados para desenvolvimento futuro, para ver os efeitos deste desenvolvimento.
— colocar estrategicamente estações para possibilitar avaliação dos programas de controle;
— todas as estações da rede devem estar à mesma altura do solo;
— evitar proximidade de obstáculos, tais como prédios, etc.;
— evitar proximidade de chaminés;
— colocar estações entre 3 e 6 metros de altura. Diz-se evitar influência de reentrada de partículas e efeito de veículos.

6.4 Duração da amostragem

Em geral, para se estimar a concentração de poluentes na atmosfera, são usadas as determinações de médias horárias, médias de oito horas, médias diárias, médias mensais e médias anuais. A escolha de uma ou mais destas medidas de tendência central depende de fatores, tais como: o tipo de efeito causado pelo poluente, o tipo de padrão de qualidade do ar utilizado, a variação das concentrações com os parâmetros meteorológicos e outros. Os equipamentos e métodos utilizados são contínuos ou intermitentes, como será visto em itens que seguem, sendo as médias obtidas, dos valores fornecidos pelos mesmos em vista dos propósitos da amostragem realizada e dos fatores já mencionados.

A duração de uma amostra (não contínua) depende fundamentalmente da sensibilidade e da faixa de medição do equipamento ou método utilizado, em função das concentrações do poluente existente na atmosfera.

Vale ressaltar que nem sempre o tempo de amostragem pode ser reduzido pelo aumento da vazão de amostragem, pois é possível uma variação na eficiência de coleta do método, fato que pode levar à avaliações espuriosas da concentração do poluente.

6.5 Equipamentos e métodos usuais para determinação da concentração de poluentes na atmosfera

6.5.1 Material particulado

a) taxa de poeira sedimentável

A maneira mais usual de se determinar a qualidade de poeira sedimentável da atmosfera é por meio da exposição, por 30 dias, de um recipiente padronizado, contendo determinado volume de água destilada, glicol ou álcool iso-propílico. Ao final da exposição, o líquido é evaporado e é dado destino à quantidade em massa de partículas que se depositou no recipiente (m). A chamada taxa de poeira sedimentável (TPS) é calculada da seguinte maneira:

$TPS = \frac{m}{A}$ gramas por centímetro quadrado,

sendo A = área da boca do recipiente, (cm^2).

A TPS é geralmente expressa em toneladas/quilômetro quadrado/30 dias.

O recipiente-padrão comumente utilizado tem as dimensões apresentadas na Figura 32 que fornece também algumas normas para a sua instalação.

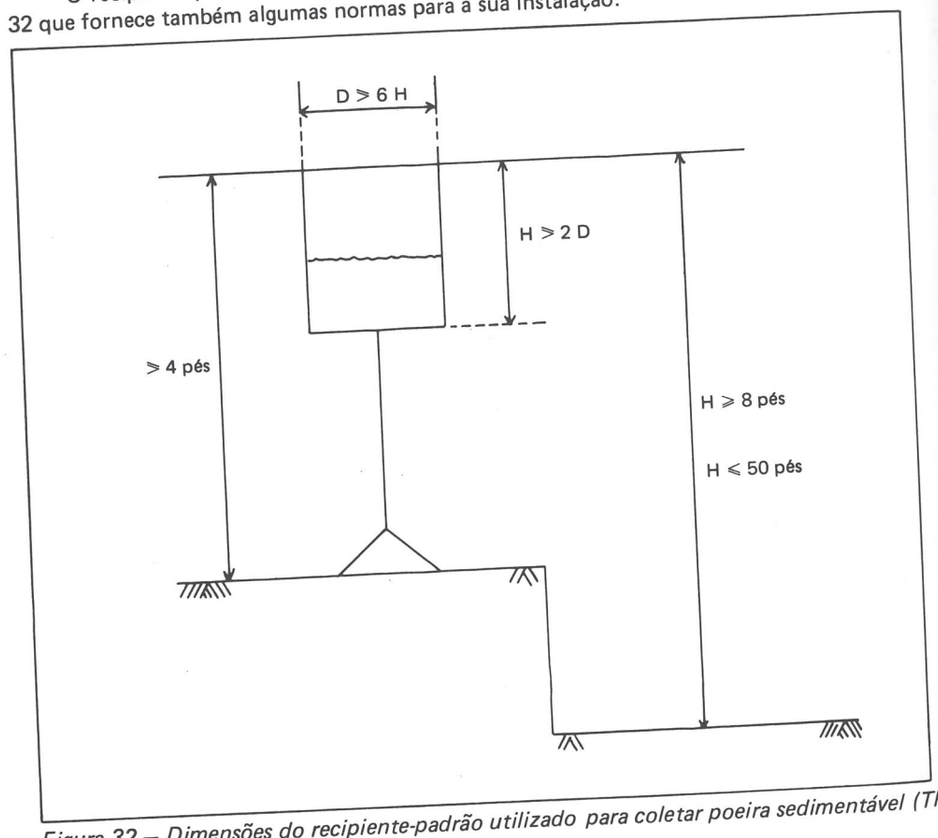


Figura 32 — Dimensões do recipiente-padrão utilizado para coletar poeira sedimentável (TPS).

A localização deve ser de modo que evite cantos, inclinações, obstruções ou outras condições que provoquem turbulência excessiva do ar, devendo ainda ser protegido contra pássaros, outras influências e depredação. A quantidade de líquido deve ser tal que se evite o transbordamento (chuvas) ou a evaporação completa durante o período de exposição.

As partículas que se sedimentam são partículas grandes, em geral, com mais de 10μ de diâmetro aerodinâmico equivalente. Dessa forma, essa taxa não tem grande significado higiênico por não ser uma estimativa de quantidade de poeira respirável.

b) poeira em suspensão (C_{MP})

Há vários equipamentos e métodos para determinar poeira em suspensão na atmosfera. O mais empregado é o chamado amostrador de grande volume (Hivol), esquematizado na Figura 33.

Consta basicamente de um porta-filtro, que suporta um filtro de fibra de vidro, de 8 x 10 polegadas, o qual coleta as partículas dispersas no fluxo de ar, que por ele passa, gerado por um conjunto motor-ventilado que pode ser regulado para vazões de 30 a 60 pés cúbicos por minuto. O conjunto é montado dentro de um abrigo de alumínio que contém um mecanismo regulador de tempo, para permitir o funcionamento semi-automatizado do Hivol e um graficador que registra a vazão amostrada durante o período fixado.

O filtro, após as devidas precauções para eliminação do efeito da umidade do laboratório, é pesado antes e após a amostragem, sendo a concentração calculada por:

$$C = \frac{P_f - P_i}{V_a}$$

C = concentração em ug/m^3
P_f = peso final do filtro em ug
P_i = peso inicial do filtro em ug
V_a = volume amostrado m^3



Figura 33 — Hivol montado no abrigo.

Outro método utilizado para determinar poeira em suspensão na atmosfera (originalmente para determinar o teor de fumaça na atmosfera), baseado na quantidade de luz refletida pela mancha de partículas depositadas num filtro, foi padronizado no Império Britânico e recomendado pela Organização Mundial da Saúde. O equipamento utilizado está esquematizado na Figura 34. O mesmo equipamento é usado para determinar a concentração de anidrido sulfuroso na atmosfera, por borbulhamento em água oxigenada.

Faz-se passar ar, durante 24 horas, através de um papel de filtro. Determina-se refletividade da mancha formada e, mediante uma curva padrão, deduz-se a concentração de poeira no ar, medida em "unidades internacionais de fumaça normalizada".

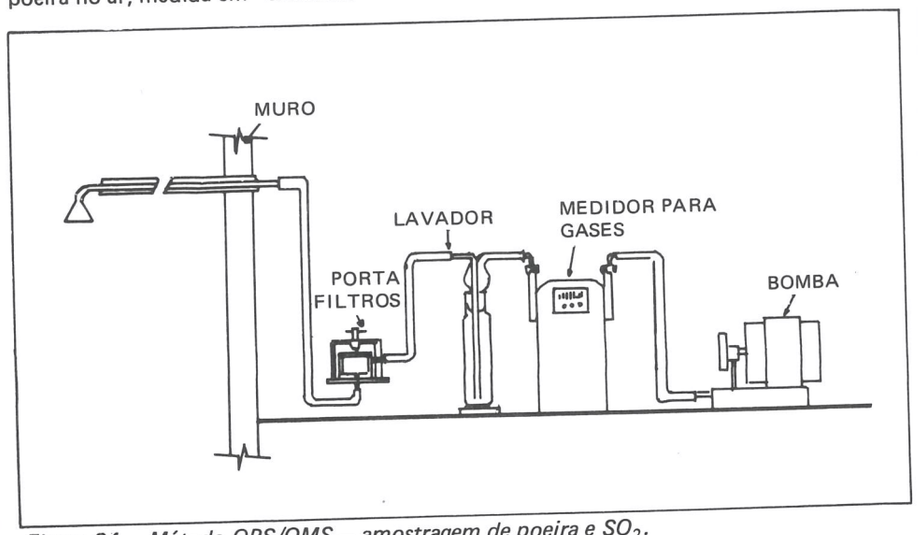


Figura 34 — Método OPS/OMS — amostragem de poeira e SO_2.

As unidades internacionais de fumaça normalizada, correspondem a uma média, de acordo com medições realizadas na França e na Inglaterra pela Direção de Assuntos Científicos da Comissão Européia para a Cooperação Econômica. Seu emprego tem a facilidade de comparação com outras estações internacionais, podendo serem convertidas em unidades absolutas para cada estação, mediante um fator de conversão.

Deve-se escolher um local para instalação, de forma a que não seja alterada a amostra e protegidos de pessoas estranhas.

A tubulação coletora deve estar a uma altura do nível do solo não inferior a 3 metros e nem superior a 10 metros.

Outros métodos e equipamentos podem ser utilizados para a determinação da concentração de poeira em suspensão na atmosfera, em cada um dos quais devem ser tomadas as devidas precauções e feitas as correções necessárias.

6.6 Amostragem e análise de gases e vapores

6.6.1 Compostos de enxofre

Na atualidade dois métodos são usualmente utilizados para a determinação da quantidade de compostos de enxofre na atmosfera, expressa na forma da chamada taxa de sulfatação.

Ambos os métodos consistem na exposição mensal de um corpo coletor impregnado com peróxido de chumbo, com o qual os compostos de enxofre reagem (principalmente SO_2, SO_3 e H_2S), sendo a análise feita para quantidade de sulfato resultante. Os dois métodos diferem basicamente quanto à forma e ao tamanho do corpo coletor.

A taxa de sulfatação é expressa em miligramas de SO_3^- por centímetro quadrado, por 30 dias. A determinação em separado de cada um destes poluentes é feita por outros métodos como será visto a seguir. Vale ressaltar que o corpo coletor deve ser protegido contra chuvas para evitar a destruição do mesmo. As demais características de exposição são as mesmas mencionadas para a obtenção da taxa de poeira sedimentável.

6.6.2 Anidrido sulfuroso (SO_2)

Vários métodos têm sido propostos para a avaliação de dióxido de enxofre na atmosfera. O método de referência adotado pela "Environmental Protection Agency" (EPA) consiste no borbulhamento de ar em uma solução de tetracloro mercurato de sódio, que absorve o anidrido sulfuroso.

O complexo formado é feito reagir com pararosanilina formaldeído, cujo produto é analisado colorimetricamente, através da medida da absorvância da solução em um espectofotômetro.

Outro método utilizado já foi mencionado anteriormente, quando se abordou a determinação de poeira por refletância. No mesmo equipamento, a coleta de dióxido de enxofre é feita por água oxigenada, sendo que a acidez resultante é determinada por titulação com solução de tetraborato de sódio.

Este método é menos específico que o anterior, por sofrer interferências de outros poluentes.

Os instrumentos automáticos para determinar a concentração de anidrido sulfuroso na atmosfera são geralmente baseados em coulometria, condutividade elétrica ou fotometria de chama.

6.6.3 Óxidos de nitrogênio

Dentre os métodos existentes, os mais utilizados atualmente são os de Saltzman (analítico) e o de luminescência química (automático). O primeiro é um método colorimétrico, cuja intensidade rosa do composto formado pela absorção do óxido de nitrogênio é medida por meio de um espectofotômetro. O método de Jacobs-Hochheiser, muito utilizado nos últimos anos, foi abandonado por ser variável o rendimento de absorção com a concentração de óxidos de nitrogênio na atmosfera.

6.6.4 Ozone

O ozone pode ser medido em instrumentos automáticos por luminescência química (método mais aceito atualmente) ou por colorimetria e, analiticamente, por absorção em iodeto de potássio.

6.6.5 Monóxido de carbono

O método para a determinação das concentrações de monóxido de carbono na atmosfera é o da absorção de radiação infravermelha (não dispersivo). A absorção da radiação por uma célula de referência (nitrogênio puro ou N-hexano) é comparada com

a absorção da célula de amostra que contém uma dada concentração de monóxido de carbono, cuja diferença é detectada pelo deslocamento de uma membrana no sensor, que é aplicada eletricamente.

6.6.6 Hidrocarbonetos

O método mais utilizado para determinação de hidrocarbonetos é o da ionização de chama, onde a produção de íons pela queima de hidrocarbonetos é medida.

Para vários outros poluentes atmosféricos existem métodos padronizados que podem ser encontrados na bibliografia apresentada, uma vez que a abordagem dos mesmos é impertinente em um texto de informação geral como este.

7 CONTROLE DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

7.1 Introdução

Em geral, as medidas de controle de poluentes atmosféricos são classificadas em:

- Medidas diretas: correspondentes à instalação efetiva de equipamentos adicionais com a finalidade específica de coletar os poluentes, evitando que eles sejam lançados na atmosfera.
- Medidas indiretas: correspondentes à utilização de recursos e ações que visam a redução, diluição, segregação ou afastamento dos poluentes.

As medidas indiretas devem ser utilizadas sempre que possível, uma vez que, em geral, são de implantação mais simples e barata, e muitas vezes implicam na pura e simples eliminação da produção do poluente.

As medidas diretas, por sua vez, implicam na instalação de equipamentos, alguns deles de alta complexidade, alto custo de investimento e alto custo de operação e manutenção. Muitas vezes a utilização das medidas indiretas é inviável e se faz necessária a instalação de equipamentos anti-poluição.

Neste capítulo estaremos fornecendo detalhes e aplicações de ambos os casos.

7.2 Medidas indiretas

7.2.1 Planejamento territorial e zoneamento

Trata-se de uma das mais importantes medidas indiretas de controle da poluição do ar. Historicamente, a falta de planejamento, principalmente no que diz respeito ao zoneamento do uso do solo, permitiu que, incompativelmente, em uma mesma área se misturassem fontes emissoras de poluentes e receptores, gerando conseqüentemente, sérios problemas de poluição do ar.

Apesar de algumas pessoas pensarem que o planejamento territorial pode ser uma medida de caráter iminentemente preventiva, e ela o é; podemos utilizar esta poderosa ferramenta no controle corretivo, exigindo a mudança de local de fontes ou receptores, de forma a localizá-los em áreas compatíveis com a sua atividade.

De certa maneira é confortante perceber-se que nos dias atuais já se começa a dar ao planejamento territorial seu devido valor, não só sob o ponto de vista de controle da poluição do ar, mas também e principalmente, nos mais amplos aspectos ecológicos, econômicos e sociais.

Sob os aspectos aqui enfocados, o planejamento territorial visa a localização de fontes diretas de poluição do ar, como indústrias, e fontes que indiretamente representam pólos de atração para fontes de poluição como aeroportos, "Shopping Centers", etc.

Sua principal atuação consiste no afastamento entre fontes e receptores, de tal forma que forneça tempo e espaço para que os parâmetros metereológicos se incumbam de diluir as emissões a baixas concentrações na atmosfera.

Entre as várias aplicações do zoneamento no controle da poluição do ar, podemos citar:

- proibição de certos tipos de fontes em algumas áreas;
- fixação de faixas de proteção sanitária;
- limitação do número de fontes de poluição por unidade de superfície territorial;
- uso de condições metereológicas apropriadas para dispersão de poluentes, para fixar o horário em que certas operações e atividades são permitidas;
- regulamentação restritiva sobre o uso de matérias primas, combustíveis, operações e processos industriais;
- restrição à localização de pólos de atração de fontes, tais como, aeroportos, "Shopping Centers", etc.;
- planejamento, construção e operação de sistemas viários de tráfego urbano para reduzir a emissão de veículos, inclusive com bloqueio de determinadas áreas.

7.2.2 Eliminação e minimização de emissões

Através do uso de formas menos poluidoras de obtenção de energia, tais como, energia elétrica, combustíveis gasosos ou combustíveis líquidos de baixo teor de enxofre, pode-se minimizar ou mesmo eliminar a emissão de alguns poluentes provenientes da queima de combustíveis.

Da mesma forma, a substituição de certas matérias primas por outras, ou mesmo a troca de processos e operações industriais, resultam no mesmo efeito.

Finalmente, boa operação e manutenção dos equipamentos industriais e adequado "lay-out" das fontes, podem resultar em substancial diminuição da poluição do ar.

Ressalte-se que, em vários casos, a adoção de uma ou mais destas medidas levam a uma redução na emissão de poluentes, sem qualquer distúrbio na qualidade e quantidade dos produtos fabricados ou no aumento do seu custo de produção.

Em outros casos, porém, a qualidade do produto pode ser afetada e/ou seu custo de produção pode ser significantemente acrescido. Em tais casos, deve ser feito um estudo detalhado da viabilidade técnica e econômica dos procedimentos a serem adotados, para permitir a melhor escolha de controle disponível e desejado.

7.2.3 Diluição em chaminés

No capítulo relativo à dispersão de poluentes atmosféricos, já vimos que a concentração em um dado ponto depende da altura efetiva da chaminé, além de alguns parâmetros do efluente, de forma a reduzir as concentrações no ambiente.

Finalmente, gostaríamos de mencionar que o país que mais se utilizou desse expediente foi o Japão, onde algumas chaminés com mais de 200 metros de altura podem ser encontradas. A condição de ser uma ilha, teve preponderante influência na escolha desta medida complementar de controle da poluição do ar.

7.2.4 Mascaramento

Processo de eliminação da percepção de um determinado odor, pela introdução no

efluente de outra substância odorífera de odor mais agradável. Esta medida tem utilização bastante restrita e sua importância é quase nenhuma.

7.3 Medidas diretas: equipamentos anti-poluição

7.3.1 Introdução

Fundamentalmente existem dois grandes grupos de equipamentos anti-poluição: aqueles destinados ao controle de partículas e aqueles destinados ao controle de gases e vapores. Exceto alguns lavadores, que coletam ambos os tipos de poluentes, todos os demais equipamentos anti-poluição têm princípios de funcionamento e características bem específicas.

A adequação qualitativa do uso de cada tipo de equipamento para cada tipo de poluente e a eficiência de coleta obtida, dependem extraordinariamente das características e propriedades do poluente e do efluente que o carreia. Dessa forma, neste capítulo entraremos em algum detalhe das propriedades características, de tão grande importância na escolha do equipamento de controle mais adequado para cada caso.

De uma forma geral são os seguintes os equipamentos mais utilizados para coleta de poluentes atmosféricos, que serão separadamente analisados em itens posteriores:

– Para controle de partículas:

- coletores gravitacionais
- coletores inerciais
- coletores centrífugos (ciclones)
- lavadores em geral (lavador venturi, torre de borrifo, lavador de disco, etc.)
- filtros de tecido (mangas)
- precipitadores eletrostáticos
- outros coletores (sônico, etc.)

– Para controle de gases e vapores:

- torres de absorção (torres de enchimento; torres de prato)
- leitos de absorção
- incineradores de gases (catalíticos e de chama)
- condensadores
- absorção com reação química

– Parâmetros intervenientes

Além do tamanho das partículas de capital importância na escolha do equipamento de controle, outros fatores característicos do efluente ou do poluente em si têm marcante influência. São eles:

– Estado físico do poluente
- composição química
- temperatura
- viscosidade
- umidade
- combustividade
- reatividade

} do gás carreador

- propriedades elétricas do carreador

- carga de poluente
- solubilidade
- capacidade absortiva
- combustividade
- reatividade química
- propriedades elétricas
- higroscopicidade

} do poluente

– Grau de limpeza desejado
– Custo do sistema

Outro fator fundamental é o custo total do sistema, dado pela soma do custo de capital e do custo de operações. Estudos extensivos sobre o custo desses equipamentos têm sido resumidos, a fim de possibilitar uma análise mais rápida do problema.

Finalmente, a prévia experiência do engenheiro no campo e os conhecimentos práticos e teóricos desses equipamentos são fatores fundamentais para uma escolha adequada. Casos inusitados devem ser resolvidos por verdadeiros especialistas, a fim de evitar danos econômicos irreparáveis, devido à escolha inadequada de um equipamento que, via de regra, após instalado, não terá qualquer outra utilização a não ser aquela para a qual foi projetado.

Com o objetivo de auxiliar aqueles que ainda não adquiriram conhecimentos mais profundos sobre o assunto, é que introduzimos os itens que se seguem. A Tabela 8 fornece alguns dados comparativos sobre equipamentos de controle.

7.3.2 Equipamentos de controle de partículas

7.3.2.1 Coletores gravitacionais

– Princípios de funcionamento

Esse princípio de equipamento de controle utiliza a deposição gravitacional das partículas carregadas pelo fluxo gasoso. Para tanto, é necessário que a velocidade do gás seja substancialmente reduzida para possibilitar a deposição das partículas dentro da câmara. Na Figura 35, pode-se observar uma esquematização da chamada câmara gravitacional.

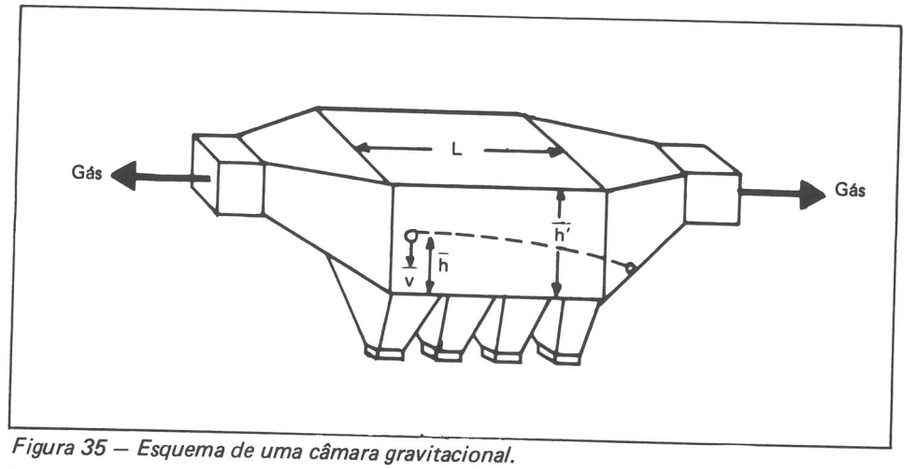


Figura 35 – Esquema de uma câmara gravitacional.

Tabela 8 – Comparações econômicas de vários sistemas coletores[4] (60000 pés^3/min; 68º F; 5 grãos/pé^3).

Equipamento	Eficiência (%)	Custo capital (1000 $)* total por 1000 pé^3/min	Perda de carga (pol de água)	Força (1000 $/ano)	Água recirculada (galão/1000 pé^3)	Custo de Água (1000 $/ano)	Manutenção (1000 $/ano)	Custo total de operação (1000 $/ano)	Taxas[5] (1000 $/ano)	Custo total do sistema (1000 $/ano)	Cent[6] por 1000 pé^3
Ciclone simples	62,3	9,240 0,14	3,7	4,732	–	–	0,168	4,900	1,924	5,824	0,020
Ciclone de alta eficiência	84,2	17,640 0,28	4,9	6,328	–	–	0,168	6,496	1,764	3,260	0,029
Ciclone irrigado	91,0	21,840 0,36	3,9	5,634	4,0	1,848	0,420	7,952	2,184	10,136	0,034
Multiciclone	93,8	19,320 0,31	4,3	5,544	–	–	0,168	5,712	1,932	7,644	0,027
Precipitador eletrostático	94,1	85,960 1,43	0,5	1,736	–	–	0,700	2,436	8,596	11,032	0,038
Eletrostático irrigado	99,0	147,840 2,46	0,6	3,136	2,5	1,232	1,120	5,488	14,784	20,272	0,070
Filtro-manga convencional	99,9	49,280 0,81	4,0	5,264	–	–	8,940[2]	14,168	4,928	19,096	0,060
Filtro de manga com jato reverso	99,9	47,600 0,78	5,0	11,172	–	–	7,560[3]	18,732	4,700	23,492	0,082
Torre de "spray" gravitacional	96,3	51,240 0,84	1,4	6,650	18,0	9,240	0,840	16,730	5,124	21,854	0,075
Lavador úmido de impactação	97,9	28,840 0,48	6,1	8,120	3,0	1,540	0,840	10,500	2,884	13,384	0,047
Lavador auto-induzido	93,5	23,360 0,42	6,1	7,896	0,6	0,308	0,560	8,764	2,436	11,200	0,038
Lavador venturi	99,7	42,000 0,70	22,0	29,596	7,0	3,308	0,840	33,824	4,200	38,024	0,128
Desintegradores	98,5	66,640 1,12	–	63,560	5,0	2,380	0,560	66,500	6,554	75,104	0,257

*dólares norte-americanos.

– Principais utilizações – vantagens e desvantagens

Os usos mais comuns de câmaras gravitacionais são como um pré-coletor em operações de refino de metais (para partículas grossas), em indústrias alimentícias (cascas e películas), em caldeiras alimentadas a carvão (para coletar as cinzas carreadas) etc. As maiores vantagens estão relacionadas com o baixo custo, pequeno desgaste, pequena potência consumida, simplicidade de projeto, construção e instalação e pelo fato de que pode ser utilizada com efluentes gasosos e altas temperaturas. Como já foi mencionado, os principais inconvenientes são a baixa eficiência para partículas pequenas e o grande espaço requerido.

7.3.2.2 Coletores centrífugos – ciclones

– Princípios de funcionamento

Nos coletores centrífugos, pretende-se fazer agir a força centrífuga sobre as partículas para possibilitar sua coleta. A força centrífuga aplicada sobre as partículas é várias vezes mais intensa do que a força da gravidade, empurrando a partícula na direção das paredes do ciclone, retirando-a do fluxo gasoso. A Figura 36 mostra o esquema de um ciclone e suas respectivas dimensões (nomenclatura) que serão utilizadas daqui por diante.

O gás, entrando tangencialmente no topo do ciclone, cria um fluxo espiral descendente entre a parede e o duto da saída. Esta, chamada espiral principal, estende-se até a base do cone e retorna em movimento espiral ascendente interno. É a chamada espiral interna, que se estende até o duto de saída, dando descarga ao "gás limpo". Convém salientar que, no topo do ciclone, surgem turbulências secundárias, cuja eliminação deve ser tentada.

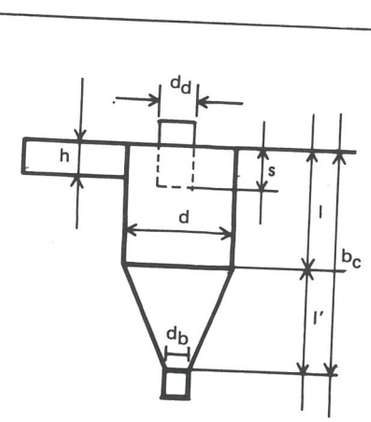


Figura 36 – Esquema de um ciclone.

– Principais utilizações – vantagens e desvantagens

Coletores centrífugos têm encontrado uma enorme aplicação na indústria para a coleta de material particulado. Seria até mesmo desnecessário e impossível enumerar as diversas aplicações de ciclones em indústrias, não só como equipamento de controle de poluentes, mas também como equipamento do próprio processamento industrial.

Suas principais vantagens residem no baixo custo, na baixa potência consumida, na simplicidade de projeto, manutenção e construção, pelo fato de inexistir uma temperatura dos gases que seja limitante; e as principais desvantagens estão ligadas à baixa eficiência para partículas inferiores a 5 μm, à abrasão excessiva e a possibilidade de entupimento pela presença de altas concentrações de poeiras, principalmente as de menor diâmetro, mais moles, mais higroscópicas e mais pegajosas.

7.3.2.3 Coletores úmidos

— Princípios de funcionamento

O gás carreando material particulado é forçado através de uma aspersão de gotas, com as quais as partículas se chocam, se depositam por difusão e agem como núcleo de condensação de água; conseqüentemente aumentando de tamanho, o que torna sua coleta mais fácil. Portanto, podemos dizer que os quatro mecanismos de coleta mais importantes num coletor úmido são: a impactação, a interceptação, a difusão e a condensação.

— Principais usos — vantagens e desvantagens

Os usos de lavadores são extraordinariamente diversificados e seria inútil listá-los, ainda que parcialmente. Útil, no entanto, é relacionar as principais vantagens e desvantagens no uso de coletores úmidos.

Vantagens:

- pode coletar partículas e gases ao mesmo tempo;
- dissolve partículas solúveis;
- executa a função secundária de resfriamento;
- gases e névoas corrosivas podem ser coletados e neutralizados;
- evita riscos de explosão pela presença de gases e poeiras combustíveis;
- seu tamanho em geral é pequeno;
- seu custo inicial é baixo.

Desvantagens:

- recristaliza materiais solúveis;
- necessita de leito de sedimentação para partículas insolúveis;
- cria resíduos líquidos;
- partículas submicrométricas são coletadas com baixa eficiência;
- as partículas não-molháveis são difíceis de coletar;
- gotículas podem sair pelo efluente do coletor;
- o efluente tem alta umidade relativa, e baixo ponto de orvalho;
- alta taxa de corrosão;
- possibilidade de congelamento do líquido em zonas frias;
- locais com deficiências no abastecimento de água;
- excessiva evaporação do líquido para gases quentes;
- excessivo consumo de potência em alguns casos.

7.3.2.4 Filtros

— Princípios de funcionamento

Trata-se de um dos mais antigos métodos de remoção de partículas de um fluxo gasoso. Pode apresentar altas eficiências para uma ampla faixa de tamanhos de partículas. O fluxo de gás carregado de partículas é forçado através de um meio poroso, onde as partículas são coletadas por alguns dos mecanismos de coleta já mencionados. O meio poroso pode ser composto de material granulado ou fibroso, podendo ser disposto na

forma de leitos, compactado em painéis ou na forma de tecido.

— Principais utilizações — vantagens e desvantagens

Filtros de tecido têm sido amplamente utilizados como equipamento de controle da poluição do ar. Algumas das utilizações mais usuais se dão em indústrias de minerais não-metálicos, fornos elétricos de aço, fornos de recuperação de chumbo, dióxido de titânio, cereais, madeira, etc.

Vantagens:

- alta eficiência;
- perda de carga não-excessiva;
- resistência à corrosão.

Desvantagens:

- alto espaço requerido;
- alto custo;
- pouca resistência a altas temperaturas;
- empastamento, devido a poluentes condensáveis e pegajosos;
- possibilidade de entupimento.

7.3.2.5 Precipitadores eletrostáticos

— Princípios de funcionamento

Em contato com uma alta diferença de potencial, o ar ioniza-se. Se o fluxo de ar que carrega as partículas passa por uma alta diferença de potencial, o gás ioniza-se e os íons chocam-se ou depositam-se nas partículas, carregando-as eletricamente e fazendo com que elas migrem em direção ao pólo de carga contrária. Esse é o princípio básico da precipitação eletrostática de partículas, que permite a posterior coleta das mesmas e sua adequada disposição final (Figura 37).

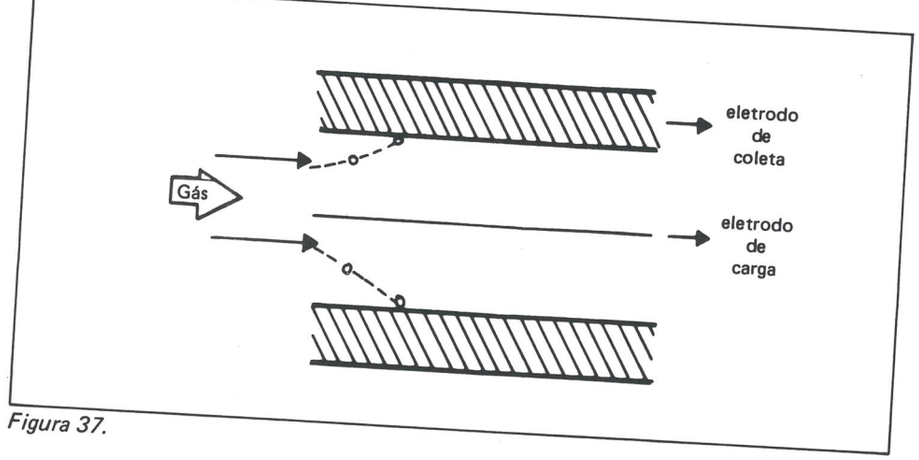


Figura 37.

Entre as várias classificações de precipitadores eletrostáticos, as de maior interesse são as classificadas de acordo com a diferença de potencial utilizada, do tipo de corrente corona e número de estágios existentes, ou, respectivamente, de forma reduzida:

Classificação

1) a) alta tensão (30-100 KV)
   b) baixa tensão (10-15 KV)
2) a) corona positivo (baixa tensão-comercial)
   b) corona negativo (alta tensão-industrial tubular)
3) a) simples estágio (industrial)
   b) dois estágios (comercial)

— Vantagens e desvantagens

As principais vantagens no uso de precipitadores eletrostáticos são:

a) pode tratar grandes vazões de gás e altas temperaturas;
b) a perda de carga (pressão) é muito pequena;
c) apresenta alta eficiência de coleta numa faixa de determinado tamanho de partículas;
d) os custos de operação e de manutenção são baixos (0,2 a 0,6 HP/1000 pés^3/min);
e) permite a colocação de células adicionais.

As principais desvantagens são:

a) alto custo inicial;
b) requer grande espaço;
c) apresenta perigos causados pela alta tensão;
d) só serve para material articulado.

— Principais utilizações

Precipitadores eletrostáticos têm sido freqüentemente utilizados em usinas termoelétricas, fábricas de cimento, aciarias, fundição de metais não-ferrosos, em fábricas de celulose e em incineradores de resíduos sólidos (lixo).

7.3.3 Controle de gases e vapores

Entre as várias possibilidades de se separar e coletar um poluente gasoso de seu meio de solução, as mais usuais são: a absorção, a condensação e a incineração (direta ou catalítica). Cada uma dessas alternativas apresenta impossibilidades, vantagens e desvantagens, fazendo parte do escopo deste capítulo uma rápida abordagem de cada uma delas, com o objetivo de fornecer alguns subsídios que auxiliem a opção.

7.3.3.1 Absorção de gases e vapores

— Princípios de funcionamento

Quando um gás ou vapor em solução gasosa é posto em íntimo contato com um líquido no qual ele é solúvel, há transferência de massa do gás para o líquido, proporcionalmente à solubilidade do gás no líquido e ao diferencial de concentração. Nos casos em que, além dessa afinidade física, o gás reage com o líquido (ou com alguma substância nela dissolvida), ocorre a chamada absorção com reação química, fato que geralmente aumenta a eficiência da coleta.

A transferência de massa é conseguida em equipamento onde o soluto (gás ou vapor poluente) é posto em íntimo contato com o solvente (líquido), cujos tipos principais são as torres de enchimento, torres de prato, torres de "spray" (borrifo) e os lavadores tipo venturi. Neles, a absorção é provocada pelo grau de difusão molecular e turbulenta entre as fases (gasosa e líquida), para o qual várias teorias explanativas existem, como por exemplo, a teoria dos filmes de Whitman e Lewis.

A escolha do solvente é de grande importância para que altas eficiências sejam obtidas. Alguns desses fatores são: alta solubilidade do gás no líquido, baixa volatilidade

do solvente, baixa corrosividade, baixa viscosidade, baixa toxicidade, baixa inflamabilidade, alta estabilidade química, baixo custo e grande disponibilidade comercial. A recuperação do solvente e do soluto é, algumas vezes, economicamente interessante, o resíduo deve ser adequadamente tratado para evitar problemas de poluição das águas.

7.3.3.2 Adsorção

A capacidade de retenção de certos poluentes por substâncias de alta superfície específica (alta porosidade) por forças de atração intermoleculares (Van der Waals) ou por afinidade química, pode ser usada na coleta de poluente em equipamentos chamados leitos de adsorção. Os materiais capazes de adsorver seletivamente gases e vapores de massa molecular superior a 45, são os chamados adsorvedores, e os mais utilizados são o carvão ativado ou ativo, a alumina ativada e a sílica-gel.

Como já foi mencionado, nem todos os gases e vapores podem ser adsorvidos.

Os equipamentos usados são, em geral, recipientes metálicos em cujo interior se dispõem leitos de carvão ativado de 0,5 a 3 pés de espessura, através do qual o fluido carreando o poluente a ser adsorvido passa a velocidade da ordem de 30 pés/min. (odores) ou 60 pé/min. (solvente e outras substâncias). Antes de passar pelos leitos de adsorção, o fluido deve ser previamente condicionado, de forma a evitar a presença de partículas em suspensão, excesso de umidade (a umidade relativa deve ser inferior a 50%) e temperatura excessiva (deve ser inferior a 50°C), para evitar danos ao carvão ativado e queda de eficiência de adsorção.

A medida que o contaminante vai sendo adsorvido, o adsorvedor vai sendo saturado, devendo, ao fim de certo tempo, ser regenerado pela passagem de vapor (100-150°C). Leitos de carvão ativado podem coletar com grande eficiência (não depende da concentração) solventes, odores, etc. Na prática as seguintes aplicações são usuais:

— limpeza a seco de tecidos;
— desengraxamento com solventes orgânicos;
— pintura;
— extração de solventes;
— banhos diversos para tratamento de superfícies;
— plastificação e emborrachamento;
— fabricação de produtos químicos e farmacêuticos;
— impregnação de papel e tecidos com resinas;
— fabricação de tintas e vernizes;
— fabricação e beneficiamento de alimentos.

A adsorção é um eficiente método de controle para esses casos, e de baixo custo, quando as concentrações não ultrapassam 500 ppm, pois para maiores concentrações, os custos se tornam elevados. Alguns custos de leitos de adsorção estão na Tabela 38.

7.3.4 Incineração de resíduos gasosos

— Introdução

O papel desempenhado pelos processos de combustão no problema da manutenção ou poluição dos recursos do meio ambiente é ambíguo e paradoxal. Os processos combustivos são poluidores, mas, com relação a alguns aspectos e tipos de poluição podem mesmo ser considerados de suma importância. A combustão tem sido largamente empregada como meio de evitar que poluentes sejam lançados nas águas, no ar e no solo. Algumas vezes, entretanto, a utilização de processos de combustão para controlar a

Tabela 9 — Custo do equipamento (dólares/pés³ /min).

pés³/min (25ºC 1 atm)	Concentração do solvente (gal/h por 1000 pés³/min, 25ºC e 1 atm)					
	0,02	1	2,5	5	10	20
1000	13,00	14,00	16,00	19,00	21,00	22,00
2000	9,00	10,00	10,00	12,50	16,00	19,50
4000	6,00	7,75	8,75	10,05	12,00	17,50
8000	5,25	6,25	7,25	8,45	10,25	15,50
15000	3,95	4,35	4,75	7,05	9,00	13,00
30000	3,15	3,40	4,25	6,65	8,40	11,35
60000	2,35	2,50	3,75	6,25	8,20	
100000	2,15	2,20	3,30	6,00	8,00	
150000	1,95	2,00				

poluição de um dos recursos, transforma-se na fonte ou na causa da emissão de poluentes em outro recurso.

— Tipos principais

Materiais combustíveis lançados na atmosfera através de um efluente gasoso de uma chaminé, podem ter queimados suas substâncias menos tóxicas ou as substâncias que provoquem menos inconvenientes ao bem-estar público. Gases, vapores orgânicos e outras substâncias odoríferas são mais comumente controlados por incineração. É importante lembrar que a combustão desses resíduos deve ser completa, para evitar que substâncias mais tóxicas ou incômodas que as primitivas, sejam lançadas, em conseqüência da combustão parcial do material.

Os equipamentos (ou métodos) mais empregados para incineração de gases e vapores são os "flares", os queimadores de chama direta e os queimadores catalíticos. Para os de chama direta, os princípios básicos de combustão são aplicáveis, e as condições exigidas para garantir uma combustão completa devem ser atendidas. Como norma geral, para garantir a queima completa, todo efluente (velocidade de 15-25 pés/s) deve ser levado a temperaturas entre 900 e 1400ºF, durante 0,2 a 0,5 s, providenciadas as condições de turbulência e o oxigênio necessário.

7.3.5 Controle de vapores através de condensação

Em caso de o poluente ser emitido na forma de vapor, o controle pode ser atingido, transformando esses poluentes para a fase líquida e retendo-os nessa fase. A transformação de um vapor para líquido se faz com um condensador que opera através de um aumento de pressão ou retirando calor do poluente. Nos casos práticos de controle de poluição do ar, os condensadores operam pela retirada de calor.

Em controle de poluição do ar, a condensação pode ser usada como um tratamento

único, ou ser parte de um tratamento mais complexo. Neste último caso, os vapores, após passarem pelo condensador, seriam encaminhados a um outro equipamento de controle, por exemplo, um pós-queimador. Isso é feito para reduzir a carga do equipamento mais caro, ou para recuperar parte dos poluentes ou para proteger o outro equipamento contra corrosão ou outros danos, ou, ainda, para se atingir um nível de controle que o condensador sozinho não conseguiria.

Os condensadores podem ser de dois tipos: de contato direto ou de mistura, e de contato indireto ou de superfície. O meio de resfriamento é um líquido, e para a grande maioria dos casos, esse líquido é a água.

8 A LEGISLAÇÃO E A ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS DE AR

Após diagnosticado um problema de poluição ambiental, em uma dada área e o mesmo ter sido devidamente avaliado quanto a sua severidade e complexidade, de imediato, a decisão governamental de controlar o problema, envolve:

— A disponibilidade ou preparação dos recursos humanos necessários.
— A disponibilidade ou a obtenção dos recursos técnicos e financeiros necessários.
— A fixação em forma de plano de ação dos objetivos a atingir e das diretrizes, filosofia e estratégias de controle.
— A elaboração de uma legislação adequada que reflita "in totum" as diretrizes, filosofia e estratégias de controle, escolhidas e definidas para atingir os objetivos fixados.

Os programas de conservação de recursos de ar precisam ter seus objetivos bem definidos, suas diretrizes estabelecidas e os procedimentos especificados, e devem ser continuadamente avaliados durante sua implementação.

Os programas de controle devem levar em conta as seguintes considerações básicas:

— O ar é de domínio público.
— A poluição do ar é um fenômeno evitável.
— Os métodos de controle da poluição do ar não devem incrementar a poluição em outros setores do meio ambiente.
— Os governos devem realmente estar dispostos a controlar a poluição.
— O ar não tem fronteiras.

O objetivo básico do programa deve ser o de prevenir a poluição, visando à proteção da saúde, segurança e bem-estar da população e, se a mesma já existe, corrigir, através da adoção de medidas objetivando reduzi-la a níveis compatíveis com a referida proteção.

Do programa deverá constar uma fase de diagnóstico, na qual é feito um levantamento detalhado das fontes de poluição e da qualidade do ar. A análise de tais dados permitirá tomadas de decisão relativas a prioridades do programa, adoção de padrões de qualidade do ar e de emissão das fontes, etc. Além desses, o programa deverá necessariamente conter subprogramas de abatimento de emissões visíveis, regras de utilização do solo, de análise e aprovação de instalação para novas fontes e de inspeção rotineira das fontes existentes, além de processos comunitários de informação.

Todos estes aspectos devem constar de uma legislação adequada que reflita perfeitamente os conceitos utilizados e as diretrizes adotadas. Mesmo uma legislação adequada, por si só, não controla a poluição do ar, mas a sua ausência é um impecilho tão grave ao controle da poluição do ar quanto a ausência de recursos materiais e humanos para aplicá-la.

Finalmente, a título de informação e para consulta, incluímos no Anexo 1 uma lista das leis e decretos em vigor no Brasil, relativos à proteção ambiental.

Anexo 1

LEGISLAÇÃO FEDERAL

DECRETO-LEI Nº 1.413, DE 14.08.75
Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.

DECRETO Nº 76.389, DE 03.10.75
Dispõe sobre as medidas de prevenção e controle da poluição industrial, de que trata o Decreto-Lei nº 1.413, de 14.08.75, e dá outras providências.

PORTARIA Nº 231, DE 27.04.76
Estabelece os padrões de qualidade do ar.

PORTARIA Nº 13, DE 15.01.76
Estabelece a classificação das águas interiores do Território Nacional.

DECRETO Nº 81.107, DE 22.12.77
Define o elenco de atividades consideradas de alto interesse para o desenvolvimento e a segurança nacional, para efeito do disposto nos artigos 1º e 2º do Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975.

PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 1, DE 23.01.78
Dispõe sobre enquadramento das águas.

LEGISLAÇÃO ESTADUAL PAULISTA

LEI Nº 118, DE 29.06.73
Autoriza a constituição de uma sociedade por ações, sob a denominação de CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico —, e dá providências correlatas.

DECRETO Nº 5.993, DE 16.04.75
Altera a denominação e as atribuições da CETESB — Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico —, e dá providências correlatas.

LEI Nº 898, DE 18.12.75
Disciplina o uso do solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e dá providências correlatas.

LEI Nº 1.172, DE 17.11.76
Delimita as áreas de proteção relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água a que se refere o artigo 2º da Lei nº 898, de 18.12.75, estabelece normas de restrição de uso do solo em tais áreas e dá providências correlatas.

DECRETO Nº 9.714, DE 19.04.77
Aprova o Regulamento das Leis nº 898, de 18.12.75 e nº 1.172, de 17.11.76, que dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para a proteção aos mananciais da Região Metropolitana da Grande São Paulo.

LEI Nº 997, DE 31.05.76
Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente.

DECRETO Nº 8.468, DE 08.09.76
Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31.05.76, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

DECRETO Nº 10.229, DE 29.08.77 — REVOGADO PELO DECRETO Nº 12.045/78
Acrescenta dispositivo ao Regulamento aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 08.09.76, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente.

DECRETO Nº 10.755, DE 22.11.77
Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores, constantes na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 08.09.78, e dá providências correlatas.

DECRETO Nº 11.213, DE 21.02.78
Institui a Comissão para reexaminar o enquadramento dos corpos de água receptores, constantes no Anexo ao Decreto nº 10.755, de 22.11.77.

LEI Nº 1.563, DE 28.03.78
Proíbe a instalação nas estâncias hidrominerais, climáticas e balneárias de indústrias que provoquem poluição ambiental.

DECRETO Nº 11.720, DE 16.07.78 — REVOGADO PELO DECRETO Nº 12.045/78
Acrescenta Parágrafo Único ao Artigo 116, do Regulamento de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente.

DECRETO Nº 12.045, DE 08.08.78
Altera o Artigo 116 do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 08.09.76, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente e revoga os Decretos nº 10.229, de 29.08.77 e nº 11.720, de 16.07.78.

DELIBERAÇÃO CETESB Nº 01/78, DE 01.07.78
Dispõe sobre os efluentes líquidos.

DECRETO Nº 12.219, DE 01.09.78
Autoriza a Secretaria dos Negócios Metropolitanos a celebrar convênios com os Municípios da Região Metropolitana da Grande São Paulo para aprovação dos projetos de residências unifamiliares em áreas de proteção aos mananciais metropolitanos, estabelecidas pelas Leis 898, de 18 de dezembro de 1975, e 1.172, de 17 de novembro de 1976.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOND, Richard G., ed. & STRAUB, Conrad P., ed. **Handbook of environmental control.** Cleveland, CRC, 1972. 2v.
2. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Assessoria Jurídica. **Compilação de leis e decretos.**
3. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Dados e informações de propriedade da CETESB.**
4. LEDBETTER, J.O. **Air pollution.** New York, Marcel Dekker, 1972. 2v.
5. MESQUITA, Armando Luis de Souza et alii. **Engenharia de ventilação industrial.** São Paulo, CETESB; Edgard Blüchen, 1977. 442p.
6. NEFUSSI, N. et alii. **Curso de poluição.** Rio de Janeiro, IBP, 1976.
7. ROSSANO, A.T. **Air pollution control.** New York, McGraw-Hill Book, 1974.
8. STERN, Arthur C., ed. **Air pollution.** New York, Academic, 1976. 5v.

Anotações de aula e apostilas de Nefussi e Guimarães dos cursos da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

CAPÍTULO VII

O SANEAMENTO DO MEIO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

Engº Arlindo Philippi Júnior

VII – O SANEAMENTO DO MEIO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL

1 INTRODUÇÃO

No início do mundo, os recursos naturais eram abundantes. Não existiam homens e, conseqüentemente, não havia atividades realizadas por eles.

Com o aparecimento dos homens, surgiram as primeiras atividades que, durante muito tempo, se apresentaram uniformes, sem muita diversificação.

Nesse período, os recursos naturais ainda eram abundantes, e a relação entre esses recursos e os espaços existentes e os homens e suas atividades apresentava um valor altamente positivo, que se traduzia em elevada qualidade do Meio Ambiente.

E chegou-se ao período atual, quando os recursos naturais vem sendo destruídos e os homens mais rapidamente se multiplicam, assim como atividades que, agora, além de serem numerosas, se diversificam.

Dessa forma, a relação entre os recursos naturais e os espaços existentes e os homens e suas atividades passa progressivamente a apresentar um resultado negativo, que se traduz em prejuízo à qualidade do Meio Ambiente.

Pela existência de uma correlação entre qualidade do meio e qualidade de vida, pode-se afirmar que, à medida que o Meio Ambiente se deteriora, a qualidade de vida é afetada.

Dois aspectos explosivos do século XX merecem atenção e exigem cuidados: o crescimento demográfico e a urbanização, ambos passando por transformações aceleradas, paralelamente ao incessante desenvolvimento tecnológico.

São necessárias ações que ataquem o problema e permitam rápido equacionamento, apresentando soluções. Trata-se, portanto, de ações pertinentes à área de Planejamento.

2 ASPECTOS A SEREM OBSERVADOS

No planejamento, deve-se focalizar o TODO; no TODO, observar as PARTES que o compõem e, nas PARTES, considerar suas subdivisões. Tudo isso de acordo com uma visão de caráter global.

Essas partes se referem aos recursos naturais, aos recursos artificiais e aos homens e suas atividades.

Os recursos naturais são os seguintes:

- água
- ar
- solo
- flora
- fauna
- espaço

Os recursos artificiais são:

a) Edificações e abrigos:
- casas
- escritórios
- fábricas
- etc.

b) Equipamentos:
- vias de circulação e outras;
- redes de água, esgotos, luz, telefone, gás, etc.

c) Equipamentos/Edificações: — portos, aeroportos, rodoviárias e ferroviárias;
— barragens, represas, etc.

Relacionando-se diretamente com os recursos naturais e artificiais, o homem exige cuidados especiais quanto às suas atividades básicas, ou seja:

— circulação
— recreação
— trabalho
— habitação

Assim sendo, para satisfazer necessidades específicas do homem, da flora e da fauna, tanto fisiológicas e psicológicas como de estudos de caráter epidemiológico, além de necessidades do meio ambiente em geral, ou seja, para atingir o equilíbrio ecológico, deve-se preservar e controlar os recursos naturais e artificiais. Isso implica no controle de resíduos líquidos, gasosos, sólidos, etc.; no conforto térmico, acústico, visual e espacial; na segurança pública, do trabalho e social; na limpeza pública e na higiene; etc.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) diz que as normas de planejamento físico mais válidas são as que se apóiam em normas sanitárias.

Dessa forma, o que se procura é a qualidade do meio. Para que se tenha qualidade do meio, exige-se qualidade da água, do ar, do solo, dos alimentos, dos meios de transporte, dos locais de habitação, recreação e trabalho, entre outros.

3 PLANEJAMENTO TERRITORIAL

A qualidade do meio, conforme já mencionado, implica em qualidade de vida. Um dos principais instrumentos para obtenção dessa qualidade é o planejamento territorial.

Todo planejamento, inclusive o territorial, envolve aspectos físicos, político-administrativos, sociais e econômicos.

Os objetivos do planejamento territorial basicamente são: elevação do nível de vida, melhores condições para maior número de pessoas e preservação dos recursos naturais.

Em termos conceituais, o planejamento territorial "ordena, articula e equipa racionalmente o espaço, destinando suas partes e o todo às diversas atividades da vida". Criam-se condições de valorização dos diversos meios ambientes.

Novamente merece ser salientado que essas atividades são as já mencionadas: circulação, recreação, trabalho e habitação.

A metodologia a ser empregada depende basicamente de quatro fatores, a saber: grau de intervenção desejado, recursos, enfoque e controle de variáveis.

Para a realização do planejamento territorial, torna-se necessária a participação de uma equipe composta, dentro das possibilidades, de profissionais como: engenheiro, arquiteto, economista, sociólogo, geógrafo, sanitarista, urbanista, entre outros, que possam dar sua contribuição.

A área a planejar deve ser delimitada, podendo ser adotados limites político-administrativos e limites regionais. Com relação ao limite político-administrativo, podem ser adotados como tal o Município e o Estado; e com relação ao limite regional, podem ser adotados como tal áreas com características próprias, quanto ao aspecto econômico, geológico, hidrográfico, etc.

O processo de planejamento territorial deve ser aplicado em meios ambientes rurais, urbanos e em áreas destinadas à preservação ecológica.

4 FASES DE PLANEJAMENTO

O processo de planejamento envolve três fases: eclosão, projeto e execução.

4.1 Eclosão

A fase de eclosão visa criar um clima propício entre a população, apresentando as vantagens do planejamento.

4.2 Projeto

O projeto é desenvolvido em três etapas, ou seja, estudo preliminar, diagnóstico e prognóstico, e plano diretor.

O estudo preliminar envolve a fase de levantamento e oferece condições para o estabelecimento da política de Planejamento.

Através de pesquisa, análise e crítica à organização territorial e ocupação do solo existente, obtém-se o diagnóstico da situação. Após, efetuam-se previsões de expansão e de evolução, apresentando-se alternativas.

Entre as alternativas propostas, é selecionada aquela que melhor atenda aos objetivos propostos, constituindo-se no plano diretor.

O plano diretor dá diretrizes de organização do espaço, tendo em vista o todo, as partes, seu relacionamento e sua funcionalidade.

4.3 Execução

Com as fases anteriores definidas, passa-se à final, de execução, quando devem ser consideradas as prioridades e os recursos, relacionando-se e programando-se planos a médio e curto prazo.

5 INSTRUMENTOS PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL

O arranjo ordenado, tanto físico como territorial, vale-se da organização espacial associada ao processo construtivo.

Ao ser adotada a organização espacial, são utilizadas soluções naturais; ao ser adotado o processo construtivo, são utilizadas soluções tecnológicas.

Exemplos de soluções naturais utilizadas na organização espacial: distância e posição relativa.

Exemplos de soluções tecnológicas utilizadas no processo construtivo: forma e material.

As soluções naturais apresentam caráter preventivo, possibilitando obtenção, conservação e até recuperação da qualidade do meio ambiente em condições economicamente favoráveis.

As soluções tecnológicas, quando não associadas como complemento às soluções naturais, podem ser exigidas, em níveis mais sofisticados, como necessárias à correção de problemas, apresentando, assim, um caráter corretivo.

6 RECOMENDAÇÕES

Pelas características que envolvem o saneamento do meio e o planejamento territorial, verifica-se a necessidade cada vez maior de serem desenvolvidos e aplicados os conhecimentos referentes ao assunto em todo o País.

Dentro do objetivo maior, de melhoria da qualidade do meio e, em conseqüência, da qualidade de vida nos Municípios e regiões brasileiras, torna-se necessário reforçar

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

e/ou orientar diferentemente as atividades de saneamento, bem como iniciar e treinar pessoal em disciplinas de Planejamento que lhe são tradicionalmente estranhas.

Tais providências serão o primeiro passo para a criação de uma consciência voltada para soluções globais e integradas, apresentando, dessa forma, condições para desenvolver e atingir os objetivos do saneamento do meio e do planejamento territorial.

BIBLIOGRAFIA

1. CARPIGIANI, U. **Prevenção de recursos naturais.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 1971. (Tese — Faculdade de Saúde Pública)
2. FERRARI, C. **Urbanismo I e II.** São Paulo, Universidade Mackenzie, Centro Horácio Lane, 1967.
3. GALLION, A.B. **Urbanismo planificación y diseño.** Mexico, Companhia Editorial Continental, 1960.
4. GIDEON, S. **Espacio, tiempo y arquitectura.** São Paulo, Barcelno, Heepli, 1955.
5. GOMES, J.C. **A cidade, seu equipamento.** São Paulo, CPEU-FAUUSP, 1964.
6. KORN, A. **History buils the town.** Londres, Lund Umparies Ed., 1956.
7. MUNFORD, L. **The culture of cleles.** Londres, Secker E. Warburg, 1956.
8. ODUM, O.P. **Ecologia.** São Paulo, Editora USP, Livraria Pioneira Ed., 1969.
9. OLIVEIRA, W.E. **Saneamento e planificação.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 1964.
10. _____. Saneamento e planificação. **Revista DAE**, São Paulo, **26**(57): 59, jun./dez. 1965; 27(60), mar. 1966. (Tese — Faculdade de Saúde Pública da USP)
11. O PROCESSO de planejamento territorial. São Paulo, CPEU-FAUUSP, 1966.
12. REIS, N.G. **Evolução urbana do Brasil.** São Paulo, Ed. USP; Livraria Pioneira, 1968.
13. RIGOTTI. **Urbanismo la técnica, la composición.**
14. SÃO PAULO. Secretaria do Interior. **PDDI Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado.** São Paulo, CEPAM, 1969.

CAPÍTULO VIII

SANEAMENTO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

ARLINDO PHILIPPI JUNIOR

Formação Profissional

- Engenheiro Civil pelo Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina.
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

ANTONIO CARLOS ROSSIN

Formação Profissional

- Engenheiro Industrial, Modalidade Química, pela Faculdade de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- Mestre e Doutor em Saúde Pública pelo Imperial College of Science and Technology da Universidade de Londres.

VIII – SANEAMENTO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

1 INTRODUÇÃO

Uma situação de emergência surge devido a uma ocorrência anormal, e durante um período de tempo, numa região.

A situação de emergência em geral se cria em conseqüência de um desastre, calamidade ou catástrofe, em tempo de guerra ou de paz, bem como em determinados locais.

No instante em que a ocorrência anormal afeta a saúde ambiental, há necessidade dos serviços de saneamento.

2 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

As ocorrências que podem levar a uma situação de emergência são em número não muito grande, e a avaliação do tipo e da extensão de danos deve ser cuidadosamente efetuada.

Enchentes, secas, explosões, incêndios, derramamento de produtos químicos, desprendimento de radiações prejudiciais, falta prolongada de energia, terremotos, maremotos são desastres que podem caracterizar uma situação de emergência, tão logo exista uma avaliação de suas extensões.

As características de uma situação de emergência se observam também em outras circunstâncias, tais como acampamentos de turismo, de obras e militares.

Esta avaliação, para cada caso, deve considerar os seguintes principais itens:

a) a área atingida pelo desastre;
b) o número de pessoas envolvidas;
c) o tipo e o grau de danos causados;
d) a perda de abrigo adequado pela população envolvida;
e) a interrupção parcial ou total de serviços de fornecimento de água;
f) a interrupção parcial ou total de serviços de esgotos, bem como a inutilização de sistemas individuais de destino dos dejetos;
g) a interrupção parcial ou total de serviços de coleta, transporte e disposição final de resíduos sólidos;
h) a interrupção parcial ou total de serviços médicos e de saúde;
i) a interrupção do fornecimento de energia elétrica.

3 ÁREAS DE OCORRÊNCIA

Os locais onde podem ocorrer situações de emergência são os mais variados possíveis, podendo ser englobados na seguinte classificação simplista:

a) cidades, sejam elas pequenas, médias ou grandes;
b) vilas, pequenas localidades;
c) acampamentos de obras;
d) acampamentos militares;
e) aglomerações humanas: campings, romarias, locais de manifestações públicas e pontos de descanso em rodovias;
f) veículos de transporte de massa e seus terminais;
g) outros.

A solução dos problemas que surgem numa situação de emergência está condicionada a fatores os mais diversos, sendo necessária uma dose bastante grande de bom-senso, aliada aos conhecimentos para sua adequação.

4 ABORDAGEM DO PROBLEMA

Determinado o acontecimento, delimitada a área de ocorrência e caracterizada a situação de emergência, deve-se instalar de imediato uma coordenadoria responsável pela área de saneamento, e que se poderá denominar "Coordenadoria de Saneamento", vinculada ao órgão responsável pelas atividades de saúde na área. A Coordenadoria deve atuar com firmeza, procurando entrosar as forças no atendimento aos flagelados e à comunidade.

Esta Coordenadoria deve possuir um local para sua instalação, que se tornará o Quartel-General do Saneamento, onde serão armazenados todos os produtos, equipamentos e materiais necessários à sua ação sanitária.

Um levantamento das condições sanitárias deve ser a primeira atividade a ser realizada, o que dará subsídios para o diagnóstico da situação.

Caracterizadas as dimensões do problema, a sua gravidade e suas necessidades em termos sanitários, é recomendável a criação de um organograma, onde deverão ser incluídas entidades que tenham condições de atuação nesta área. Isto feito, deverão ser contactadas as diversas entidades incluídas, visando um entrosamento e um melhor aproveitamento das forças no atendimento aos flagelados e à região atingida.

Entre as diversas formas de desastres que podem caracterizar uma situação de emergência, como foi visto anteriormente, existem as enchentes.

Considerando-se que neste país as enchentes são as formas de desastre que mais ocorrem, será abordado neste trabalho, como exemplo, a atuação de uma "Coordenadoria de Saneamento" para situação de emergência motivada por enchente.

5 ATUAÇÃO DE UMA "COORDENADORIA DE SANEAMENTO"

Os problemas que devem receber a atenção da Coordenadoria para imediato levantamento e atuação são:

a) abrigo dos flagelados, incluindo limpeza das áreas prioritárias;
b) abastecimento de água;
c) destino dos dejetos;
d) acondicionamento, coleta, transporte e disposição do lixo;
e) combate aos vetores;
f) controle da contaminação de alimentos;
g) limpeza de áreas prioritárias, para instalação de postos de atendimento médico;
h) drenagem de áreas com água estagnada;
i) remoção, queima e/ou enterro de cadáveres;
j) higiene dos flagelados;
l) programas de Educação Sanitária.

Com estes elementos tem-se condições de determinar as necessidades técnicas, de mão-de-obra, maquinário, produtos e materiais necessários, bem como determinar os órgãos que deverão participar da Coordenadoria.

Numa primeira aproximação, os órgãos mais diretamente envolvidos com a área de saneamento podem ser os seguintes:

a) órgãos de saúde da região: Ministério da Saúde, Secretarias de Saúde dos Estados e Municípios;
b) companhias de saneamento, sejam federais, estaduais ou municipais;
c) Corpo de Bombeiros;

d) unidades para recrutamento de voluntários: Forças Armadas, Universidades, Projeto Rondon, outras;
e) contingentes de apoio humano de massa: Forças Armadas, Universitários, Projeto Rondon, outros;
f) contingentes de apoio material: entidades governamentais, tais como Ministério da Saúde, Prefeituras Municipais da região e outras, e empresas particulares;
g) unidades de Combate a Vetores, tais como SUCAM — Superintendência de Campanhas do Ministério da Saúde, e outras.

Estes órgãos poderão participar com recursos materiais e humanos, cada qual em sua área de atuação, previamente definida pela Coordenadoria, que os deverá contactar solicitando-lhes o que ficou definido.

Efetuado o levantamento das condições sanitárias, obtidos os subsídios para um diagnóstico da situação, contactadas as diversas entidades, dever-se-á exercer a coordenação com firmeza.

Basicamente, com relação às atividades de cada setor, serão apresentados neste trabalho os pontos de atuação considerados mais importantes.

5.1 Abrigo dos flagelados, incluindo limpeza de áreas prioritárias

Num evento dessa natureza, o primeiro setor que é atingido é o da habitação, o que coloca ao desabrigo, de imediato, uma quantidade apreciável de pessoas, que necessitarão de abrigo, tanto das intempéries como também para o seu repouso.

Em termos de Saúde Pública, este aspecto deve ser considerado cuidadosamente, para possibilitar a escolha adequada de abrigos próprios, já que inúmeros locais que poderiam ser utilizados, em muitos casos, ficam em más condições de acesso e precárias condições de segurança.

Deve-se estimar o total de área necessária para abrigo da população e, com base nesse dado, passar-se à preparação dos locais que se destinarão à habitação provisória dos flagelados, dotando-os de adequadas condições higiênico-sanitárias para que possam ser por eles utilizados.

Caso haja disponibilidade de espaço nos abrigos destinados aos flagelados, é recomendável observar para os alojamentos uma área de três metros quadrados por pessoa, formar os leitos a uma distância de um metro uns dos outros, bem como dispô-los alternadamente, de modo que duas pessoas não durmam do mesmo lado.

No entanto, pode-se recair em estabelecimentos que tenham sido invadidos pelas águas. Na escolha desses locais leva-se em consideração sua área, localização e distribuição. Nesses casos, os estabelecimentos podem possuir detritos espalhados e lodo depositado nas partes térreas, subterrâneas e outras, o que exigirá um bom serviço de remoção, limpeza, dedetização e desinfecção.

Para esses serviços essenciais pode-se contar com a colaboração de equipes das Forças Armadas e de Universitários, em particular os inscritos no Projeto Rondon.

Além deste serviço inicial, há a necessidade de se manterem limpas as áreas, onde se acumulam o lixo produzido pelos flagelados, bem como a manutenção das condições higiênicas das privadas instaladas, dos poços, e reservatórios desinfetados.

Para essa tarefa, a supervisão da Coordenadoria de Saneamento deve ser constante; ela indicará os locais mais carentes destes serviços, e as equipes formadas providenciarão a manutenção, sendo recomendável que se utilizem também da mão-de-obra dos próprios flagelados, para que valorizem o serviço que está sendo executado.

Para o caso de não existirem prédios disponíveis para alojamento, podem ser utilizados abrigos improvisados, tais como barracas e tendas, obedecendo-se sempre que possível às recomendações acima.

5.2 Abastecimento de água

Com a catástrofe, a possibilidade de ter havido colapso no sistema de abastecimento de água da comunidade é bastante grande.

Sendo assim, devem ser tomadas providências no sentido de se levantar a situação e promover o restabelecimento do sistema, procurando, concomitantemente, outros possíveis mananciais, para o caso de eventual impossibilidade de recuperação, a curto prazo, do fornecimento de água.

As providências a serem tomadas são:

a) seleção do manancial de abastecimento adequado;
b) controle para prevenir a poluição do manancial selecionado;
c) tratamento da água;
d) desenvolvimento de um sistema distribuidor;
e) manutenção.

5.2.1 Seleção do manancial de abastecimento adequado

Essa seleção é condicionada a fatores de qualidade e quantidade.

Quanto à qualidade, a água a ser distribuída deve ser pelo menos sanitariamente segura, ou seja, que não afete a saúde da população.

No caso de serem utilizados mananciais já em uso, portanto já conhecidos, podemos nos limitar a uma inspeção sanitária dos mesmos.

No caso de serem utilizados novos mananciais, devemos, além da inspeção sanitária dos mesmos, providenciar, dentro do possível, exames de laboratório.

Através de testes rápidos, a qualidade da água de poços pode ser verificada. Para estes casos, pode-se pesquisar a existência de cloretos e de Nitrogênio Amoniacal, que são indicadores de poluição, principalmente de águas residuárias provenientes de esgotos domésticos.

Quanto à quantidade, deve-se efetuar cálculos rápidos para determinação do volume de água necessária; estes cálculos podem ser baseados nos seguintes parâmetros:

- Água necessária para sobrevivência: 1,5 litros/pessoa/dia;
- Previsão para situação de emergência: 40 litros/pessoa/dia;
- Previsão para demanda mínima de emergência:
  - para bebida — 2 litros/pessoa/dia
  - para lavagens e banho — 20 litros/pessoa/dia
  - para hospitais e pronto-socorro — 60 litros/leito/dia

5.2.2 Controle para prevenir a poluição do manancial selecionado

As águas para o atendimento à população podem ser superficiais, subterrâneas e até meteóricas.

Para águas superficiais, o controle é feito através de inspeção sanitária permanente, visando coibir o lançamento de esgotos, o uso do manancial para recreação e o uso do manancial pelos animais.

Quanto às águas subterrâneas, nos casos de emergência, são utilizadas geralmente as águas do lençol freático. O controle das águas subterrâneas:

- para fontes, é feito impedindo-se o acesso de animais através de cercado com 30 metros de diâmetro, e executando-se uma caixa de tomada adequada;
- para poços, deve-se observar as seguintes condições: localização em nível de terreno superior a eventuais focos de poluição; distância mínima de 15 metros de fossa seca ou linha de esgoto e depósito de lixo; distância mínima de 45 metros de fossa negra; impedir o acesso de animais através de cercado com 30 metros de diâmetro; poço devidamente tampado, bem como retirada adequada de água, não utilizando balde e corda; e impedir a entrada de águas de enxurrada, através de valetas de dispersão, a uma distância mínima de 2 metros do poço.

Para águas meteóricas, que podem ser armazenadas em reservatórios ligados aos telhados das casas, o controle é feito, desprezando-se as primeiras águas e obedecendo a alguns critérios:

- usar filtros de cascalho na canalização que vai do telhado para o reservatório, evitando, desta forma, a entrada de vetores;
- instalar tela, no extravasor do reservatório, pelo mesmo motivo acima exposto;
- manter os reservatórios bem tampados e retirar água de forma adequada.

5.2.3 Tratamento de água

Numa situação de emergência, os mananciais, a não ser em caso de absoluta certeza do contrário, devem ser considerados bacteriologicamente suspeitos, exigindo-se a desinfecção das águas antes de seu uso. Nestes eventos os padrões bacteriológicos são muito importantes.

Os poços localizados nas áreas atingidas e que são usados pela população devem ser desinfetados.

Como já foi citado, os padrões bacteriológicos são muito importantes, e, na impossibilidade imediata de tratamento, deve-se usar a melhor água disponível, sujeita ao tratamento mais adequado que se puder dar.

A ordem de preferência no uso da água pode ser a seguinte:

a) água fervida;
b) água desinfetada;
c) água captada diretamente da chuva;
d) água de poço não atingido;
e) água engarrafada, devidamente inspecionada.

No caso de ser executado tratamento através de simples desinfecção, esta pode ser efetuada no sistema, em poços, fontes e reservatórios, e até no domicílio.

5.2.4 Desenvolvimento de um sistema distribuidor

Como serviço de apoio, durante o período de ausência de água, podem ser usados carros-tanque, que levarão água aos locais considerados prioritários pela Coordenação, baseado nas necessidades e problemas encontrados.

Os abrigos dos flagelados devem receber água prioritariamente, por abranger maior número de pessoas concentradas, e um esquema de carros-pipa estacionados em pontos estratégicos distribuirá água à população em geral.

Os carros-tanque que levarão água ao consumidor, podem ser caminhões-tanque, trens-tanque e, excepcionalmente, até aviões.

No caso de ser necessário o transporte da água, podem ser usados para tal, veículos de irrigação, veículos fornecedores de leite e veículos de água para combate a incêndios.

Os veículos, antes de sua utilização, precisam ser desinfetados adequadamente. Para a desinfecção, enche-se-os de água, adiciona-se o produto desinfetante de modo a se ter as concentrações contidas no quadro abaixo e, decorrido o tempo necessário, esvazia-se e enxagua-se com água de qualidade segura.

DESINFECÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE CAMINHÕES-TANQUE	
CONCENTRAÇÃO DE CLORO LIVRE	**TEMPO**
50 mg/litro	durante 12 horas
100 mg/litro	durante 4 horas
200 mg/litro	durante 2 horas

5.2.5 Manutenção

Para a segurança do abastecimento de água, há necessidade de se exercer uma manutenção constante, que deve ser feita por pessoal capacitado e responsável.

Na impossibilidade de se contar de imediato com pessoal capacitado, deve-se, até que se os obtenha, utilizar pessoal responsável após uma pequena orientação dos procedimentos a serem adotados na manutenção.

No entanto, a necessidade de se contar com pessoal capacitado torna indispensável a sua presença tão logo seja possível.

A manutenção deve ser exercida sobre todos os meios de abastecimento de água utilizados pela comunidade.

5.3 Destino dos dejetos

Especialmente importante é o equacionamento do destino dos dejetos, principalmente em locais onde existe concentração humana, isto é, nos abrigos, estabelecimentos escolares, unidades de atendimento médico, postos de distribuição de roupas e alimentos, etc.

Deverão ser utilizadas soluções as mais próximas possíveis do lugar de alojamento das pessoas a que servirão.

Quando existirem sistemas de esgotos, são necessárias 8 privadas para cada 100 pessoas.

Quando não existirem, deve-se desenvolver um sistema de fossas, que podem ser, pelo menos, do tipo privada higiênica, ou fossa seca, até que se providencie instalações mais adequadas (Figura 38).

É recomendável uma fossa seca para cada 10 pessoas.

As privadas higiênicas ou fossas secas são dotadas de duas peças de madeira destinadas ao apoio dos pés, assentadas sobre o buraco. Este buraco poderá ter dimensões em torno de 80 centímetros de lado, se quadrado, ou 80 centímetros de diâmetro, se cilíndrico, com uma profundidade por volta de 180 centímetros, se possível, sendo respeitado, no entanto, o aspecto de que o fundo esteja a uma distância mínima de 1 metro e 50 centímetros acima do lençol freático, objetivando não contaminar o dito lençol.

Esta privada de emergência, às vezes simplesmente cercada, é onde as pessoas defecam, cobrindo suas dejeções com a própria terra retirada do local para fazer as fossas; é conveniente frizar que este tipo de fossa é bastante precário e só serve para as primeiras horas, enquanto se providenciam outras fossas em condições mais adequadas.

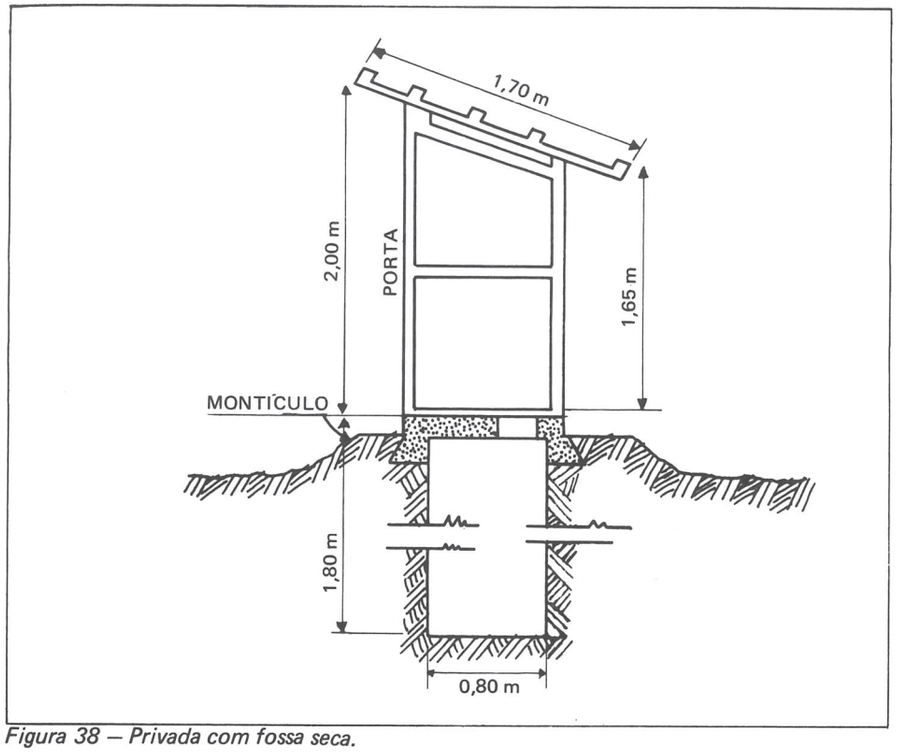


Figura 38 — Privada com fossa seca.

Enquanto se aguarda o material para a confecção de fossas mais adequadas, pode-se utilizar equipes de voluntários e flagelados que estão ocupando o abrigo, para a abertura dos buracos destinados às instalações.

As fossas de casas que, atingidas pelas cheias, tenham sido estouradas, devem ser recompostas e aspergidas com uma mistura de cal e água.

Quando da localização e construção das fossas, há que se respeitar alguns aspectos importantes para uma boa utilização:

a) águas de enxurrada devem ser desviadas da fossa;
b) águas servidas dos abrigos não devem ser recolhidas na fossa seca;
c) o nível do terreno onde será construída a fossa deverá ser inferior ao nível do poço de água;
d) a fossa seca deverá estar a uma distância mínima de 15 metros do poço; se fossa negra, a 45 metros;
e) a fossa deve ser construída em lugar seco;
f) a fossa deverá ser fechada quando o seu nível atingir 40 centímetros abaixo do nível do solo;
g) num raio de 2 metros em torno da fossa não deverá haver vegetação e lixo;
h) o interior da "casinha" deverá permanecer na penumbra, para proteção contra as moscas.

5.4 Acondicionamento, coleta e disposição do lixo

Os serviços normais de Limpeza Pública podem vir a inexistir durante um certo período e alguma coisa deve ser feita, por exemplo, pelo serviço individual.

O acondicionamento, pela sua relação com a saúde do homem e com as condições sanitárias do meio, merece as primeiras atenções. Nesta fase, quando certos cuidados não forem tomados, podem aparecer condições favoráveis para a proliferação de vetores que são responsáveis por inúmeras doenças, fato que se agrava em situações de emergência.

Deverão ser dispostos recipientes para acondicionamento do lixo em diversos pontos dos abrigos, recipientes estes que deverão ser removidos tão logo estejam cheios, ou então, pelo menos, diariamente.

Estes recipientes devem, na medida do possível, por questões sanitárias e de prevenção, ser resistentes, herméticos, ter bordos das alças e do fundo arredondados para evitar cortes e ferimentos, possuir alça e tampa, isto no caso de recipientes metálicos.

Podem ser utilizados também sacos plásticos, que naturalmente deverão ser herméticos, resistentes e permitir perfeito fechamento e vedação.

Para a remoção dos recipientes, podem ser utilizados os próprios flagelados, através da formação de equipes de limpeza dentro dos abrigos.

Quanto ao aspecto de disposição do lixo, o método individual mais adequado, enquanto não houver o serviço regular, é o do lançamento dos resíduos em fossas, chamadas "depósito de lixo". O depósito de lixo pode ser coberto ou descoberto.

O depósito de lixo coberto consta de fossa vala, quadrada, de 80 centímetros de lado, ou cilíndrica, de 80 centímetros de diâmetro, com profundidade por volta de 1,80 metros, variando de acordo com o terreno; apresenta, portanto, características idênticas às fossas destinadas aos dejetos.

Deverá ser construído em torno do buraco um pequeno anteparo de terra pisoteada, para evitar a entrada de água de chuva. Sobre este buraco será colocada uma plataforma de madeira ou concreto, assentada num quadro de madeira cravado no chão ou numa base de tijolos com argamassa.

Se a plataforma for de madeira, ela mesma poderá ser a tampa do buraco (Figura 39).

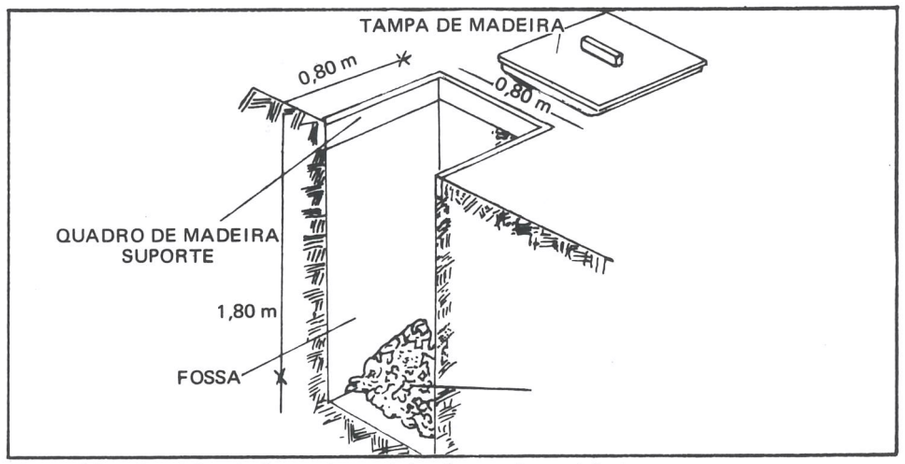


Figura 39 — Depósito de lixo coberto (plataforma de madeira).

Se a plataforma for de concreto, nela deverá haver uma abertura central com uma tampa móvel (de concreto ou madeira), que facilite o depósito permanecer sempre fechado (Figura 40).

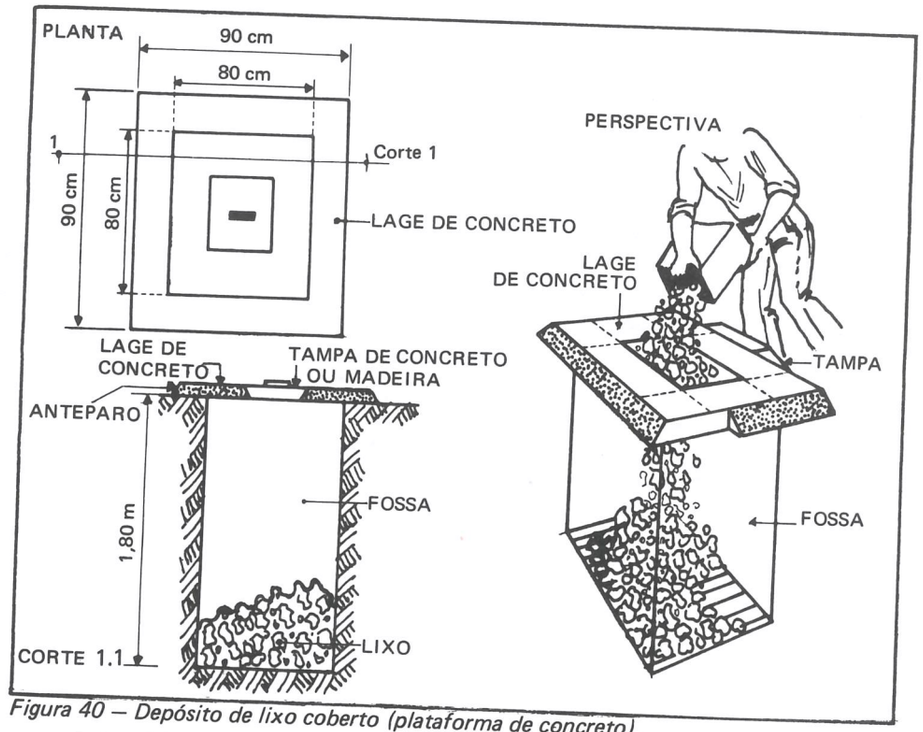


Figura 40 — Depósito de lixo coberto (plataforma de concreto).

O lixo é lançado dentro do buraco até cerca de 40 centímetros abaixo do nível do terreno, completando-se o resto com terra pisoteada; evita-se, com isto, a criação e proliferação de moscas e ratos.

A plataforma e a base, seja de madeira ou de concreto, são retiradas e colocadas em novo buraco escavado, formando um novo "depósito de lixo coberto".

O depósito de lixo aberto consta de fossa-vala com as mesmas dimensões do depósito fechado. Constrói-se em torno do buraco um anteparo de terra pisoteada, para evitar a entrada de água de chuva. Está pronto o depósito de lixo aberto (Figura 41).

Neste tipo de depósito, o lixo coletado é lançado no buraco e, a seguir, coberto com terra.

Desta forma, a cada lançamento de lixo, é dado um cobrimento de terra, evitando-se a criação de local propício para a proliferação de vetores.

Quando o lixo atingir a altura de 40 centímetros da superfície, destrói-se o anteparo e cobre-se o restante da fossa com terra pisoteada.

Caso o lençol de água seja muito elevado, não sendo possível o uso de fossas, pode-se utilizar incinerador de emergência, também chamado de doméstico. Estes incineradores rudimentares são feitos com tambores vazios de óleo, ou mesmo de alvenaria.

Em alguns casos, a simples queima do lixo no próprio terreno satisfaz parcialmente, enquanto solução melhor não puder ser dada.

Alguns cuidados devem ser tomados quanto à localização dos depósitos de lixo, com relação a qualquer fonte de suprimento de água e à habitação, a fim de evitar possíveis contaminações.

São eles:

a) distância mínima horizontal de fontes de suprimento: 15 metros;
b) distância mínima vertical do nível freático: 1,50 metro;
c) distância mínima dos abrigos e de habitação: 5 metros;
d) permanecer sempre coberto o lixo.

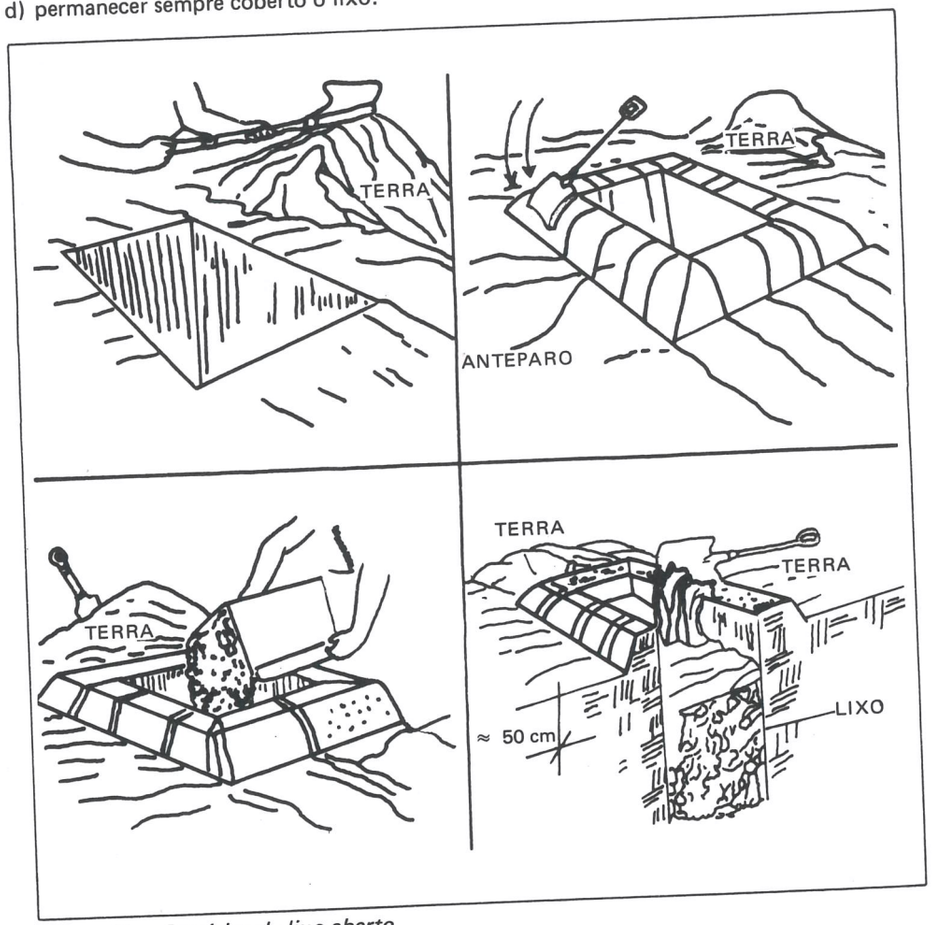


Figura 41 — Depósito de lixo aberto.

5.5 Combate aos vetores

Os vetores, sendo responsáveis pela transmissão de diversas doenças, devem ser combatidos utilizando-se diversas formas de combate para uma maior eficiência.

Nestas emergências, os principais vetores que devem ser atacados são os mosquitos, moscas e ratos.

Uma das formas gerais de prevenir a proliferação destes vetores é o acondicionamento e disposição adequada do lixo. Obedecendo-se às normas de manuseio do lixo, consegue-se uma limitação na sua procriação nos abrigos e habitações.

Contra moscas e mosquitos, pode-se ainda utilizar telas nas portas e janelas dos abrigos, visando impedir o acesso, e conseqüentemente, reduzindo o risco de transmissão de doenças, seja através do contato com os alimentos, seja através do contato direto.

Com relação a ratos, deve-se tentar impedir o seu acesso aos locais de armazenamento de alimentos, bem como aos locais que lhes possam servir de abrigo. Isto pode ser feito pela eliminação de aberturas, vedando-se os buracos e frestas dos alicerces, das paredes e em volta das canalizações nas travessias das paredes, com tijolos ou argamassa de cimento.

Nas paredes de madeira, os buracos podem ser vedados com chapas metálicas.

As extremidades inferiores das portas e janelas, as janelas dos porões, as aberturas de ventilação e todas as aberturas que permitam o acesso de ratos pelo chão, pelo telhado e por árvores, devem ser guarnecidas com telas, em malha de 1/2 (meia polegada).

Deve ser utilizada a desmatação e eliminação de lugares apropriados aos abrigos e ninhos.

No armazenamento de alimentos em grandes quantidades, devem ser utilizados estrados, com altura em torno de 40 a 60 centímetros, e afastados 80 centímetros da parede.

Além dessas formas de controle, podem e devem, sempre que exigido, ser utilizados inseticidas no combate aos vetores.

Para os mosquitos, os inseticidas recomendados são os fosforados, devendo-se evitar o uso de clorados, em virtude de seu elevado poder residual. Os inseticidas fosforados mais comuns são: Abate, Lebaycid, Diazinon. Para os grandes criadouros, utilizando-se pulverizadores de alta pressão, pulveriza-se a superfície aquática onde se encontram as formas imaturas.

Contra os ratos, podem ser utilizados venenos de ação rápida, tais como a cila vermelha, Antu, sais e compostos de arsênico, carbonato de bário, estricnina e outros, bem como venenos de ação lenta, tais como Racumim, Mr-100, Tomonin.

Para a higienização dos ambientes com concentração humana, visando o combate e a prevenção de possíveis focos de doenças, deve-se dedetizar prédios escolares, hospitais, hotéis, residências e todos os demais locais que serviram ou venham a servir de abrigo aos flagelados, ou que tiveram contato com as águas.

Essa atividade necessita de coordenação, para o estabelecimento de prioridades no atendimento, já que deve-se atender também residências de particulares.

Chama-se a atenção uma vez mais para os cuidados com relação ao destino adequado dos dejetos e o acondicionamento e disposição sanitária do lixo, de suma importância em tempos normais e ainda de maior em caso de enchentes.

5.6 Controle da contaminação de alimentos

Os alimentos para serem utilizados necessitam de cuidados e numa calamidade os cuidados devem ser redobrados, já que a população está mais suscetível e os recursos são reduzidos.

No caso de inundação, as águas devem ser consideradas sempre contaminadas, e os

alimentos molhados por elas conseqüentemente representam perigo à saúde.

Leite e derivados, ovos, carne, peixes e outros alimentos que exigem refrigeração para sua conservação e são de fácil deterioração, representam perigo à saúde, pois o controle geralmente inexiste no período em que a catástrofe se desenrola: a energia elétrica muitas vezes é interrompida e poucas vezes se consegue determinar o tempo em que estes alimentos ficaram desprotegidos. Todas as espécies de carnes e produtos laticínios devem ser destruídos, se existir evidência de contato com a água da enchente.

Os alimentos enlatados precisam ser examinados. Caso as latas apresentem vazamento, corrosões ou estejam estufadas, devem ser destruídas. Caso as latas não contenham rótulos, torna-se necessária a identificação do seu conteúdo, para consumo.

Os vegetais e frutos que são geralmente consumidos crus, devem ser cozidos ou bem desinfetados com cloro, numa solução de 100 miligramas de cloro por litro, seguido de lavagem em água potável para remover o excesso e o cheiro de cloro.

Os artigos que precisam ser descascados antes do consumo têm seu perigo de contaminação reduzido.

Da mesma forma que os enlatados, os alimentos embrulhados em papel à prova de umidade devem ser examinados, e, caso os papéis estejam rasgados, o produto deve ser imediatamente retirado do consumo.

Para o caso de suspeita de contato dos alimentos com produtos químicos, biológicos e radioativos, os mesmos não podem ser utilizados antes de declarados próprios para consumo, por pessoal especializado.

Com relação ao armazenamento e conservação dos alimentos em depósitos, devem ser observados os cuidados já descritos no item referente a controle de vetores.

Cuidados devem ainda ser tomados com relação à manipulação, preparação e no consumo dos alimentos:

- com relação à manipulação, pode ocorrer de os alimentos serem manipulados por pessoas portadoras de doenças contagiosas ou com feridas, tornando-se contaminados;
- com relação à preparação, há o risco de ser utilizada água contaminada e/ou utensílios contaminados;
- com relação ao consumo, o consumidor pode contaminar os alimentos com suas mãos sujas, e/ou o alimento pode ser contaminado por moscas que estejam presentes no ambiente.

5.7 Limpeza de áreas prioritárias para instalação de postos de atendimento médico

Há necessidade de instalação de postos e unidades de atendimento médico.

A escolha destes locais pode recair em edificações que tenham sido invadidas pelas águas, pois na escolha, leva-se em consideração sua localização, área e distribuição. Nestes casos, estas edificações podem possuir detritos espalhados e lodo depositado nas partes térreas, subterrâneas e outras, o que exigirá um bom serviço de remoção, limpeza, dedetização e desinfecção.

Após a limpeza apropriada, pode-se instalar toda uma infra-estrutura básica de emergência.

Além de todo esse serviço inicial, há que se manter limpas as áreas onde se acumulam o lixo, bem como as condições sanitárias. Para esses serviços essenciais pode-se também contar com a colaboração de equipes de Forças Armadas e de Universitários, orientados pela Coordenadoria de Saneamento, tal como no item 5.1.

5.8 Drenagem de áreas com água estagnada

As águas estagnadas, por serem criadouros de vetores, como mosquitos, devem ser escoadas o mais rápido possível.

Em certos casos, além de combater os vetores, a drenagem é necessária para liberar casas que estejam ainda submersas.

O sistema de drenagem a ser usado deve, na medida do possível, propiciar movimentação rápida das águas, de modo a interferir no ciclo biológico dos vetores.

Caso seja necessário, deve-se associá-la ao emprego de inseticidas.

Os principais processos de drenagem a serem utilizados são: valas a céu aberto: drenos subsuperficiais, drenos verticais, bombeamento e aterro.

A "Petrolagem" é um método que pode ser utilizado em águas estagnadas, destinado a impedir o desenvolvimento das larvas de mosquitos nos criadouros. A utilização deste método pode ser feita quando existem dificuldades na drenagem de certas áreas e o perigo da proliferação de vetores aumenta em função do tempo necessário para se poder drená-las. No entanto, é uma medida paliativa, enquanto se aguarda a drenagem.

Se necessário for, deve-se abrir canais para dar vazão às águas estagnadas, mesmo que seja necessária a construção de pontilhões sobre estes canais para o escoamento do tráfego.

5.9 Remoção, calcinação e/ou enterro de cadáveres

5.9.1 Cadáveres de animais

Ao baixarem as águas e se verificar a existência de animais mortos espalhados pela região, deverão ter início imediato os trabalhos de remoção, calcinação e/ou enterro dos cadáveres.

A decomposição dos corpos exige que os trabalhos de remoção e enterro dos cadáveres sejam realizados com rapidez. Sendo assim, quando o número de animais mortos for elevado e não houver mão-de-obra suficiente para o serviço, devem-se utilizar, caso existam, máquinas que escavem as valas, tipo retro-escavadeira. Como medida preliminar, se a mortandade for grande, deve-se lançar cal sobre os cadáveres, recobrindo-os depois com terra.

Quando o estado de decomposição dos corpos for avançado, pode-se passar à calcinação dos mesmos, lançando-se cal sobre os corpos.

5.9.2 Cadáveres humanos

Em caso de grande mortandade de pessoas, devem ser observados os seguintes aspectos principais:

a) respeitar os preceitos de identificação dos corpos;
b) informar as autoridades competentes (polícia técnica);
c) enterrar os cadáveres com a maior brevidade possível;
d) espalhar cal sobre os cadáveres, em caso de perigo de epidemia;
e) manter a população afastada dos locais onde existam mortos.

5.10 Higiene dos flagelados

A higiene dos flagelados é mais um aspecto que merece a atenção da Coordenadoria de Saneamento, principalmente em locais destinados a abrigo.

As salas utilizadas como dormitórios, refeitório, os banheiros, os corredores, as roupas dos flagelados e eles próprios necessitam de limpeza. A ausência de limpeza caracteriza a falta de higiene, também responsável por problemas dermatológicos individuais, podendo se transformar em alguma epidemia.

Para a limpeza das salas-dormitório, salas-refeitório, banheiros, corredores, devem ser utilizadas equipes de voluntários coordenados por um supervisor da Coordenadoria de Saneamento, que pode fornecer os produtos de limpeza.

Em cada abrigo pode-se colocar tanques de lavar roupa de emergência, apropriadamente construídos, para uso dos flagelados, que deverão ser obrigados a lavar suas roupas, quando possível.

Um esquema de banho deve ser montado, fazendo com que todas as pessoas abrigadas tenham condições de fazer o asseio corporal periodicamente.

A quantidade mínima de água necessária em época de emergência para o asseio corporal é de 4 litros por habitante, por dia.

A Coordenadoria de Saneamento, através dos supervisores, deve detectar as necessidades básicas de produtos de limpeza e promover a sua distribuição.

5.11 Programas de educação sanitária

A Educação em Saúde Pública deve ser bem utilizada nessas horas, aproveitando-se o momento psicológico para a introdução de conhecimentos e práticas sanitárias adequadas.

A Coordenadoria de Saneamento deve contar com os serviços de Educadores em Saúde Pública para conduzir essas atividades.

Os programas de educação sanitária devem visar: a utilização racional de água para evitar desperdícios; a utilização de água segura sanitariamente; o uso racional e adequado dos sanitários e "casinhas"; o acondicionamento e disposição adequados do lixo; a forma de combater os vetores; a utilização, manipulação e o consumo dos alimentos, de forma a não haver contaminação; a limpeza e manutenção dos abrigos destinados aos flagelados, das habitações e dos locais de concentração de população; o valor do auxílio de cada um no esgotamento de áreas com água estagnada, e na remoção, queima e/ou enterro de cadáveres de animais, para evitar possíveis epidemias; a necessidade de higiene nos abrigos e habitações, para o bem estar e proteção de todos.

Enfim, um Programa de Educação Sanitária bem elaborado e executado trará benefícios não só durante o período de emergência, mas também para quando a situação se normalizar.

Especialistas em educação já disseram que as épocas de calamidade, pela sua dramaticidade, oferecem ótimas condições para aplicação de educação sanitária, em razão das características da população afetada, que se sente desprotegida e passa a aceitar uma série de informações que, em época normal, seriam recusadas ou mal entendidas.

6 RECURSOS NECESSÁRIOS

Tão logo seja formada a Coordenadoria de Saneamento, esta deverá providenciar os recursos necessários para sua atuação.

Basicamente, os recursos que deverão ser providenciados são: recursos humanos e recursos materiais.

6.1 Recursos humanos

Deve-se contar com: Engenheiros, sob a coordenação de um Engenheiro Sanitarista; Educadores em Saúde Pública, no programa de educação sanitária; Inspetores e Auxiliares de Saneamento, auxiliando na supervisão e orientação dos trabalhos de Saneamento.

Como elementos de apoio, podem-se requisitar equipes das Forças Armadas, estudantes e voluntários em geral.

Recomenda-se que o pessoal que se dirigir às áreas calamitosas para prestar ajuda, observe três itens principais:

a) estar apto física e profissionalmente para prestar a assistência requerida;
b) colaborar, procurando a compreensão e ajuda do pessoal local, a fim de poder beneficiar mais a população necessitada;
c) estar devidamente vacinado.

6.2 Recursos materiais

Os materiais de saneamento, tais como pequenos reservatórios domiciliares; tampos para poços; plataformas, paredes, coberturas e portas para fossa seca; plataforma para depósito de lixo coberto; tanques de lavar roupa de emergência; cimento, cal, tijolo e madeira; tubos de concreto, plástico, cimento amianto, ferro galvanizado ou ferro fundido; e outros materiais necessários, devem ser fornecidos pela Coordenadoria de Saneamento.

Também devem ser providenciados os materiais de limpeza, tais como detergentes, álcool, sabão, querosene, creolina, vassouras, pás, enchadas, picaretas, desinfetantes, como por exemplo: hipoclorito de cálcio, cal, etc.

Os veículos para supervisão, deslocamento de pessoal, transporte de água e carga podem ser conseguidos com outras instituições, para melhor atender os trabalhos.

7 SOLUÇÕES PRÁTICAS PARA A DESINFECÇÃO DE ÁGUA

7.1 Introdução

Entende-se por desinfecção a destruição de organismos patogênicos ou de outros organismos indesejáveis como algas e ferro-bactérias. Tais organismos podem ser encontrados na água de abastecimento e sobreviver por várias semanas e em diferentes temperaturas. Além da temperatura, sua sobrevivência depende de vários fatores ecológicos, fisiológicos e morfológicos, incluindo pH, turbidez, oxigênio, nutrientes, competição com outros organismos, resistência às substâncias tóxicas, habilidade de formação de esporos, etc.

Tendo em vista a toxidez dos produtos desinfetantes empregados, a desinfecção da água de abastecimento deve ser feita dentro dos limites permissíveis e/ou em condições controladas. Entretanto, em determinadas situações, é necessário improvisação de equipamentos visando, dentro do menor espaço de tempo e com um custo mínimo, instalar o sistema de desinfecção.

É bastante conhecido o fato de que o fornecimento de água potável a uma comunidade reduz a mortalidade infantil e melhora as condições de saúde da população, incentivando, inclusive, hábitos higiênicos. Neste caso o indivíduo torna-se mais produtivo e menos oneroso para a comunidade.

Entretanto, o mesmo sistema de abastecimento de água contaminada tornar-se-á um

meio de transmissão de doenças de origem hídrica com efeitos desastrosos e de grande alcance. Assim, sendo, toda a água distribuída deve ser desinfetada, apresentando residual do desinfetante aos pontos de consumo. Logicamente a concentração residual irá depender da qualidade da água "in natura" e/ou tratada do sistema de distribuição e reservação, sendo que este residual tem condições de destruir pequenas concentrações de microrganismos que porventura venham a penetrar no sistema. Se a contaminação for elevada, o residual do desinfetante servirá indiretamente de indicador, pois sua ausência é de fácil verificação.

A desinfecção deverá ser intensificada em situações de calamidades públicas, principalmente onde o sistema de abastecimento de água sofreu avarias, pondo em risco a qualidade da água distribuída.

Além disso, durante o reparo de tubulações e na colocação em funcionamento de novos sistemas, sempre se deverá prever a desinfecção antes de a água ser entregue ao uso público.

7.2 Alguns aspectos teóricos da cloração

O cloro hidrolisa quando em solução diluída, segundo a reação:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

O Ácido Hipocloroso, HOCl, é o conjunto que possui maior ação desinfetante e oxidante. Green e Stumph postulam que a morte dos organismos resulte da reação química do HOCl com uma determinada enzima vital do metabolismo celular, destruindo-a. A molécula do HOCl, por ser neutra, passa através da membrana celular. Por outro lado, o HOCl dissocia-se segundo a equação:

$$HOCl \rightarrow H^+ + OCl^-$$

O OCl^- tem uma pequena ação bactericida, já que sua carga negativa impede a penetração na célula através da membrana.

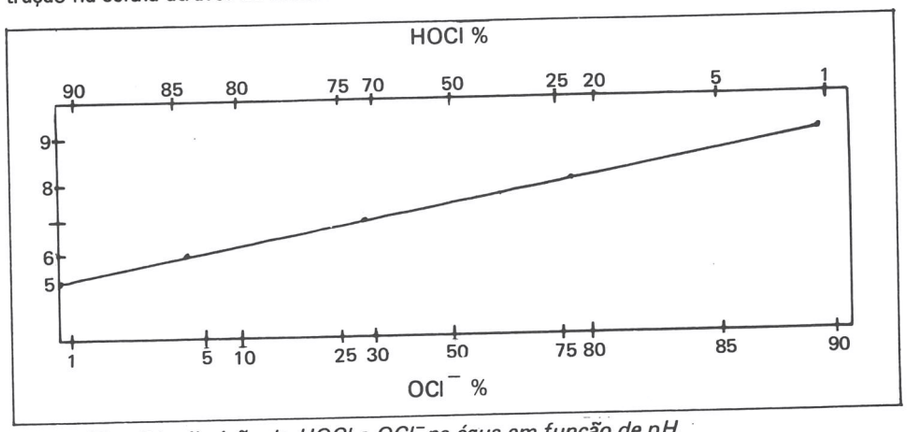


Figura 42 — Distribuição do HOCl e OCl^- na água em função de pH.

O cloro em solução na forma de HOCl e OCl^- é comumemente chamado de Cloro Residual Livre.

A aplicação de cloro em águas contendo amônia ou compostos orgânicos nitrogenados dá origem às cloraminas, que se formam segundo as seguintes equações resumidas:

$NH_3 + Cl_2 \rightarrow HCl + NH_2Cl$ monocloramina
$NH_3 + 2\,Cl_2 \rightarrow HCl + NHCl_2$ dicloramina
$NH_3 + 3\,Cl_2 \rightarrow 3\,HCl + NCl_3$ tricloramina

As cloraminas são hidrolisáveis, restituindo o HOCl segundo as equações:

$NCl_3 + H_2O \rightarrow HOCl + NHCl_2$
$NHCl_2 + H_2 \rightarrow HOCl + NH_2Cl$
$NH_2Cl + H_2O + H^+ \rightarrow HOCl + NH_4^+$

As dicloraminas têm maior efeito bactericida, seguidas das monocloraminas, sendo que as tricloraminas não apresentam virtualmente qualquer efeito desinfetante.

O cloro encontrado na forma de cloraminas é chamado de Cloro Residual Combinado.

A ação desinfetante se faz sentir com maior intensidade de cloro livre, e nesse caso o HOCl é mais ativo que o OCl^- como mostra a Figura 43.

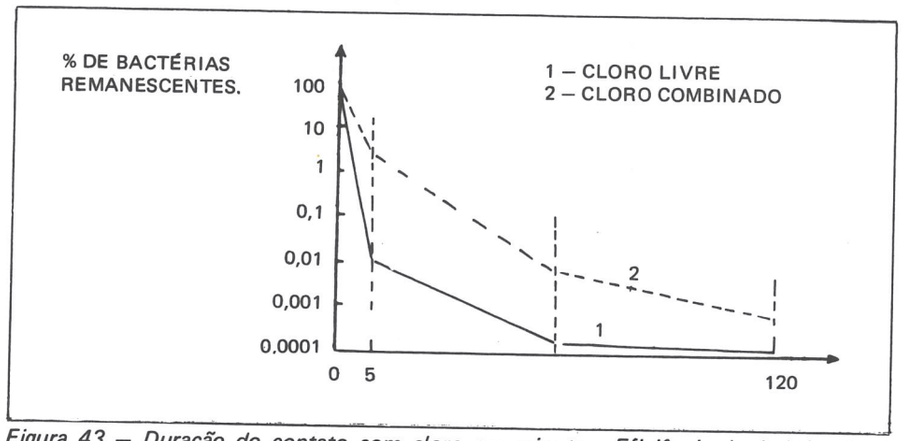


Figura 43 — Duração do contato com cloro em minutos. Eficiência de desinfecção de água contendo E-Coli com cloro livre e combinado na dosagem de 1 mg/l.

A eficiência da desinfecção pelo cloro depende de uma série de fatores, entre os quais:

- concentração: quanto maior a concentração, mais efetiva sua ação;
- forma como o cloro se apresenta: ácido hipocloroso (cloro-livre) ou cloraminas (cloro combinado);
- tempo de contato: quanto maior o tempo de contato, mais efetiva sua ação;
- temperatura da água: não se dá muita importância, no Brasil, já que a temperatura das águas de abastecimento não sofre grandes variações;
- pH: já que influi na dissociação do ácido hipocloroso;
- tipo de microorganismo a ser destruído: alguns são resistentes à ação do cloro;
- turbidez: já que organismos envoltos por determinados materiais que provoquem turbidez na água, poderão se proteger contra a ação do desinfetante.

A eficiência da desinfecção está relacionada diretamente com a eficiência da mistura disponível.

Além disso, deve ser considerado que o cloro reage com outros compostos existentes na água, diminuindo a sua eficiência e produzindo compostos muitas vezes de gosto e odor desagradáveis.

O cloro combina-se com grande variedade de substâncias, particularmente com os agentes redutores. Muitas dessas reações são bastante rápidas e, por esta razão, dificultam o uso do cloro como desinfetante em determinados casos.

Deve-se, portanto, prever tais reações, pois haverá uma demanda de cloro antes que ele exerça a ação desinfetante.

Merecem também atenção especial as reações de destruição dos compostos orgânicos nitrogenados. A adição de cloro em água com teor de nitrogênio amoniacal poderá produzir uma série de reações, dependendo da relação entre cloro dosado e nitrogênio amoniacal presente, do pH, da temperatura e do tempo de reação. Observa-se, entretanto, que o cloro residual, inicialmente aumenta, com o aumento do cloro dosado, passando por um máximo, e a seguir diminui até um mínimo, a partir do qual passa novamente a aumentar. Nesse ponto, a cada aumento de cloro dosado corresponde igual aumento do cloro residual livre. Tal fenômeno é representado graficamente na Figura 44, sendo o ponto de inflexão encontrado comumente chamado de "Break Point".

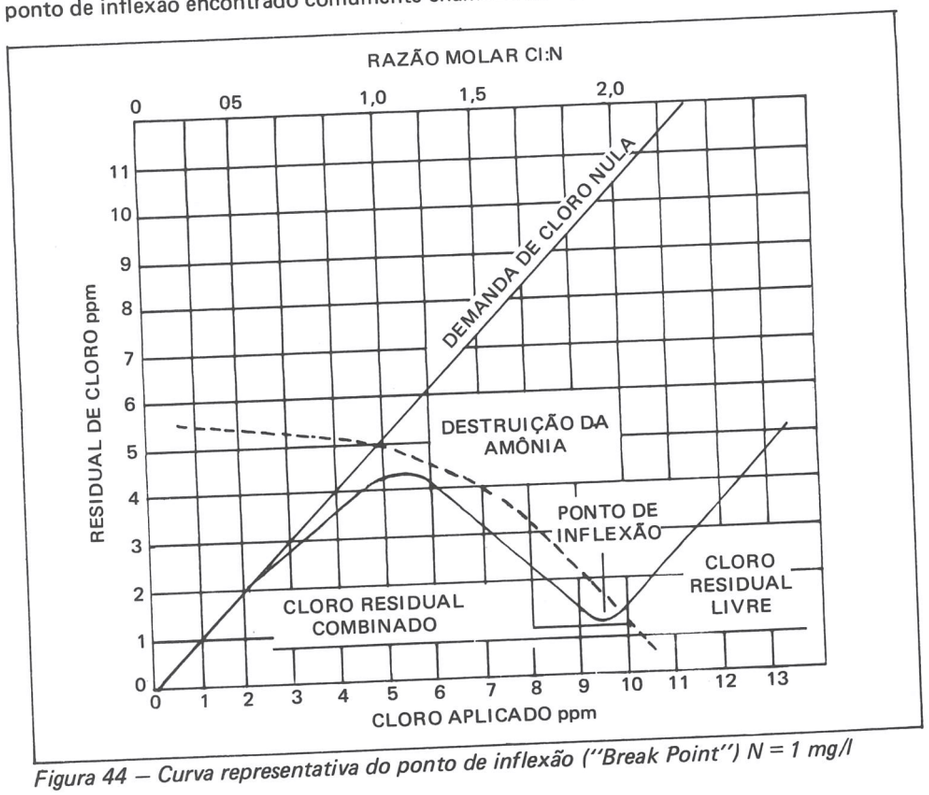


Figura 44 — Curva representativa do ponto de inflexão ("Break Point") N = 1 mg/l

Verifica-se que nos ramos ascendente e descendente da curva, ou seja, antes do ponto de inflexão, o cloro residual é livre.

O ponto máximo da curva é atingido quando toda amônia disponível se combinou com o cloro para formação das cloraminas.

Adicionando-se mais cloro, após atingir o ponto máximo da curva, cloraminas serão oxidadas e destruídas, formando produtos inertes, tais como: N_2, HCl, etc. A estas reações corresponde o ramo descendente da curva.

O ponto de inflexão é atingido depois da destruição total das cloraminas.

Novas adições de cloro aparecerão inteiramente como cloro residual livre, visto ter sido satisfeita toda a demanda de cloro.

7.3 Produtos químicos usados na cloração

a) cloro gasoso

- Peso atômico: 35,457
- Peso molecular: 70,914
- Peso de um litro de gás na condição ambiente: 3.214 g
- Peso de um litro de líquido: 1.468 gramas
- Densidade relativa do ar, 2,486 a 0°C, 2,491 a 20°C e 2,461 a 100°C (obs.: essa propriedade é importante pois, durante vazamentos, o cloro sempre permanece nas camadas inferiores, portanto, junto ao piso).
- Temperatura de ebulição: 34°C
- Calor de evaporação: 67 calorias por grama

O cloro seco não ataca o ferro, cobre, chumbo e outros metais. Quando úmido, porém, ataca quase todos.

O cloro não é explosivo.

É apresentado comercialmente em cilindros verticais de 27 e 68 quilos, e horizontais de 860, 940 e 1080 quilos, com as seguintes taxas, respectivamente: 27, 52, 700, 710, 800 kg. Com válvulas de saída e de segurança constituídas de um "plug" fuzível à temperatura de 70 a 75°C.

Sob condições normais de temperatura e circulação de ar por compartimenos dos cilindros, pode-se retirar uma vazão média e contínua de 1 a 3 kg por hora, por cilindros de 1.080 quilos.

Descargas de cloro gasoso, superiores a estes valores, poderão ser obtidos por um curto período de tempo, mas isso acarretará uma queda de pressão no interior do cilindro, diminuindo a vazão, podendo em certos casos, chegar a congelar o cilindro e paralisar a descarga.

b) hipoclorito de sódio (NaOCl)

É encontrado sob a forma de solução a 10% de cloro ativo, embalado em bombonas plásticas com capacidade para 50 kg.

É estável até 1 mês.

Sua densidade relativa a 23°C é igual a 1.185.

É decomposto pela luz e calor e, por esta razão, deve ser estocado em locais frios e ao abrigo da luz. No Anexo I encontra-se um método para determinação do teor de cloro disponível em solução de NaOCl.

c) hipoclorito de cálcio ($Ca(OCl)_2$ 4 H_2O)

Também chamado de HTH, Percloron.

Apresenta-se como um pó branco, com cerca de 70% de cloro ativo tendo alta solu-

bilidade em água. Possui boa estabilidade (até 1 ano), quando protegido de umidade. É fornecido em latas de 1,5 kg e em tambores de 45, 135 e 360 kg.

d) cal clorada ($CaOCl_2$)

Também chamado de Cloreto de Cal.

É um pó branco, com cerca de 25% de cloro ativo, solúvel em água, deixando resíduos calcários. É bastante utilizado no tratamento de água de piscinas. Possui pouca estabilidade, perdendo cerca de 10% de cloro disponível ao mês.

É encontrado em embalagens de 1 a 50 quilos.

c) água de lavadeira ou água sanitária

Solução de Hipoclorito de Sódio, 2,5 a 5% de cloro ativo e encontrado em litros no comércio. É um produto bastante difundido em todo o país.

7.4 Equipamentos empregados na desinfecção

7.4.1 Generalidades

Na escolha do desinfetante e do equipamento para aplicação, os seguintes elementos deverão ser conhecidos:

a) tipo de instalação — tratamento clássico, filtro lento, simples desinfecção, etc.;
b) qualidade da água a ser desinfetada;
c) máxima vazão de água a ser tratada;
d) dosagem de cloro necessário em ppm. No caso de projetos, deverá ser estimada essa dosagem, baseada em dados levantados em instalações pilotos.

Com esses dados, e tendo em vista o custo do desinfetante, as despesas com transporte do mesmo e o custo de depreciação de instalações, determina-se o tipo de desinfetante a ser usado (cloro-gás, hipoclorito de sódio, etc.).

Para grandes instalações, o cloro-gás é o mais empregado. Para pequenas instalações, o uso dos hipocloritos (sódio e cálcio) é o mais aceito, dadas as facilidades de operação.

Entretanto, estudos econômicos deverão ser feitos para a escolha do desinfetante.

7.4.2 Cloradores para cloro-gás

a) tipo direto

O tipo direto é recomendado para locais onde não haja água sob pressão para operar uma bomba que permita a utilização de injetores.

Este tipo de clorador apresenta algumas deficiências e limitações:

- Limitação de capacidade de dosagem sob pressão em 34 kg/dia.
- Limitação de capacidade de dosagem para tanque aberto em 135 kg/dia.
- Máxima pressão no ponto de aplicação — 1,41 kg/cm^2.
- Acentuadas perdas de cloro devido ao fato de o clorador trabalhar sob pressão.
- A mistura do gás-cloro com água é feita por difusão no ponto de aplicação.
- Dosadores construídos com peças e estruturas metálicas, facilitando a corrosão no cano de escape do gás.
- O clorador tipo direto é limitado à operação semi-automática, com interrupção da vazão de cloro antes da entrada no equipamento.

b) tipo a vácuo com solução

O clorador a vácuo com solução é baseado na sucção do gás-cloro por intermédio do vácuo produzido no injetor. Há uma grande variedade de aparelhos que utilizam este processo, dependendo do tipo de controle utilizado.

Os controles podem ser:

- controle manual
- controle semi-automático
- controle automático

c) cloradores a gás para atender situações de emergência

Esses cloradores variam desde os tipos mais complexos aos mais simples, dependendo das características da emergência.

Pode-se utilizar uma coluna de absorção, que consta de um tubo de plástico, cerâmica ou de cimento amianto, preenchido com pedra britada ou carvão coque. O cloro-gás passa através dessa coluna de absorção e mistura-se com a água, formando a solução desinfetante. A dosagem pode ser alterada, controlando-se uma válvula auxiliar, colocada na cabeça do cilindro de cloro. A água que flui pela coluna deverá apresentar vazão constante. A altura da coluna limita a capacidade máxima para este aparelho em 3 kg de cloro por hora, quando se usam cilindros de 58 kg.

Um outro sistema é a utilização de um ejetor construído com peças plásticas empregadas em instalações prediais de água.

A Figura 45 apresenta um esquema desse equipamento.

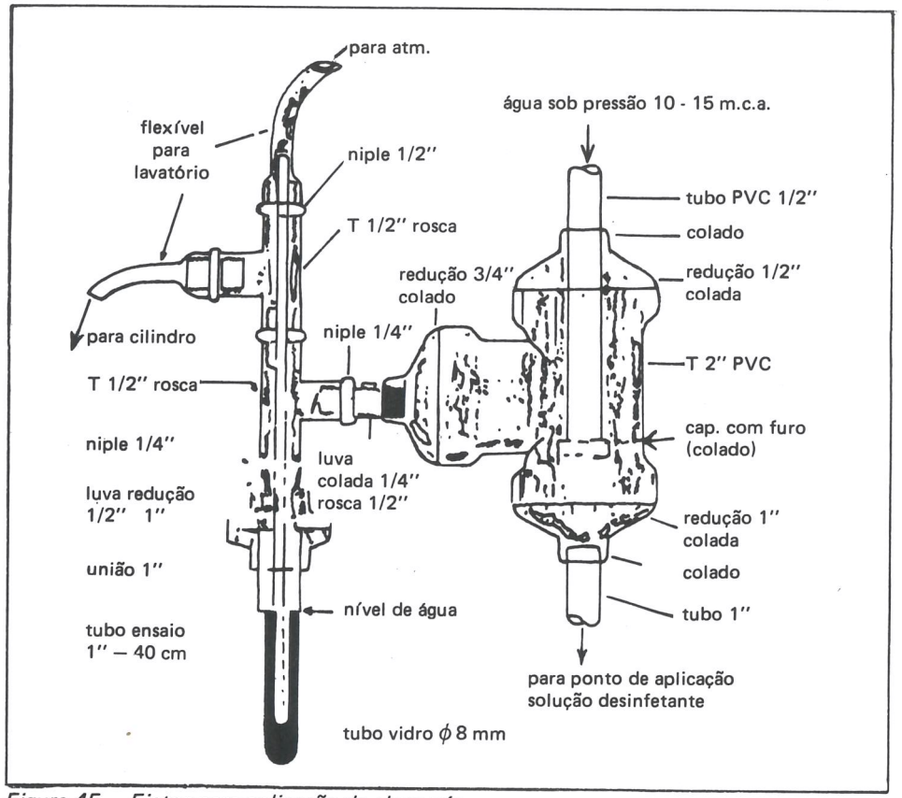


Figura 45 — Ejetor para aplicação de cloro-gás.

O cloro-gás é misturado com água devido à sucção desenvolvida do ejetor. O diâmetro do orifício feito no cap e a pressão da água de alimentação regulam a capacidade desse sistema. Obtiveram-se bons resultados em termos de capacidade máxima recomendada, ou seja, 3 kg cloro/hora, usando orifício de 6 mm e pressão de 10-15 m.c.a.

A dosagem pode ser regulada por uma válvula auxiliar (por exemplo, válvula Record Mod. RDE), colocada junto à válvula do cilindro de cloro.

Informações operacionais:

Se houver falta de água, a pressão no ejetor será equilibrada pelo ar que penetra através do tubo de vidro. Se houver falta de cloro, o ar penetrará no ejetor e, assim, evitará a formação de baixa pressão no cilindro de cloro. Pressões negativas no cilindro possibilitariam a entrada de água, o que acarretaria corrosão imediata do mesmo.

Deverá existir um selo hidráulico na tubulação abaixo do ejetor, para o seu perfeito funcionamento.

Pode-se também usar um sistema mais simples, apenas ligando ao cilindro de cloro um tubo de plástico, em cuja extremidade se coloque firmemente uma veia porosa de aplicação. Neste caso, é imprescindível o uso de válvula auxiliar no cilindro de cloro.

7.4.3 Aplicação de solução aquosa de produtos desinfetantes clorados

Os compostos clorados, quer líquidos quer sólidos, podem ser dosados e aplicados utilizando-se equipamentos existentes no mercado ou então através de equipamentos improvisados.

Recomenda-se que a solução a ser empregada tenha uma concentração de 1% em cloro ativo (vide anexo II).

Caso se empregue produtos sólidos, há necessidade de uma decantação prévia, pois deixam alto resíduo quando em solução. Os equipamentos empregados são:

a) bombas dosadoras

Apresentam como vantagem o seguinte:

- podem dosar por gravidade ou contra-pressão (pressão limite de 70 m.c.a.);
- possibilitam uma regulagem precisa, constante e reprodutível;
- oferecem facilidade de operação.

A capacidade de tais bombas é ampla, podendo atingir mais de 1.000 1/24 horas de desinfetante, o que corresponde a clorar 10,000 m^3/24 horas de água com uma solução a 1% de cloro ativo.

E como desvantagem:

- a membrana do diafragma tem curta duração;
- as válvulas tendem ao desgaste a curto prazo;
- há necessidade de manutenção periódica (troca de óleo);
- apresentam entupimentos constantes.

Para bombeamento da solução de Hipoclorito de Sódio, recomenda-se não ultrapassar concentrações de 12% e, no caso de Cloreto de Cal, 2%.

As Figuras 46 e 47 mostram maneiras de montagem.

b) hidrojetores

Esses equipamentos, bastante usados em tratamento de água de piscinas, podem ser empregados para a aplicação de desinfetante em sistemas públicos de pequenas cidades. Têm capacidade de dosagem de 10 a 25 1/h de solução desinfetante.

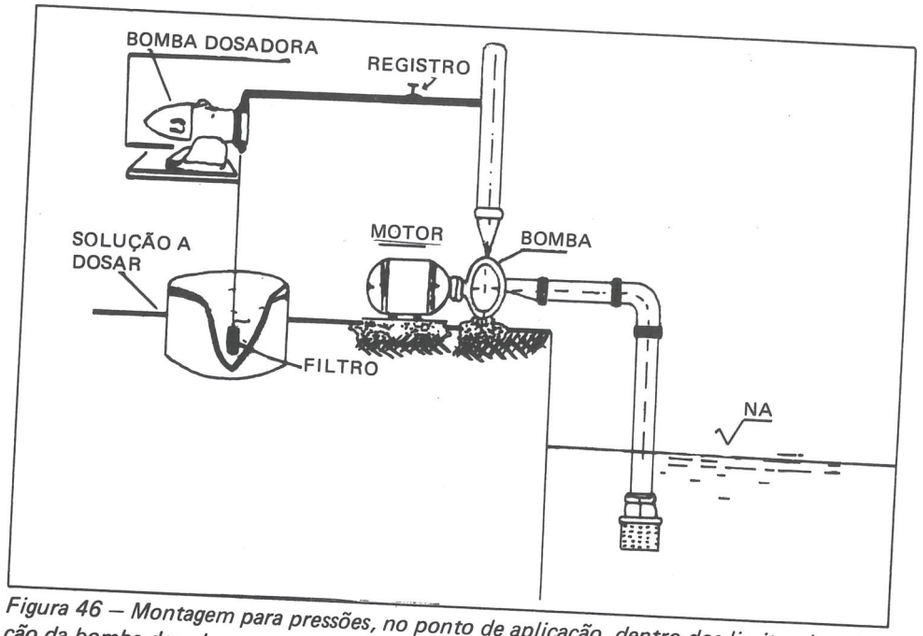


Figura 46 — Montagem para pressões, no ponto de aplicação, dentro dos limites de utilização da bomba dosadora.

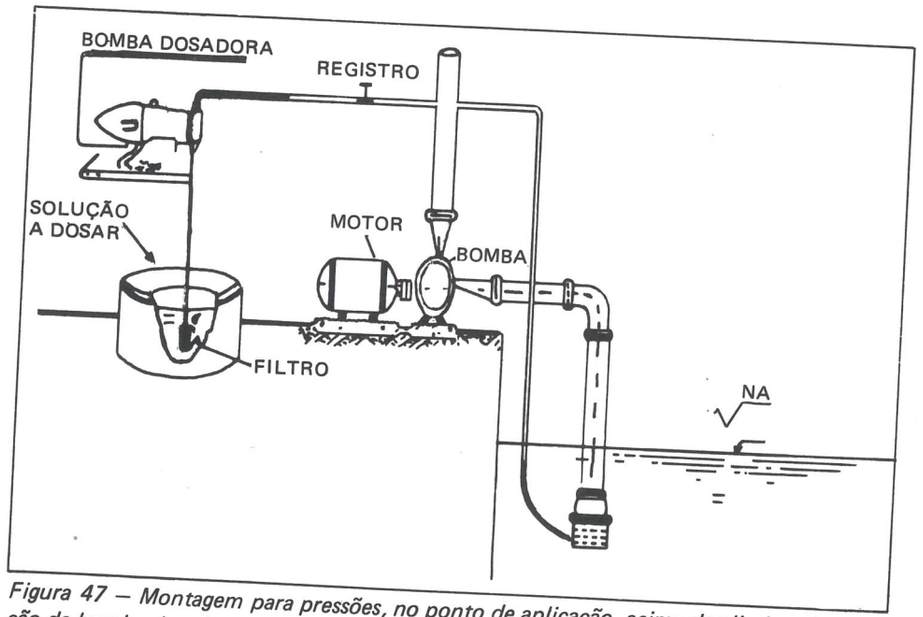


Figura 47 — Montagem para pressões, no ponto de aplicação, acima dos limites de utilização da bomba dosadora.

Vantagens:

- baixo custo;
- facilidade de instalação;
- facilidade de manutenção.

Desvantagens:

- a dosagem não é precisa;
- necessitam de constante controle devido a variações de dosagens;
- o material sofre agressão da solução.

As Figuras 48 e 49 exemplificam o modo de montagem.

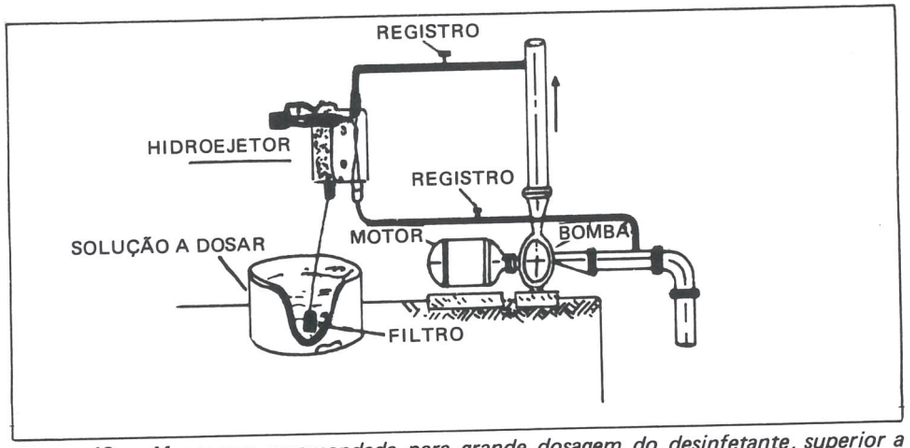


Figura 48 — Montagem recomendada para grande dosagem do desinfetante, superior a 5 1/h de solução desinfetante a 1% de cloro disponível.

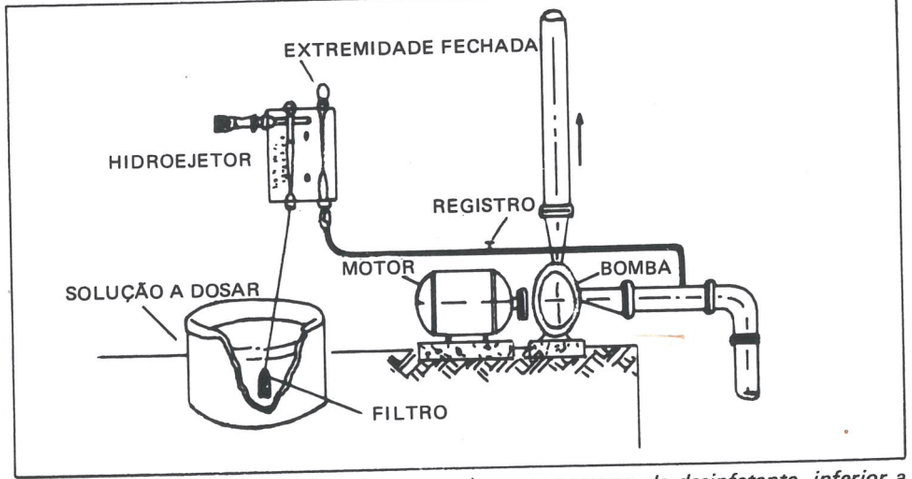


Figura 49 — Montagem recomendada para dosagem pequena de desinfetante, inferior a 5 1/h de solução desinfetante a 1% do cloro disponível.

c) dosadores de emergência

Em situações de emergência, onde se faz necessária uma rápida desinfecção da água de abastecimento, poderão ser utilizados os seguintes dispositivos, conforme as Figuras 50, 51, 52, 53 e 54.

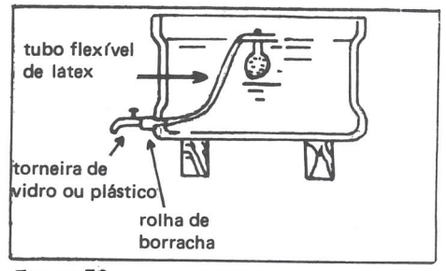


Figura 50.

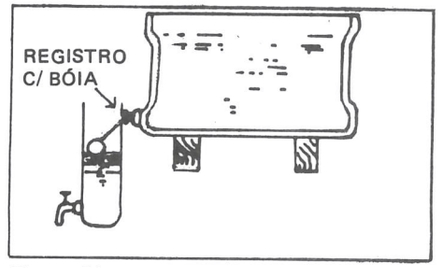


Figura 51.

Obs.: As torneiras poderão ser substituídas por tubos de vidro, onde se acopla um tubo de borracha e uma pinça ou dispositivo similar para estrangulamento.

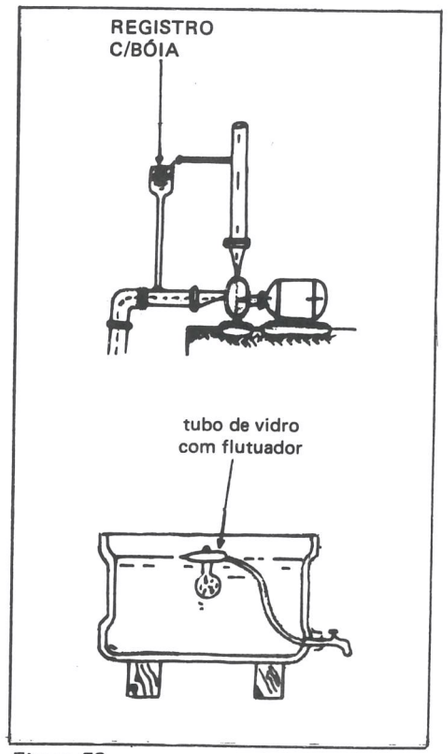


Figura 52.

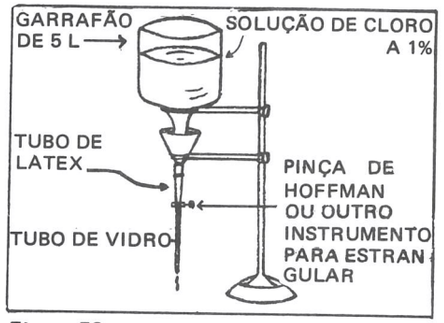


Figura 53.

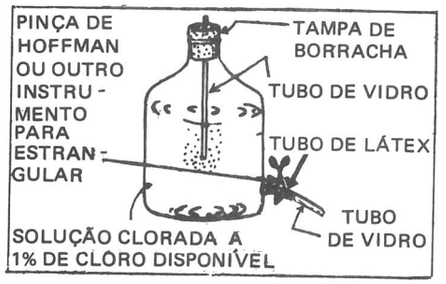


Figura 54 — Frasco de Mariotte. O sistema é utilizado até quando o nível de solução dentro do frasco atingir a extremidade inferior do tubo de vidro. Nesse momento o frasco deve ser realimentado.

Em determinadas situações também se pode empregar um frasco usado na aplicação de Soro (Frasco Sorológico), onde a regulagem é feita periodicamente; aplica-se, neste caso, solução de Hipoclorito de Sódio com 10% de cloro disponível. É recomendável revestir o frasco com papel aluminizado para evitar a decomposição precoce da solução.

A CETESB vem desenvolvendo estudos no sentido de adaptar os dosadores de pastilhas, comumente empregados na desinfecção de esgotos, para a desinfecção de águas de abastecimento.

Tais dosadores constam de uma caixa de fibra de vidro com resina, ou de cimento amianto, onde é introduzido um tubo perfurado de PVC contendo, no seu interior, pastilhas de Cloreto de Cal. A dosagem é regulada quer pela vazão da água, quer pelo número e profundidade da imersão dos tubos usados.

É também conhecido o emprego de potes de barro poroso preenchidos com areia e cloreto de cal, que são mergulhados na água a ser desinfetada.

7.5 Dosagens empregadas

7.5.1 Teores recomendados

Não se dispondo de dados sobre a demanda de cloro de uma determinada água, recomenda-se iniciar com a dosagem de 1 ppm de cloro.

Iniciada a desinfecção, dever-se-á conhecer o pH da água. Este será obtido através de amostras coletadas nos extremos da rede de distribuição. De posse desse parâmetro, e utilizando a Tabela 10, determina-se qual a concentração recomendada de cloro residual livre ou cloro residual combinado a ser encontrado na água, após o tempo indicado.

Tabela 10 — Valores recomendados para residual mínimo de cloro livre e combinado para ação bactericida em função do pH.

pH	Cloro livre em mg/l após 10 minutos	Cloramina em mg/l após 60 minutos
6 a 7	0,2	1,0
7 a 8	0,2	1,5
8 a 9	0,4	1,8
9 a 10	0,8	1,8 a 2,0

Assim sendo, caso o residual encontrado for diferente, deverá ser aumentada ou diminuída a dosagem aplicada. Os exames bacteriológicos subseqüentes indicarão os efeitos da desinfecção processada.

Gubar sugere uma dosagem de 0,5 mg/l de cloro residual combinado com uma concentração máxima permissível, para um tempo de contato de 30 minutos e para águas com uma concentração média de coliformes menor ou igual a 10^4 coliformes por litro. A desinfecção de águas com alta contaminação original de coliformes requerem condições mais intensas de cloração.

Levando-se em consideração os efeitos do cloro em água usada como potável, Gubar sugere que a concentração de cloro residual não deve ser superior ou igual a 2,5 mg/l.

Para grandes instalações, dever-se-á conhecer a demanda de cloro previamente e, então, em lugar de 1 ppm, deverá ser usado:

- (demanda de cloro) + (dosagem indicada para a desinfecção) = (quantidade de cloro a ser adicionado).

A demanda de cloro poderá ser medida diretamente, colocando-se concentrações crescentes de cloro (0,2 em 0,2 mg/l) em vários frascos incolores contendo água a ser desinfetada e medindo-se, depois de um certo tempo, a concentração remanescente, por meio de ortotolidina ou outro indicador.

No caso de não se dispor de ortotolidina, pode-se empregar o Iodeto de Potássio como indicador e, para tanto, deve-se seguir o seguinte roteiro:

Após a aplicação do desinfetante em concentrações crescentes, e decorrido o tempo de contato desejado, aplica-se em cada frasco 4 gotas de vinagre e igual quantidade de amido. Se possível preparar a solução de amido (dissolver 1 colher de café de maizena em um copo de água morna) com um dia de antecedência.

A água que contenha cloro residual tornar-se-á azulada. Aquela que adquirir tonalidade mais suave será a que contém o cloro desejado.

A. L. Barbosa sugere um método prático para a utilização de Iodo farmacêutico como indicador, cujo processo está indicado no Anexo III.

Nesse caso, para o volume de água a ser determinado, o cloro residual deve ser de 50 ml.

7.5.2 Fórmula prática para o cálculo da quantidade de desinfetante a ser aplicada

Para se dosar uma quantidade de cloro ou compostos clorados, com a finalidade de se obter um residual no momento da aplicação, pode se usar a seguinte fórmula:

$$Q = \frac{P \times V}{\% \times 10}$$

Q = quantidade de composto empregado — gramas
P = concentração desejada de cloro residual — mg/l
V = volume da solução a ser desinfetada — l
% = percentagem de cloro disponível no composto

Obs.: no caso de cloro-gás, P = 100.

No caso de se dosar para uma vazão desejada, substituir V pelo valor da vazão em l/seg, o que dará um valor de Q em gramas/seg.

7.6 Aparelhos comparadores para cloro residual

Além dos equipamentos usados em laboratório, como o titulador amperométrico, para a determinação de cloro residual, empregam-se no campo os compradores com reativo como ortotolidina.

A CETESB desenvolveu um sitema comparador usando cubetas de vidro com soluções coloridas montadas em suporte plástico, e preparadas segundo "Stardard Methods".

É apresentado, finalmente, um equipamento de baixo custo.

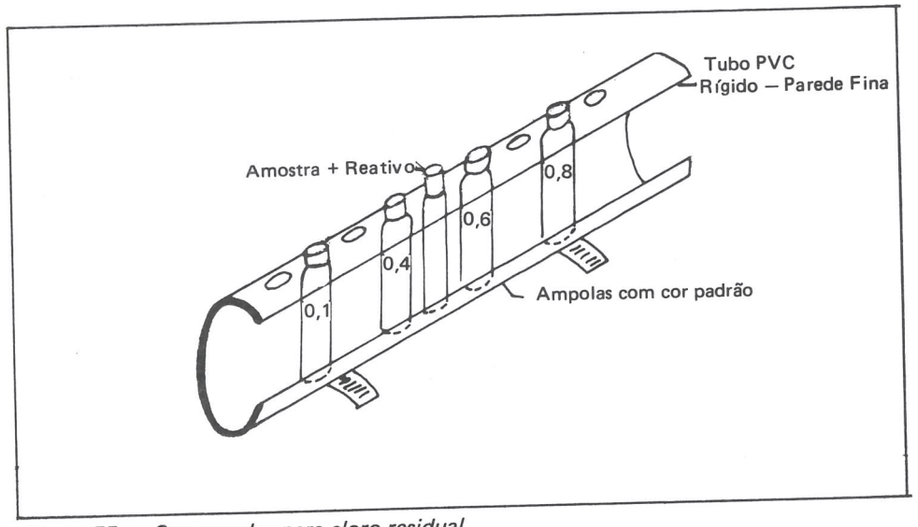


Figura 55 — Comparador para cloro residual.
As cubetas poderão ser fechadas a fogo ou com a colocação de um selo de borracha revestido de plástico.

7.7 Primeiros socorros

7.7.1 Introdução

A utilização de cloro gasoso e de hipocloritos como solução prática de desinfecção pode levar a acidentes ocasionais que, apesar de todo o cuidado, não são completamente evitáveis. Daí, a necessidade de conhecer as condutas de primeiros socorros, para poder-se impedir o agravamento do mal ocorrido.

Por definição, primeiros socorros são os cuidados imediatos dispensados à vítima do acidente, os quais serão, via de regra, prestados no local da ocorrência, até a chegada de um médico. Destinam-se a salvar uma vida ameaçada e a evitar que se agravem os males de que a vítima está acometida.

Qualquer pessoa treinada poderá prestar os primeiros socorros, conduzindo-se com serenidade, compreensão e confiança. A prática de emergências simuladas ajudará na realização de manobras corretas, suaves e seguras.

7.7.2 Vias de intoxicação

As vias de intoxicação por cloro gasoso e hipocloritos são: a respiratória, a oral, e a pele.

A via respiratória é a mais importante. O trabalhador exposto a cloro acima dos limites e sem o uso de equipamento de proteção respiratória, poderá em pouco tempo intoxicar-se.

A via oral é importante em virtude de a intoxicação provocada por meio dela ocorrer quase sempre acidentalmente ou por intenção de suicídio. O hábito de fumar, lanchar ou fazer refeições sem lavar as mãos — portanto, a falta de higiene — pode levar ao acidente.

Ocorre intoxicação pela pele quando o agente causador penetra através das roupas, podendo provocar a formação de gás cloro.

Em caso de intoxicação, são as seguintes as medidas a serem tomadas:

— **Intoxicação por via respiratória**

a) retirar o intoxicado do local de trabalho;
b) deitá-lo de costas, sobre uma superfície dura, com a cabeça apoiada em um travesseiro improvisado;
c) afrouxar as roupas do intoxicado e mantê-lo agasalhado;
d) se estiver consciente, dar-lhe água para beber, em pequena quantidade;
e) se estiver inconsciente, retirar todos os elementos de dentro de sua boca, como dentaduras, restos de comida, saliva, etc.
f) cuidar para que o intoxicado não tenha parada cárdio-respiratória, observando-o. Porém, se isso ocorrer, aplicar os métodos de massagem cardíaca e respiração artificial, ministrando oxigênio através de máscara apropriada e não fazendo uso do método boca-a-boca.

— **Intoxicação por via oral**

a) retirar o intoxicado do local de trabalho;
b) deitá-lo de costas, sobre uma superfície dura, com a cabeça apoiada em um travesseiro improvisado;
c) afrouxar as roupas do intoxicado e mantê-lo agasalhado;
d) se estiver consciente, dar-lhe água para beber, em pequena quantidade, e provocar o vômito;
e) se estiver inconsciente, retirar todos os elementos de dentro de sua boca, como dentaduras, restos de comida, saliva, etc.
f) cuidar para que o intoxicado não tenha parada cárdio-respiratória, observando-o. Porém, se isso ocorrer, aplicar os métodos de massagem cardíaca e respiração artificial, ministrando oxigênio através de máscara apropriada e não fazendo uso do método boca-a-boca.

— **Intoxicação pela pele**

a) retirar o acidentado do ambiente de trabalho, levando-o a um lugar fresco e arejado;
b) retirar toda a roupa do acidentado;
c) lavar com bastante água a parte atingida, durante pelo menos 15 minutos;
d) agasalhá-lo bem com mantas ou cobertores.

ANEXO I

DETERMINAÇÃO DE CLORO DISPONÍVEL EM UMA SOLUÇÃO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO (NaOCl)

a) Em um balão aferido de 1.000 ml, põe-se 2/3 de volume em H_2O destilada. Com pipeta volumétrica, apanha-se (1) um ml do NaOCl a ser testado, põe-se no balão aferido, completa-se o volume do mesmo com H_2O destilada e homogeneiza-se a mistura.
b) Em erlenmeyer de 250 ml, põe-se aproximadamente 1,0 g KI (iodeto de potássio P.A.) cristalizado e dissolve-se com 50 ml de H_2O destilada. Adiciona-se 2 ml de ácido acético P.A.
c) Retira-se do balão (item 1), com pipeta volumétrica, 10 ml de mistura e adiciona-se no erlenmeyer, preparando de acordo com as instruções do item 2.
d) Titula-se com $Na_2S_2O_3$ N/355, ou seja, 0,0028169 N, usando-se o amido solúvel como indicador.
e) Os valores em mililitros gastos da bureta correspondem à 1% do cloro disponível da amostra.

Obs.: partindo-se de uma solução conhecida de $Na_2S_2O_3$ N/40 ou 0,025 N pode-se preparar a solução indicada no item 4, tomando-se 11,26 ml da solução conhecida e diluindo-se para 100 ml com água destilada.

Fonte: Método sugerido pelo Téc. João Eudóxio Faria.

ANEXO II

PREPARO DE SOLUÇÃO A 1% DE CLORO ATIVO

VOLUME DE ÁGUA EM LITROS	HIPOCLORITO DE SÓDIO CLORO ATIVO		CAL CLORADA 25% DE CLORO ATIVO
	PESO	VOLUME	
1	100 g	85 ml	40 g
2	200 g	169 ml	80 g
3	300 g	254 ml	120 g
4	400 g	338 ml	130 g
5	500 g	423 ml	200 g
10	1,0 Kg	846 ml	400 g
15	1,5 Kg	1,3 l	600 g
20	2,0 Kg	1,7 l	800 g
25	2,5 Kg	2,1 l	1,0 Kg
30	3,0 Kg	2,5 l	1,2 Kg
35	3,5 Kg	3,0 l	1,4 Kg
40	4,0 Kg	3,4 l	1,6 Kg
45	4,5 Kg	3,8 l	1,8 Kg
50	5,0 Kg	4,2 l	2,0 Kg
55	5,5 Kg	4,6 l	2,2 Kg
60	6,0 Kg	5,1 l	2,4 Kg
65	6,5 Kg	5,5 l	2,6 Kg
70	7,0 Kg	6,0 l	2,8 Kg
75	7,5 Kg	6,4 l	3,0 Kg
80	8,0 Kg	6,8 l	3,2 Kg
85	8,5 Kg	7,2 l	3,4 Kg
90	9,0 Kg	7,6 l	3,6 Kg
95	9,5 Kg	8,0 l	3,8 Kg
100	10,0 Kg	8,5 l	4,0 Kg
110	11,0 Kg	9,3 l	4,4 Kg
120	12,0 Kg	10,2 l	4,8 Kg
130	13,0 Kg	11,0 l	5,2 Kg
140	14,0 Kg	11,9 l	5,6 Kg
150	15,0 Kg	12,7 l	6,0 Kg
160	16,0 Kg	13,6 l	6,4 Kg
170	17,0 Kg	14,5 l	6,8 Kg
180	18,0 Kg	15,3 l	7,2 Kg
190	19,0 Kg	17,5 l	7,6 Kg
200	20,0 Kg	17,0 l	8,0 Kg
300	30,0 Kg	25,0 l	12,0 Kg
400	40,0 Kg	34,0 l	16,0 Kg
500	50,0 Kg	42,0 l	20,0 Kg
1000	100,0 Kg	85,0 l	40,0 Kg

ANEXO III

PROCESSO PARA DETERMINAÇÃO DE CLORO UTILIZADO – MÉTODOS DE IODOMETRIA

O processo descrito é prático para quando não houver outras possibilidades. Dá idéia apenas de dosagens de cloro superiores a 0,25 mg/l a aproximadamente 3 mg/l em cloro total ou livre, conforme a qualidade da água em exame. (No caso presente, normalmente não se saberá qual a qualidade da água a clorar, quando, então, os resultados deverão ser expressos em cloro total.

Reagentes:

a) Ácido Acético – vinagre branco à base de álcool.
b) Amido – maizena comum.
c) Solução de Iodeto de Potássio a ≅ 1,8% – Iodo Farmacêutico, com preparo conforme processo abaixo.

Preparação do Iodo Farmacêutico:

1º) Colocar num prato 60 ml ou CC (6 colheres de sopa) de iodo farmacêutico.
2º) Em local de boa ventilação, colocar esse prato com o iodo sob a ação do vapor d'água (uma vasilha no fogo com água em ebulição e o prato colocado em cima).

a) Esse prato deve permanecer sob a ação do vapor d'água até secar nele todo o iodo farmacêutico contido. (Tempo aproximadamente de 10 minutos).
b) Ainda sem tirar o prato da ação do vapor d'água, adicionar 100 ml (10 colheres de sopa, ou melhor um copo comum tipo americano cheio até a risca da borda) de água destilada – água para bateria de autos –, lavando as bordas do prato.

Deixar essa solução, que terá cor amarelada, sob a ação do vapor até ela ficar totalmente incolor (tempo aproximado – 50 minutos).

A seguir completa-se o volume do conteúdo desse prato para 100 ml com água destilada da seguinte forma:

– adicionar o conteúdo do prato a um copo comum do tipo americano e, lavando o prato com a água destilada, completar o volume do copo até a risca da borda. Temos assim, a medida aproximada de 100 ml, e essa é a solução de Iodeto de Potássio a ≅1,8, a qual deve ficar guardada em frasco escuro.

Procedimento para análise

1º) Coletar 50 ml de amostras em cada frasco onde as dosagens de cloro foram crescentes, e isto após o tempo de contato previsto. Colher também 50 ml de amostras de água que não sofreu a desinfecção. (P/50 ml ou CC é igual a aproximadamente 1/2 copo comum tipo americano, baseando-se o volume de 100 ml na risca da borda).
2º) Adicionar nessas amostras 15 ml do vinagre branco acima especificado (1 colher de sopa e meia).
3º) A seguir adicionar nas amostras 5 ml da solução de iodo acima preparada (1 colher de sobremesa, ou meia de sopa). Aguardar um minuto.
4º) Prosseguindo, adicionar nas amostras 1 pitada de Maizena, agitar. Aguardar cinco minutos.
5º) Logo após, verificar colorações, olhando os copos contra um fundo branco (pires, prato, papel, etc.); a amostra sem o cloro não deve mudar de cor, ficará apenas turva, esbranquiçada.

Cores da amostra que contém cloro

- Levemente rosa p/roxo avermelhado (menor que 1 mg/l) ≅ 0,3 a 0,8 mg/l
- Roxo violeta (menor que 2 mg/l) ≅ 0,9 a 1,7 mg/l
- Roxo violeta lilás p/azulado (em torno de 2 mg/l) ≅ 1,5 a 2,2 mg/l
- Roxo azulado (menor que 3 mg/l) ≅ 2,1 a 2,7 mg/l
- Roxo azulado com depósitos escuros (em torno de 3 mg/l) ≅ 2,7 a 3,1 mg/l

Daí para a frente aparece o roxo-preto com tonalidade amarelo-esverdeada, de difícil distinção.

Obs.: Por esse processo, a água para se beber normalmente estará compreendida nas dosagens de 0,3 a ≅ 1 mg/l em cloro total. No caso presente, utilizar-se somente das duas primeiras cores acima e verificar se não há gosto excessivo de cloro, para se poder controlar as dosagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, A.L. **Informações pessoais.**
2. BUTTERFIELD, C.T. & ELSIE, Wattle. Influence of pH and temperature on survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to chloramine. **Public Health Rep., 61**:157, 1946.
3. FUNDAÇÃO SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA. **Manual de saneamento.** 3. ed. Rio de Janeiro, 1972. 3v.
4. GREEN, D.C. & STUMPH, P.K. The mode of action of chlorine. **J. AWWA, 38**(11): 1301, Nov. 1946.
5. GUBAR, M.A.; BOGDANOVA, T.P.; VORONOV, A.T.; BUTUCHENKOVA, T.P. The Effect of active clorine ingested in drinking water. **Gigiena i Sanitariya, 35**(7-9): 188, Set. 1970.
6. GUBAR, M.A. & KOZLOVA, N.D. Higienic assesment of the desinfection of drinking water with free and combined active chlorine. **Gigiena i Sanitariya, 32** (4-6): 165, jun. 1967.
7. MOITTA, F. **Manual de cloração para emergência**: Divisão Nacional de Engenharia Sanitária do Ministério da Saúde, 1974. (Mimeografado.)
8. MORRIS, J.C. Chlorination and desinfection — state of art. **J. AWWA, 63**:769, Dec. 1971.
9. OLIVEIRA, W.E. et alii. **Saneamento do meio.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública USP. Departamento de Saúde Ambiental, 1975. (Mimeografado.)
10. PHILIPPI JUNIOR, A. Santa Catarina: tubarão e o saneamento na calamidade. **Rev. D.A.E.,** São Paulo, **35**(101)88-92, 1975.
11. _____. **O Serviço de acondicionamento, coleta e transporte e tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos no meio urbano.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública USP. Departamento de Saúde Ambiental, 1975. (Mimeografado.)
12. ROSSIN, A.C. **Saneamento em emergência.** São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP. Departamento de Saúde Ambiental, 1974. (Mimeografado.)
13. ROSSIN, A.C.; SCARPELLI, P.L.S.; PRAGER, K.A.P. **Soluções práticas de emergência em saneamento básico-desinfecção de água.** (Apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, São Paulo, 1971.)
14. SLETTEN, O. Halogens their role in desinfection. **J. AWWA, 566**(12):691, Dec. 1974.
15. STANDARD methods for the examination of water and eastewater. 13.ed. Washington, APHA, 1971.
16. SYNAN, J.F.; Mac MAHON, JD; VICENT, G.P. Chlorine dioxide: a new development in the treatment of water. **J. New England W.W.A., 458**: 264, 1944.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. COELHO, Sergio Luis. **Curso de operadores;** apostila. CETESB, 1974.
2. TÉCNICA DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA. FSP, USP, CETESB, USAID, BNH, 1973. v. 11.
3. WATER QUALITY AND TREATMENT. 3. ed. AWWA, McGraw-Hill Book, 1971.
4. ROSSIN, A.C. e BUSO, S.J., Soluções Práticas para Desinfecção de Água — (Apresentado no 8º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 1975).

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA