

Saneamento Ambiental

Prof. Jonatan Neitzel

Profa. Alexandra Lindner



Indaial – 2013

1ª Edição



Copyright © UNIASSELVI 2013

Elaboração:

Prof. Jonatan Neitzel

Prof.a Alexandra Lindner

Revisão, Diagramação e Produção:

Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI

Ficha catalográfica elaborada na fonte pela Biblioteca Dante Alighieri

UNIASSELVI – Indaial.

N417s

Neitzel, Jonatan.

Saneamento ambiental / Jonatan Neitzel; Alexandra Lindner.
Indaial : Uniassevi, 2013.

233 p. : il.

ISBN 978-85-7830-642-7

1. Saneamento ambiental. 2. Engenharia ambiental e sanitária.
I. Centro Universitário Leonardo da Vinci.

CDD 628

Apresentação

Caro(a) acadêmico(a)!

Estamos iniciando o curso “Saneamento Ambiental” e este Caderno de Estudos aborda desde aspectos históricos sobre o saneamento e a utilização de recursos pelo homem, passando por leis que regulam o uso de recursos hídricos e definem o saneamento, causas de doenças e propriamente o tratamento de águas de abastecimento, esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos.

Observamos demandas de atividades de saneamento todos os dias ao nosso redor, seja pela necessidade de obras e serviços de responsabilidade dos governos, seja pelo comportamento impróprio do ser humano. Ainda encontramos “esgoto a céu aberto”, alagamentos em períodos curtos e intensos de chuva, propagação de doenças por insetos e lixo espalhado pelas ruas, para citar alguns exemplos desses casos.

O Saneamento Ambiental é de vital importância para a qualidade de vida do ser humano, para a manutenção de seus direitos universais à água e à saúde e, de maneira inseparável, para o equilíbrio dos ecossistemas, de seus regimes hídricos e da diversidade e inter-relações da fauna e flora do planeta.

Este caderno é dividido em três unidades, começando por aspectos mais conceituais para o entendimento do saneamento, se desenvolvendo e terminando com questões práticas para a solução das questões trazidas pelo saneamento.

A Unidade 1 traz uma revisão histórica do saneamento nas cidades e da gestão dos recursos hídricos no país; trata de fontes de poluição nos ambientes rurais e urbanos; aborda as leis que regulamentam o saneamento, o uso de recursos hídricos e as doenças veiculadas pela água e pelo lixo.

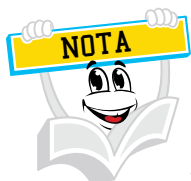
A Unidade 2 se inicia pelos ciclos hidrológicos e de nutrientes, caracteriza a água, suas propriedades para a manutenção da vida e para torná-la potável; na sequência é mostrado como se dá a captação, tratamento e distribuição de água para abastecimento das cidades, bem como é dado um caso prático de dimensionamento de uma estação de tratamento.

A Unidade 3 aborda o regime de águas pluviais e a drenagem urbana; caracteriza o esgoto sanitário, sua regulamentação e como deve ser tratado. Apresenta as fases e tipos de tratamento de esgoto doméstico, suas etapas e a operação de uma estação de tratamento. Ao final da unidade são

apresentados ainda aspectos da geração e disposição de resíduos sólidos urbanos, a coleta, seleção e destino adequados, bem como o papel e gestão dos aterros sanitários.

Vamos aproveitar e aprender com esta caminhada!

Prof. Jonatan Neitzel
Prof.a Alexandra Lindner



Você já me conhece das outras disciplinas? Não? É calouro? Enfim, tanto para você que está chegando agora à UNIASSELVI quanto para você que já é veterano, há novidades em nosso material.

Na Educação a Distância, o livro impresso, entregue a todos os acadêmicos desde 2005, é o material base da disciplina. A partir de 2017, nossos livros estão de visual novo, com um formato mais prático, que cabe na bolsa e facilita a leitura.

O conteúdo continua na íntegra, mas a estrutura interna foi aperfeiçoada com nova diagramação no texto, aproveitando ao máximo o espaço da página, o que também contribui para diminuir a extração de árvores para produção de folhas de papel, por exemplo.

Assim, a UNIASSELVI, preocupando-se com o impacto de nossas ações sobre o ambiente, apresenta também este livro no formato digital. Assim, você, acadêmico, tem a possibilidade de estudá-lo com versatilidade nas telas do celular, tablet ou computador.

Eu mesmo, UNI, ganhei um novo layout, você me verá frequentemente e surgirei para apresentar dicas de vídeos e outras fontes de conhecimento que complementam o assunto em questão.

Todos esses ajustes foram pensados a partir de relatos que recebemos nas pesquisas institucionais sobre os materiais impressos, para que você, nossa maior prioridade, possa continuar seus estudos com um material de qualidade.

Aproveito o momento para convidá-lo para um bate-papo sobre o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE.

Bons estudos!



BATE SOBRE O PAPO ENADE!



Olá, acadêmico!

Você já ouviu falar sobre o **ENADE**?

Se ainda não ouviu falar nada sobre o ENADE, agora você receberá algumas informações sobre o tema.

Ouviu falar? Ótimo, este informativo reforçará o que você já sabe e poderá lhe trazer novidades.



Vamos lá!

Qual é o significado da expressão ENADE?

EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

Em algum momento de sua vida acadêmica você precisará fazer a prova ENADE.



Que prova é essa?

É **obrigatória**, organizada pelo INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Quem determina que esta prova é obrigatória... O **MEC – Ministério da Educação**.

O objetivo do MEC com esta prova é o de avaliar seu desempenho acadêmico assim como a qualidade do seu curso.



Fique atento! Quem não participa da prova fica impedido de se formar e não pode retirar o diploma de conclusão do curso até regularizar sua situação junto ao MEC.

Não se preocupe porque a partir de hoje nós estaremos auxiliando você nesta caminhada.

Você receberá outros informativos como este, complementando as orientações e esclarecendo suas dúvidas.



Você tem uma trilha de aprendizagem do ENADE, receberá e-mails, SMS, seu tutor e os profissionais do polo também estarão orientados.

Participará de webconferências entre outras tantas atividades para que esteja preparado para #mandar bem na prova ENADE.

Nós aqui no NEAD e também a equipe no polo estamos com você para vencermos este desafio.

Conte sempre com a gente, para juntos mandarmos bem no ENADE!



SUMÁRIO

UNIDADE 1 - CONTEXTUALIZAÇÃO DO SANEAMENTO AMBIENTAL	1
TÓPICO 1 - REVISÃO HISTÓRICA	3
1 INTRODUÇÃO	3
2 FORMAÇÃO DAS CIDADES E POLUIÇÃO ANTROPOGÊNICA.....	3
2.1 O HOMEM PRÉ-HISTÓRICO.....	4
2.2 AS CIDADES ANTIGAS	4
2.3 AS CIDADES MEDIEVAIS	5
2.4 AS CIDADES MODERNAS E A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	5
2.5 AS CIDADES DO SÉCULO XX	7
3 PROBLEMAS EM SANEAMENTO DECORRENTES DO DESENVOLVIMENTO	
PÓS-GUERRA	8
4 POLUIÇÃO RURAL	9
4.1 POLUIÇÃO RELACIONADA À PRODUÇÃO AGRÍCOLA	10
4.2 SANEAMENTO EM ÁREAS RURAIS.....	11
5 POLUIÇÃO URBANA	13
5.1 CAUSAS E EFEITOS DA POLUIÇÃO URBANA.....	13
5.2 ÁGUA E ESGOTO	14
5.3 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	15
5.4 SANEAMENTO INTEGRATIVO	15
LEITURA COMPLEMENTAR.....	17
RESUMO DO TÓPICO 1.....	19
AUTOATIVIDADE	20
TÓPICO 2 - DEFINIÇÕES E ABRANGÊNCIA.....	21
1 INTRODUÇÃO	21
2 DIMENSÕES INTERNACIONAIS DO SANEAMENTO AMBIENTAL	21
2.1 CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMAS	21
2.2 CONFERÊNCIAS E TRATADOS INTERNACIONAIS.....	23
2.3 EFEITOS LOCAIS DOS ENCONTROS INTERNACIONAIS.....	26
3 RECURSOS HÍDRICOS	26
3.1 USOS DA ÁGUA	26
3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	27
3.2.1 Quantificação.....	27
3.2.2 Qualificação	28
4 SOLO	30
4.1 USOS DO SOLO	30
4.2 EROSÃO	31
4.3 POLUIÇÃO DO SOLO.....	32
5 ATMOSFERA	33
5.1 USOS DO AR	33
5.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	33
LEITURA COMPLEMENTAR.....	37
RESUMO DO TÓPICO 2.....	39
AUTOATIVIDADE	40

TÓPICO 3 - DOENÇAS DA CARÊNCIA DE SANEAMENTO.....	41
1 INTRODUÇÃO	41
2 TRANSMISSÃO DE DOENÇAS PELA ÁGUA.....	42
2.1 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS DA ÁGUA	43
2.2 CONTAMINANTES QUÍMICOS DA ÁGUA.....	46
3 DOENÇAS OCASIONADAS PELO ACÚMULO DE LIXO.....	47
3.1 TRANSMISSÃO	48
3.2 PERIGOS DO LIXO HOSPITALAR.....	49
RESUMO DO TÓPICO 3.....	50
AUTOATIVIDADE	51
 TÓPICO 4 - LEGISLAÇÃO	 53
1 INTRODUÇÃO	53
2 GESTÃO POLÍTICA DA ÁGUA	53
2.1 MARCOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	54
2.2 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	57
2.3 A ANA	58
2.4 PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA	60
3 GESTÃO POLÍTICA DO SANEAMENTO AMBIENTAL.....	60
3.1 SANEAMENTO BÁSICO E SANEAMENTO AMBIENTAL	61
4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE ESGOTO	62
4.1 PERÍODO COLONIAL ATÉ 1970.....	63
4.2 PERÍODO DE 1970 A 1990.....	63
4.3 SERVIÇOS DE SANEAMENTO DE 1990 À ATUALIDADE.....	64
4.4.MARCO REGULATÓRIO DO SANEAMENTO BÁSICO	66
RESUMO DO TÓPICO 4.....	68
AUTOATIVIDADE	69
 UNIDADE 2 - ÁGUA POTÁVEL.....	 71
 TÓPICO 1 - CICLO HIDROLÓGICO.....	 73
1 INTRODUÇÃO	73
2 O CICLO DA ÁGUA	73
3 HIDROLOGIA E OS CICLOS DE NUTRIENTES	74
3.1 CARBONO (C)	74
3.2 NITROGÊNIO (N)	76
3.3 ENXOFRE (S)	77
3.4 FÓSFORO (P).....	78
4 PROCESSOS BIOLÓGICOS E A MANUTENÇÃO DA VIDA.....	79
4.1 VIDA AQUÁTICA.....	80
4.2 MANUTENÇÃO DE ORGANISMOS VIVOS	80
5 ÁGUA NAS CIDADES	81
5.1 ALTERAÇÕES DE NUTRIENTES.....	82
5.2 DRENAGEM URBANA.....	83
RESUMO DO TÓPICO 1.....	86
AUTOATIVIDADE	87
 TÓPICO 2 - QUALIDADE DA ÁGUA: POTABILIDADE	
1 INTRODUÇÃO	89
2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	89
2.1 PARÂMETROS FÍSICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA	90
2.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA	91
2.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS.....	94
3 PADRÕES DE POTABILIDADE	94

UNIDADE 3 - ESGOTO SANITÁRIO, DRENAGEM URBANA E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	155
TÓPICO 1 - SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO	157
1 INTRODUÇÃO	157
2 CRESCIMENTO POPULACIONAL: INSUFICIÊNCIA DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO.....	157
3 QUANTIFICAÇÃO - VAZÕES	159
4 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS.....	159
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	160
4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	160
4.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	161
4.4 DECOMPOSIÇÃO AERÓBICA E ANAERÓBICA DE ESGOTOS	162
5 GERENCIAMENTO DE ESGOTOS: SOLUÇÕES INDIVIDUAIS E COLETIVAS.....	163
5.1 SOLUÇÕES INDIVIDUAIS ONDE NÃO HÁ ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA.....	163
5.2 SOLUÇÕES COLETIVAS.....	165
6 TRATAMENTO DE ESGOTOS	167
6.1 TANQUE SÉPTICO	167
6.1.1 Caixa de gordura.....	169
6.1.2 Filtro anaeróbico	170
6.1.3 Destino final do efluente da fossa séptica e filtro anaeróbico	171
6.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) PARA PEQUENAS LOCALIDADES	172
6.3 TRATAMENTO DE ESGOTOS POR FILTROS BIOLÓGICOS E DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA.....	173
6.4 TRATAMENTO DE ESGOTOS: LODOS ATIVADOS.....	173
6.5 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	174
6.6 TANQUES IMHOFF	175
7 TRATAMENTO DE LODOS	176
7.1 ADENSAMENTO DE LODOS.....	177
7.2 ESTABILIZAÇÃO DE LODOS.....	177
7.3 CONDICIONAMENTO DE LODOS	178
7.4 DESIDRATAÇÃO DE LODOS.....	178
7.5 DESTINAÇÃO FINAL DE LODOS.....	178
RESUMO DO TÓPICO 1.....	180
AUTOATIVIDADE	182
TÓPICO 2 - CASO PRÁTICO: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOSSA SÉPTICA, FILTRO ANAERÓBICO E SUMIDOURO	183
1 INTRODUÇÃO	183
2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO.....	184
3 DIMENSIONAMENTO: DETERMINAÇÃO DO VOLUME ÚTIL.....	186
3.1 FOSSA SÉPTICA	186
3.2 FILTRO ANAERÓBICO	186
3.3 SUMIDOURO	187
RESUMO DO TÓPICO 2.....	188
AUTOATIVIDADE	189
TÓPICO 3 - ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA.....	191
1 INTRODUÇÃO	191

2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA: CRESCIMENTO URBANO	192
2.1 IMPACTO DO CRESCIMENTO URBANO NO CICLO HIDROLÓGICO.....	192
2.2 IMPACTO SOBRE O AMBIENTE AQUÁTICO	194
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL	196
3 GESTÃO DA DRENAGEM URBANA.....	197
3.1 GESTÃO PÚBLICA DA DRENAGEM URBANA.....	197
3.2 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.....	199
3.2.1 Medidas estruturais.....	199
3.2.2 Medidas não estruturais	203
RESUMO DO TÓPICO 3.....	204
AUTOATIVIDADE	205
 TÓPICO 4 - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	 207
1 INTRODUÇÃO	207
2 PROBLEMA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	207
3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	209
3.1 GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i>	209
3.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	210
3.3 PESO ESPECÍFICO APARENTE.....	211
3.4 TEOR DE UMIDADE	211
3.5 COMPRESSIVIDADE.....	212
3.6 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	212
3.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	213
4 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	213
4.1 ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO.....	215
4.2 COMBINAÇÕES DE ESTRATÉGIAS	219
LEITURA COMPLEMENTAR.....	222
RESUMO DO TÓPICO 4.....	226
AUTOATIVIDADE	227
REFERÊNCIAS	229

CONTEXTUALIZAÇÃO DO SANEAMENTO AMBIENTAL

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Com o desenvolvimento do conteúdo desta unidade, o(a) acadêmico(a) estará apto(a) a:

- entender as relações de “causa e efeito” sobre aspectos do saneamento básico e ambiental;
- identificar poluentes e suas fontes principais em ambientes rurais e urbanos;
- conhecer as bases da estrutura legal para a gestão urbana e de recursos naturais;
- prever as implicações do tratamento inadequado de resíduos sólidos, líquidos e gasosos para a saúde e o meio ambiente.

PLANO DE ESTUDOS

Esta primeira unidade está dividida em quatro tópicos. Ao final de cada um, encontram-se exercícios para fixação do conteúdo. A Unidade 1 contém também fontes de informações complementares aos assuntos desenvolvidos.

TÓPICO 1 – REVISÃO HISTÓRICA

TÓPICO 2 – DEFINIÇÕES E ABRANGÊNCIA

TÓPICO 3 – LEGISLAÇÃO

TÓPICO 4 – DOENÇAS OCASIONADAS PELA FALTA DE SANEAMENTO

REVISÃO HISTÓRICA

1 INTRODUÇÃO

Esta disciplina inicia, sucintamente, a partir de uma revisão de como surgiram os problemas de gestão ambiental, como evoluíram, qual foi e qual é o papel do homem na criação de soluções para o desenvolvimento da sociedade, gerando novos problemas e, a seguir, novas soluções a esses últimos.

Sabemos que tanto o aumento da população mundial quanto da sua complexidade de relações sociais, técnicas, culturais, morais, econômicas e políticas, para não citar um sem-número de aspectos, interferem de maneira direta ou indireta no meio ambiente. Adicionalmente, pensar uma gestão ambiental a partir de nós como indivíduos adquire uma dimensão diferenciada quando se faz pensar, sucessivamente, na gestão a partir de núcleos familiares, associações de moradores, bairros, cidades, estados, países e continentes. Há de se considerar ainda, e principalmente, a realidade e o grau de fragilidade dos ecossistemas, dos quais cada comunidade depende e neles interfere.

Estudaremos, portanto, algumas fases da humanidade quanto ao seu comportamento diante da gestão de recursos naturais, como evoluiu seu entendimento e em que momento estamos, pois não há como administrar o futuro sem entendimento do passado e aprendizado sobre o tempo presente.

2 FORMAÇÃO DAS CIDADES E POLUIÇÃO ANTROPOGÊNICA

Todas as atuais discussões a respeito da gestão da vida humana dentro de um meio com recursos finitos e restritos (o planeta Terra) tomaram dimensões efetivas a partir da definição da ONU (Relatório Brundtland ou *"Nosso Futuro Comum"*, 1987) para desenvolvimento sustentável: "O atendimento às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades".

As preocupações a respeito de um desenvolvimento sustentável surgiram com a constatação dos efeitos das atividades humanas de ocupação e transformação (indústria) do meio ambiente. Episódios como mortandade de peixes, extinção acelerada de espécies e derretimento das calotas polares foram mais potencialmente agravados ao longo do século XX, sobretudo em sua segunda metade. Essa evolução, se assim podemos chamar, pode ser entendida

ao longo da história da humanidade a partir de alguns eventos principais, que veremos a seguir.

2.1 O HOMEM PRÉ-HISTÓRICO

A primeira forma de energia que o homem utilizou foi a energia retirada dos alimentos para sua subsistência, começando por caça, pesca e coleta de frutos. Na época pré-histórica, a transformação do meio ambiente pelo homem era praticamente nula, mesmo considerando a eliminação de excretas sem tratamento, pois a população era muito reduzida. Mais ao final da pré-história (10.000 a 5.000 a.C), o homem aprendeu a cultivar plantas e a domesticar animais, era o início da agricultura. Com isso, além de sua própria energia, utilizava também força animal para a realização de algumas atividades. Naquele momento já eram realizadas pequenas monoculturas e se concentravam populações, plantas e animais em algumas áreas, surgindo, então, algumas vilas. Já tínhamos um pouco mais de interferência de atividades antrópicas sobre a natureza, mas ainda em dimensões bastante reduzidas.

2.2 AS CIDADES ANTIGAS

Por volta de 2.000 a.C já tínhamos algumas aglomerações de poucos milhares de habitantes ocupando áreas pequenas, desenvolvidas sempre próximas a fontes de água potável. Roma foi a primeira cidade que pôde chegar a 1 milhão de habitantes graças a um sistema de aquedutos.

A maioria das cidades da antiguidade clássica dispunha de um ou mais reservatórios públicos, onde a água potável era armazenada. Alguns destes reservatórios também coletavam água da chuva, principalmente os reservatórios das cidades no norte da África.

O crescimento populacional nestas cidades começou a criar sérios problemas quanto ao saneamento básico. A coleta de lixo era inexistente na maior parte das cidades. Habitantes da classe trabalhadora simplesmente jogavam seu lixo nas ruas – muitas das quais, não pavimentadas. Como consequência, doenças eram muito comuns na época e a taxa de mortalidade era alta. Este problema era agravado com as chuvas - que inundavam as casas da cidade com lama contaminada com lixo e micro-organismos causadores de doenças. Outras cidades, porém, coletavam o lixo das casas e os jogavam fora das muralhas da cidade. As cidades romanas, em especial, se destacavam por suas ruas pavimentadas e seus avançados sistemas de saneamento, que não seriam ultrapassados em escala e tecnologia até o século XIX.

2.3 AS CIDADES MEDIEVAIS

Tomando-se as cidades europeias, na Idade Média elas mudaram muito em relação às cidades do Império Romano da Antiguidade: eram geralmente muito menores. Uma cidade medieval típica tinha entre 250 e 500 habitantes. Posteriormente, com o crescimento do comércio entre as cidades e a migração de pessoas do campo para a cidade, as povoações cresceram e, a partir do século X, várias aglomerações urbanas fortificadas foram criadas, protegidas por grandes muralhas, e até o século XVI em torno de 12 cidades na Europa possuíam mais de 50 mil habitantes.

Como foi visto, nas cidades da Antiguidade, geralmente, o lixo também era despejado diretamente na rua. Por causa disso e também por causa da alta densidade populacional, epidemias mataram uma grande quantidade de pessoas. O episódio mais marcante foi o da peste negra, que exterminou cerca de 350 milhões de pessoas na Europa e na Ásia entre os séculos XIV e XIX, a maioria, moradores urbanos.

As muralhas das cidades limitavam o espaço das cidades medievais. Prédios de três a seis andares passaram a ser construídos para resolver o problema da falta de espaço. Quando a população das cidades crescia, a alta densidade populacional tornava-se um grave problema. Algumas cidades resolveram expandir suas muralhas. Outras simplesmente deixavam as muralhas de pé e construíam novas cidades nas proximidades.

FONTE: Adaptado de: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_das_cidades>. Acesso em: 8 mar. 2012.

2.4 AS CIDADES MODERNAS E A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Estamos agora na época do Renascimento, por volta dos séculos XVI e XVII, e a configuração das cidades pouco mudou, considerando-se o grande período da Idade Média. No século XVIII, contudo, verificamos a ocorrência da Revolução Industrial, o que foi possível com a criação da máquina a vapor e, mais tarde, da eletricidade.

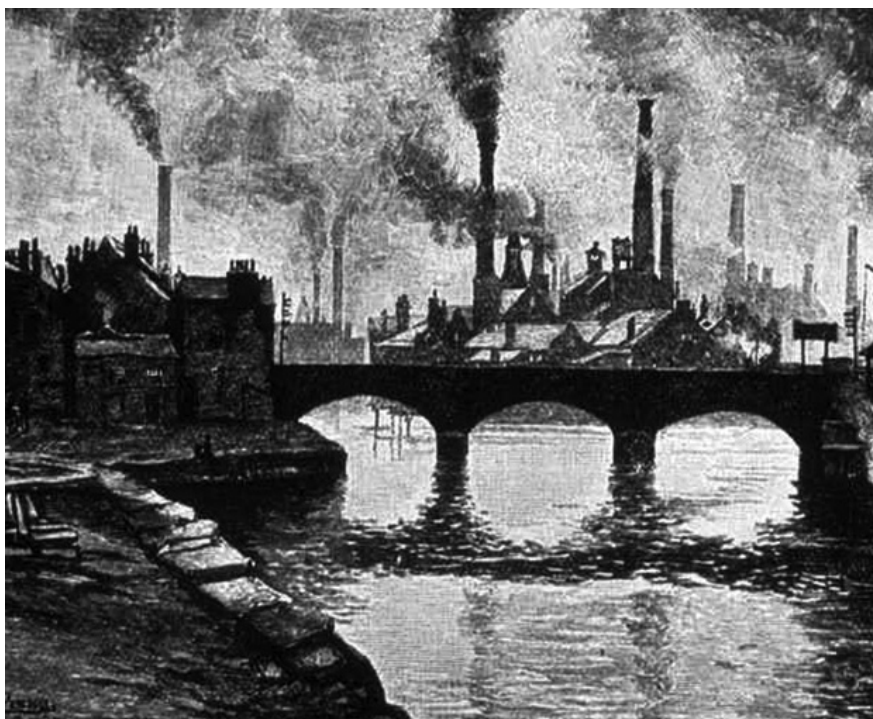
Inúmeras cidades europeias e norte-americanas mudaram drasticamente, tornando-se grandes centros industriais.

A industrialização foi o fator mais importante para que a urbanização se acelerasse, o que ocorreu do século XVIII em diante, permitindo pela primeira vez na história da humanidade que uma parcela significativa de um dado país vivesse em áreas urbanas.

Cidades em industrialização passaram a possuir grandes bairros industriais e o crescimento populacional acelerado demandou a criação do transporte público de trabalhadores e recursos industriais.

FONTE: Adaptado de: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_das_cidades>. Acesso em: 8 mar. 2012

FIGURA 1 – IMAGEM TÍPICA DE CIDADE LOGO APÓS A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL



FONTE: Disponível em: <<http://www.wordmagazine.co.uk/content/cockney-pop-londoners-peddalling-passionless-pop>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

A população das cidades industrializadas cresceu bastante, tanto pelas altas taxas de crescimento populacional como pelo forte êxodo rural. Muitos agricultores se mudaram para as cidades, porque avanços tecnológicos na área da agropecuária haviam reduzido a necessidade de mão de obra humana, e outros foram às cidades simplesmente em busca de uma vida melhor.

A maior cidade, durante 1825 até o fim do século XIX, foi Londres, a primeira área urbanizada a superar os cinco milhões de habitantes do mundo.

FONTE: Adaptado de: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_das_cidades>. Acesso em: 8 mar. 2012.

Se verificamos, então, um grande crescimento populacional desorganizado em regiões próximas às atividades industriais e em um período curto de tempo, podemos esperar graves problemas sanitários. Foi o que ocorreu.

As condições sanitárias da cidade industrial típica eram péssimas. Elas geralmente não dispunham de abastecimento de água e esgoto - nem mesmo nos bairros onde as casas e apartamentos da burguesia e da elite estavam localizados. Gradualmente, tais serviços foram instituídos nas cidades, primeiramente nos bairros da elite e da burguesia. Somente depois, já no início do século XX, os bairros da classe trabalhadora passaram a receber estes serviços. Mas isto nos países desenvolvidos (mesmo hoje, no século XXI, várias cidades em países em desenvolvimento não possuem estas instalações).

Com este quadro, a poluição tornou-se um grande problema nas cidades industrializadas. A falta de instalações sanitárias adequadas e a poluição fizeram com que as taxas de mortalidade das cidades industriais se tornassem muito altas, também pelo fato de fábricas e bairros residenciais serem construídos uns próximos aos outros.

FONTE: Adaptado de: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_das_cidades>. Acesso em: 8 mar. 2012.

Não se tinha conhecimento da potencial periculosidade dos resíduos industriais gerados ou, mesmo, consciência inicial da necessidade de tratá-los.

2.5 AS CIDADES DO SÉCULO XX

Podemos perceber que as cidades cresceram mais do que nunca no século XX, mesmo com crises como a Grande Depressão da década de 1930, em que as cidades foram fortemente atingidas pelo desemprego, e as duas Grandes Guerras. As principais razões foram ainda o êxodo rural, queda nas taxas de mortalidade a partir de inovações na área da medicina, estabelecimento de leis contra indústrias poluentes e maior reorganização das cidades, por meio da implementação de leis de zoneamento e de planejamento urbano. Atualmente, áreas urbanas concentram mais da metade da população na maioria dos países do mundo.

FONTE: Adaptado de: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_das_cidades>. Acesso em: 8 mar. 2012.

O crescimento das cidades em função da industrialização foi maior, contudo, após a Segunda Guerra Mundial. Esse crescimento se deu com ações

governamentais focadas no desenvolvimento econômico, propondo-se a diminuição das diferenças econômicas entre os países com a disponibilização de recursos para os países em desenvolvimento. Um grande avanço tecnológico acompanhou todo esse processo e deu início a um mercado de consumo de bens de luxo. No Brasil, conhecemos a época de grandes aplicações de recursos estrangeiros para seu crescimento econômico como “Milagre Econômico” (como veremos posteriormente, o pagamento de dívidas desacelerou as obras de saneamento na década de 90).

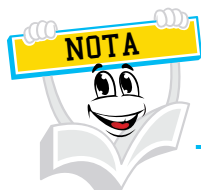
3 PROBLEMAS EM SANEAMENTO DECORRENTES DO DESENVOLVIMENTO PÓS-GUERRA

A época de acelerado crescimento a qualquer custo trouxe consigo um grande desgaste de recursos naturais, como o petróleo, culminando na crise do petróleo em 1973. As práticas produtivas eram essencialmente predatórias, com elevado grau de desmatamento. Vale lembrar, no campo da agricultura, do uso cada vez mais elevado de fertilizantes sintéticos, além de pesticidas, fungicidas e herbicidas, que invariavelmente acabam nos corpos hídricos. No Brasil foram criados polos de mineração em plena floresta amazônica.

Com a expansão da oferta de alimentos e fármacos, também houve uma grande explosão demográfica, acompanhada de políticas que favoreceram a concentração de renda, resultando em aumento nas taxas de pobreza e, portanto, moradias irregulares do ponto de vista de saneamento urbano. Além disso, houve e há uma crescente demanda por recursos básicos como água, energia, alimentos, fármacos e, claro, saneamento. Mais recentemente, houve ainda uma grande expansão no consumo de plásticos, uso de automóveis, eletrodomésticos e instrumentos eletrônicos, por exemplo, o que demanda grande quantidade de recursos e dá origem cada vez mais a resíduos, tanto na produção como no descarte doméstico de resíduos sólidos.

Concentrando-nos especificamente nas questões de saneamento no Brasil, desde a época do “Milagre Econômico” até o momento, aquela época também concentrou investimentos nessa área, com pressões pela disponibilização de água potável e esgotamento sanitário. Embora recursos financeiros fossem mais disponíveis na década de 70, a década de 80 ainda concentrou investimentos expressivos, facilitados pela modernização do setor e mobilização política. Já para a década de 90 encontramos mais dificuldades, sobretudo por motivos de caráter político. Houve uma política de ajuste fiscal na tentativa de uma estabilização monetária (se você não presenciou, pode perguntar a alguém sobre os índices de inflação no final dos anos 80), o que dificultou a retomada do crescimento e a manutenção de políticas sociais, que, claro, incluem o direito ao saneamento básico. A disponibilização de recursos com esse fim foi bastante reduzida, pois as suas fontes se vinculavam ao crescimento econômico, bastante prejudicado naquela década.

No século XXI já existe um nível de conhecimento e estoque de dados sobre demandas de saneamento, tanto do ponto de vista técnico como administrativo, suficientes ao atendimento adequado das populações pelas cidades, estados e nação. Mesmo para poluentes industriais já existe uma série de tecnologias disponíveis ao tratamento de resíduos mais complexos, bem como uma legislação ambiental bastante desenvolvida. Podemos considerar, entre os maiores desafios ao desenvolvimento sustentável das populações, a motivação e a consciência políticas para o saneamento e a gestão de resíduos, bem como a seriedade por parte de empresas e indivíduos, com a participação e pressão da sociedade, uma vez que, tecnicamente, grande parte das questões ambientais já tem solução.



Um dos grandes marcos na discussão mundial de questões ambientais é o livro “Primavera Silenciosa” (Silent Spring, Rachel L. Carson, 1962), publicado no início dos anos 60 pela cientista americana Rachel Carson. Esse livro foi lançado em uma época de euforia desenvolvimentista, forçando o governo americano a proibir o uso de DDT e instigando mudanças revolucionárias nas leis que preservam o ar, a terra e a água, com a criação, em 1970, da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana. Obtenha mais informações em <<http://www.observatorioeco.com.br/50-anos-do-livro-primavera-silenciosa-um-tributo-a-rachel-carson/>>.

4 POLUIÇÃO RURAL

Nos itens anteriores, vimos um apanhado histórico geral sobre a transformação dos modos de vida do ser humano e respectivas sociedades, focando o aparecimento de problemas ambientais e de saneamento urbano. No presente item aprofundaremos alguns aspectos sobre a geração de poluentes e impactos em atividades agropastoris.

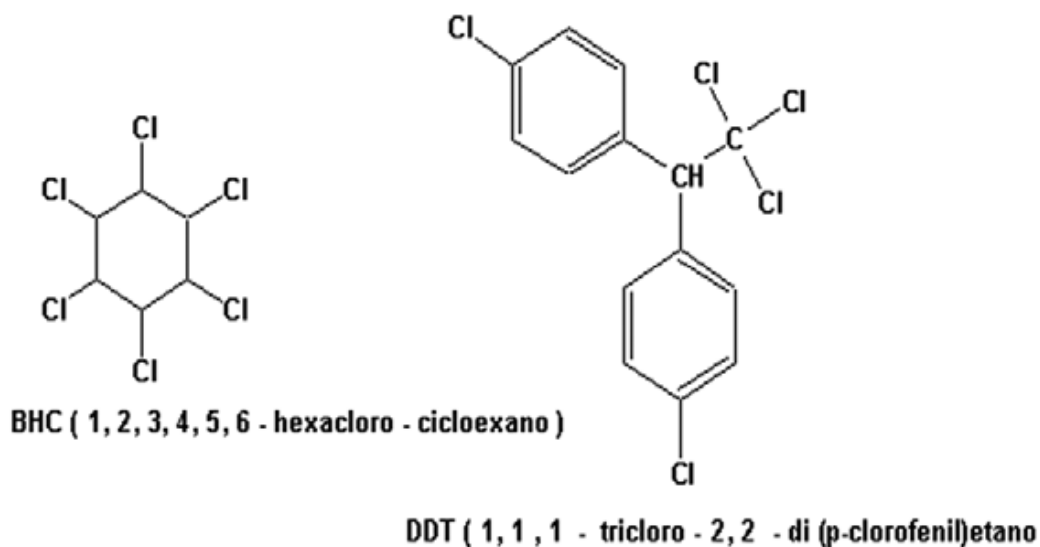
Uma determinada área cujas atividades se concentram na agricultura e na pecuária consiste em ambientes que, em maior ou menor grau, têm seu equilíbrio ecológico ou fluxo de matéria e energia naturais alterado. Uma plantação de trigo, por exemplo, concentra nutrientes, água e energia química que, embora obtidos na área plantada e/ou nas proximidades, serão exportados na forma de alimento para consumo em centros urbanos, saindo da área de seu ciclo de produção. Logo, é necessária a reposição artificial de recursos necessários a uma nova plantação de trigo. Essa situação, por si só, cria um determinado grau de desequilíbrio no ambiente rural.

4.1 POLUIÇÃO RELACIONADA À PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Entre as principais fontes de poluição nas atividades de agricultura e pecuária estão o uso de defensivos agrícolas, fertilizantes, excretas de animais e erosão do solo. Tanto os defensivos agrícolas quanto os fertilizantes visam a uma elevada rentabilidade econômica de lavouras, através de uma elevada taxa de crescimento de frutos e hortaliças e redução das perdas.

Os **defensivos agrícolas** consistem em biocidas: praguicidas, fungicidas, bactericidas e afins, e são utilizados no combate a macro e micro-organismos prejudiciais à saúde das plantas cultivadas. Como são potencialmente tóxicos, nocivos à saúde humana, caso sejam inadequadamente manipulados, esses defensivos podem afetar uma série de espécies animais e vegetais que venham a ser expostos a tais formulações, ocasionando um desequilíbrio ecológico. Como exemplos, podem ser citados compostos isolados de origem vegetal, como a nicotina, compostos inorgânicos de chumbo, arsênio e mercúrio, e compostos orgânicos sintéticos como o DDT e o BHC, proibidos em vários países.

FIGURA 2 – À DIREITA, ESTRUTURA QUÍMICA DO BHC. À ESQUERDA, DO DDT. AMBOS PERTENCEM AO GRUPO DOS PESTICIDAS ORGANOCLORADOS, QUE TÍPICAMENTE TÊM PROPRIEDADES TÓXICAS



FONTE: Disponível em: <http://www.profpc.com.br/Química_das_Aranhas.htm>. Acesso em: 9 mar. 2012.

Os **fertilizantes** são combinações dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio, necessários ao crescimento das plantas. Contudo, uma vez carregados para ambientes aquáticos pela chuva e escoamentos superficiais, os fertilizantes também atuam como nutrientes para algas, contribuindo assim para processos de eutrofização: aumento excessivo de algas, que leva ao aumento de seus consumidores e outros organismos vivos, o que acarreta em uma grande queda

no teor de oxigênio do corpo receptor. Com isso, começa um ciclo de mortandade de organismos aquáticos e alteração da cadeia alimentar.

Os **excrementos animais**, quando em grande quantidade e não acondicionados de maneira adequada, podem transmitir uma série de doenças. Ao alcançarem ambientes aquáticos, também levam a um aumento na concentração de nutrientes, favorecendo o excesso de algas e o processo de eutrofização. Adicionalmente, o descarte de elevadas concentrações de enxofre e nitrogênio em suas formas reduzidas (ácido sulfídrico e amônia, respectivamente) leva a características tóxicas do meio aquático.

A **erosão dos solos** em ambientes rurais é favorecida pelo empobrecimento da cobertura vegetal adequada, na troca de florestas por áreas de plantio, e leva tanto a prejuízos ambientais como econômicos às atividades agrícolas. Nesse processo ocorrem perdas de nutrientes e matéria orgânica e quedas nas taxas de infiltração e retenção de água, o que favorece processos de assoreamento nos leitos de rios.



Olá, acadêmico(a)! Uma das formas sustentáveis para a produção de alimentos que melhor se desenvolveu nos últimos anos é a agricultura orgânica. Encontre mais informações em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico_2ed/fundamentos.htm>

Compare com as formas tradicionais de produção agrícola de alimentos.

4.2 SANEAMENTO EM ÁREAS RURAIS

Verificamos, anteriormente, questões clássicas relativas à poluição em ambientes rurais, mas surgem ainda questões relativas à gestão do esgoto e do lixo em ambientes rurais.

Devemos considerar que, nessas áreas, as populações são dispersas, de forma que muitas vezes a falta de saneamento não é tão percebida. Entretanto, mesmo nessas áreas são consumidos produtos comercializados nos centros urbanos e a coleta e destino adequado do lixo gerado é mais difícil. Além disso, o destino inadequado de embalagens de defensivos agrícolas traz risco de contaminação do ambiente por substâncias tóxicas.

FIGURA 3 – NA CHINA, A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS TEM SE DADO MAIS PELAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS DO QUE PELAS INDUSTRIAIS



FONTE: Disponível em: <<http://www.guardian.co.uk/environment/2010/feb/09/china-farms-pollution>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

As famílias rurais, por vezes, utilizam água para potabilização de locais inadequados, lançam dejetos em córregos próximos e realizam a criação e manejo de animais em locais muito próximos de suas casas, o que potencializa a disseminação de doenças através de insetos e roedores.

Encontramos ainda fatores externos ao ambiente rural que afetam a gestão adequada de seu ambiente, como a instalação de lixões para recebimento de resíduos urbanos, malhas rodoviárias que ligam cidades recortam a paisagem e favorecem o despejo de resíduos por veículos circulantes, e a instalação de indústrias de processamento que podem afetar intensamente o meio ambiente e a qualidade das culturas locais.

Geralmente, verificamos o abastecimento urbano a partir de recursos hídricos de ambientes rurais, com a construção de barragens para represamento ou a captação direta de águas correntes. Essa última não provoca impactos ambientais significativos se adequadamente realizada; já as barragens, tanto provocam o alagamento de áreas extensas acima de sua construção, como reduzem a vazão de água à sua jusante, o que prejudica o ciclo de vida de uma série de organismos, como a reprodução de determinados tipos de peixes. Com isso, há mudanças no equilíbrio natural do meio. Há, ainda, um custo elevado de energia até que essa água alcance seus consumidores em áreas distantes. Uma alternativa, embora apenas temporariamente viável, é o uso de águas subterrâneas.

5 POLUIÇÃO URBANA

Uma vez vistos alguns aspectos com relação à poluição rural, vamos agora nos aprofundar nas causas da poluição urbana. Questões mais específicas quanto à poluição das águas, ar, solo e doenças serão vistas posteriormente.

5.1 CAUSAS E EFEITOS DA POLUIÇÃO URBANA

A poluição urbana é gerada pelos habitantes de uma cidade, considerando-se tudo o que consomem, descartam, como agem no seu dia a dia e como as políticas públicas se relacionam com as questões de saneamento.

Corroborando o que vimos no início desta unidade, à medida que a população de uma cidade aumenta, as inter-relações entre o meio físico e aspectos biológicos, psicológicos e sociais se tornam cada vez mais complexas. Desde o início de sua constituição, começa o processo de impermeabilização do solo, que aumenta muito de área conforme a população cresce. Com isso, surgem os problemas com escoamentos superficiais rápidos e alagamentos por ocasião de chuvas e, portanto, arrastam-se detritos e proliferam-se doenças.

Alguns dos principais problemas que ainda presenciamos na gestão das cidades são:

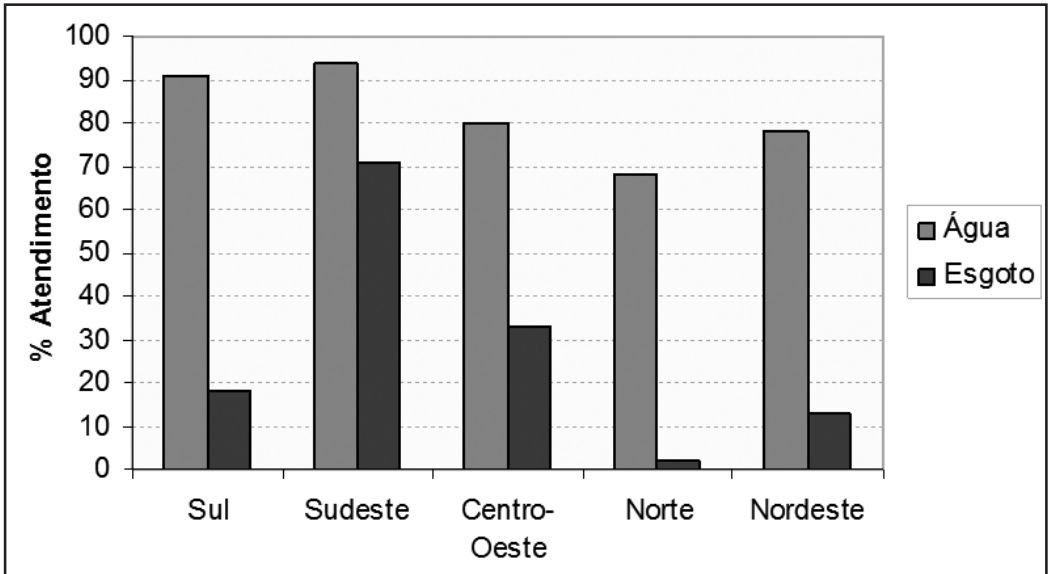
- doenças ocasionadas pela falta de abastecimento de água potável e tratamento adequado de esgotos;
- doenças respiratórias ocasionadas pela poluição atmosférica de grandes cidades;
- mau cheiro, impactos visuais e resíduos em água que poderia servir à recreação;
- doenças provocadas por vetores biológicos devido à gestão inadequada de resíduos sólidos;
- emissões líquidas, sólidas e/ou gasosas de zonas industriais de baixo controle ambiental.

Normalmente, as faixas sociais de menores rendas estão mais expostas a problemas de contaminação através da água ou de resíduos sólidos, tanto por uma questão de onde e como são instaladas suas residências, como pela carência de informação. As emissões atmosféricas afetam a todos que estiverem próximos ao local em que são geradas e, algumas vezes, são arrastadas pelo vento para regiões distantes.

5.2 ÁGUA E ESGOTO

No Brasil, de uma maneira geral, a cobertura de abastecimento de água potável já se estende por vastas regiões. Porém, a coleta de esgoto não avança no mesmo ritmo e o seu tratamento adequado ainda cobre um percentual baixo dos habitantes das cidades. A seguir são apresentados dados de abastecimento de água e coleta de esgoto por regiões do Brasil.

FIGURA 4 – ATENDIMENTO ÀS POPULAÇÕES BRASILEIRAS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL E COLETA DE ESGOTOS



FONTE: ESPECIAL HORIZONTE GEOGRÁFICO. **Água** – Como usar e conservar para não faltar, dados. COPPE/UFRJ 2010.

Os esgotos, quando descartados em corpos hídricos sem tratamento adequado, podem favorecer processos de eutrofização (são nutritivos) e queda dos teores de oxigênio dissolvido necessários à vida subaquática. Perde-se também a capacidade de eliminação natural de poluentes, além do que, com a perda da qualidade da água são necessários cada vez mais recursos técnicos e financeiros para a sua potabilização. Quando entram em contato com o solo, os esgotos podem contaminar os lençóis freáticos.

Já os efluentes industriais podem conter maior ou menor proporção de esgoto sanitário, mas possuem uma fração de composição específica para cada ramo de atividade de transformação. Eles normalmente se caracterizam mais pela presença de componentes estranhos à natureza, muitas vezes tóxicos, do que em relação ao seu teor de nutrientes.

5.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Dados da década de 90 apontavam que, em média, 40% do lixo produzido não eram coletados e 76% eram depositados a céu aberto, ou seja, menos de 1/3 recebiam tratamento adequado.

FONTE: BANCO MUNDIAL, BIRD, fevereiro de 1998. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/6BB93CA2048194DA03257000004ADB9F/\\$File/NT000A7F8E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/6BB93CA2048194DA03257000004ADB9F/$File/NT000A7F8E.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2012.

O Censo do IBGE realizado em 2000 apontava que 63,6% dos municípios utilizavam lixões, e 32,2%, aterros adequados. Quando se fala em coleta seletiva, entende-se como de extrema necessidade para uma gestão ambiental sustentável.

FONTE: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2012.

Dados de 2008 do IBGE apontam que o Paraná é o Estado que possui maior número de cidades que praticam a separação do lixo orgânico e reciclável, 48%. Essa prática é importante para não sobrecarregar aterros sanitários e, com exceção do papel, geralmente os resíduos urbanos recicláveis não são biodegradáveis.

FONTE: Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?id=1210766>>. Acesso em: 8 jan. 2012.

5.4 SANEAMENTO INTEGRATIVO

As cidades da sociedade atual necessitam não só de saneamento básico, que se constitui em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, limpeza e drenagem urbana, mas também de saneamento do meio, mais abrangente e efetivo na mitigação ou reversão de impactos provocados pelas modificações do ambiente pelo homem. O **saneamento do meio** inclui, além das atividades de saneamento básico: o controle de vetores de doenças, de poluição das águas, ar e solo, saneamento de alimentos e de locais onde se aglomeram pessoas, como empresas, escolas, hospitais, habitações, transporte público etc. Integra muito mais os diversos aspectos físicos, biológicos e humanos da vida organizada em cidades. Contudo, para ser efetivo, o saneamento do meio deve considerar características locais quanto à cultura, economia, política, meio ambiente e sociedade, pois sempre são necessários recursos e atividade humana para a geração de soluções.



Caro(a) acadêmico(a)! Para um entendimento mais dinâmico de como deve ser gerenciada uma cidade, ela deve ser pensada como um "Ecossistema Urbano", como sugeriram os autores Detwyler TR e Marcus MG (Urbanization and environment in perspective, 1972, Disponível em: <<http://www.ppgte.cefetpr.br/dissertacoes/2002/rolando.pdf>>. Acesso em: 7. abr. 2012.

A cidade deve ser vista como um ecossistema aberto que perpetua a cultura urbana por meio da troca e da conversão de grandes quantidades de materiais e energia. Essas funções requerem uma concentração de trabalhadores, um sistema de transportes elaborado e uma área de influência que forneça os recursos requeridos pela cidade e absorva seus produtos.

Pense sobre esta afirmação e como ela pode ser relacionada à clássica afirmação do químico francês Lavoisier:
"Nada se perde, tudo se transforma."

LEITURA COMPLEMENTAR

NOVOS CONTAMINANTES DAS ÁGUAS

A crescente presença de drogas lícitas e ilícitas nos corpos d'água passou a ter atenção. Seu uso é discutido há décadas, mas não havia chegado ao controle ambiental. A cada ano são encontradas quantidades crescentes de cafeína e nicotina em corpos d'água, a tal ponto que se tornaram uma nova classe de contaminantes no ambiente aquático e fazem parte do grupo atualmente chamado como “contaminantes emergentes”.

Já foi comprovado que estes contaminantes são removidos apenas parcialmente pelas estações de tratamento de efluentes e esgotos que utilizam métodos convencionais, sendo, portanto, descartados nos corpos hídricos. Muitos destes tipos de compostos e seus metabólitos (derivados excretados) são inclusive utilizados como determinantes de consumo de drogas em determinadas áreas urbanas pela Polícia Federal. Alguns tipos destes contaminantes são apresentados na tabela abaixo.

Nome	Identificação
Cafeína	Principal componente estimulante do café, algumas bebidas industrializadas e chás.
Nicotina	Presente no cigarro.
Cotinina	Metabólito humano da nicotina.
Codeína	Opiáceo utilizado para aliviar a dor.
Norcodeína	Metabólito humano da codeína.
Ecstasy	Droga sintética moderna que causa euforia.

Além dos contaminantes relacionados na tabela acima, também vêm sendo cada vez mais encontrados medicamentos ou seus metabólitos, como antibióticos, sedativos e hormônios. Preocupações de especialistas são com relação a efeitos de longo prazo e da combinação de vários destes compostos sobre o organismo, mesmo que em concentrações bastante reduzidas. Contudo, a tendência é o aumento de sua concentração ao longo do tempo, acompanhando o crescimento e desenvolvimento da população mundial.

Todos os contaminantes acima têm origem no consumo e excreção humanos. Em investigações realizadas nos EUA foram encontradas pequenas concentrações dos medicamentos em bacias hidrográficas que servem como fonte natural para o abastecimento urbano. Esta questão, no entanto, aparece em vários países, sobretudo nos mais desenvolvidos. Medicamentos utilizados no manejo e crescimento de gado também contribuem. As maiores evidências de

efeitos de medicamentos foram observações que demonstraram peixes e jacarés em processos de feminilização em locais onde foram detectados hormônios.

Assim como em outros momentos passados da gestão de recursos e resíduos, estamos diante de algo que não sabemos ao certo qual será a sua dimensão: quais os potenciais efeitos de drogas e medicamentos presentes nos corpos hídricos e na água potável sobre a saúde humana, de organismos e ecossistemas aquáticos. Os tratamentos convencionais não removem e não destroem a maior parte destes componentes, fazendo-se necessária a aplicação de tecnologias como membranas de osmose reversa (OR), as quais os separam por filtração contra um gradiente de concentração, considerando o tamanho médio destas moléculas.

FONTES: Adaptado de: Revista Pollution Engineering, n. 9, p. 24. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2007/04/03/science/earth/03water.html?pagewanted=all>>. Acesso em: 6 jan. 2012; Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/12846>>. Acesso em: 7 jan. 2012.



RESUMO DO TÓPICO 1

Caro(a) acadêmico(a)! Neste primeiro tópico, você estudou os seguintes aspectos históricos do saneamento:

- A evolução do homem no uso de recursos naturais.
- A evolução das sociedades no uso de recursos naturais.
- A influência da Revolução Industrial na modificação das cidades e do meio ambiente.
- A influência do desenvolvimento econômico e político na formação das cidades e gestão de resíduos.
- Os problemas em saneamento básico e planejamento urbano verificados em cada momento histórico da constituição das cidades.
- As principais formas de poluição que ocorrem em ambientes de produção agropastoril.
- As principais formas de poluição que ocorrem em centros urbanos.



Prezado(a) acadêmico(a)! O conhecimento deve ser fixado e trabalhado para que depois possamos aplicá-lo em nosso dia a dia. Dessa forma, seguem algumas questões sobre o tópico estudado.

- 1 Elabore uma lista dos aspectos comuns encontrados para cada período comentado neste tópico e outra, com os aspectos diferenciais em termos de saneamento e geração de resíduos. Que aspectos evoluíram? O que você proporia às sociedades de cada época?
- 2 O cultivo de alimentos orgânicos, como hortaliças, prevê uma série de restrições quanto ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, assim como os ciclos de nutrientes, matéria e energia devem ser sustentáveis. Busque informações a respeito desse tipo de produção e compare-as às formas convencionais de plantio e cultivo de vegetais. Quais as vantagens e desvantagens?
- 3 Estudamos alguns problemas de gestão urbana. Elabore uma lista a respeito das questões de saneamento do meio que você considera resolvidas na sua cidade e outras que você observa causarem problemas sociais e ambientais.

DEFINIÇÕES E ABRANGÊNCIA

1 INTRODUÇÃO

Este segundo tópico tem por objetivo demonstrar como se desenvolveram as discussões a respeito da gestão de recursos naturais e a participação de instituições internacionais que passaram a pressionar os países para que adequassem suas questões de qualidade ambiental e qualidade de vida do ser humano a um nível mínimo para garantia do futuro das novas gerações.

Os tratados internacionais que foram surgindo a partir da década de 70 incluem questões como a extinção de espécies vegetais e animais, a diminuição da disponibilidade de água potável, o aparecimento e crescimento de buracos na camada de ozônio e o aquecimento global. Trata-se de assuntos de escala mundial, porém oriundos do somatório de atividades antrópicas regionais em diferentes localizações do planeta.

Para entendimento das sérias implicações e razões pelas quais atividades localizadas geram impactos na qualidade de vida em todo o planeta, serão apresentados diferentes origens e efeitos de poluentes lançados no ar, na água e no solo.

2 DIMENSÕES INTERNACIONAIS DO SANEAMENTO AMBIENTAL

Os problemas de saneamento que acompanhamos no surgimento e crescimento das cidades foram lentamente resultando em discussões, pressões públicas, políticas e resoluções técnicas na tentativa de minimizar problemas de saúde pública. O tratamento desses assuntos de maneira mais íntegra, com foco em questões futuras sobre qualidade de vida, efeito das diferentes realidades socioeconômicas dos países, bem como a disponibilidade de recursos à sobrevivência do homem e demais espécies, tomaram força a partir da criação da Organização das Nações Unidas, a ONU.

2.1 CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMAS

A ONU surgiu oficialmente ao final da Segunda Guerra Mundial, na Conferência de São Francisco, reunindo 51 países membros. As questões prioritárias da época incluíam direitos humanos, desenvolvimento econômico,

segurança, descolonização de países, saúde, educação e o destino de refugiados. Os órgãos da ONU, comitês, conselhos, fundos e programas auxiliam os países na tomada de decisões estratégicas e implementação de programas para resolução de problemas sociais e ambientais. Atualmente, o número de países membros passa de 190 e os órgãos e programas da ONU se desenvolveram e se especializaram para atendimento de diferentes demandas mundiais. Vamos conferir alguns:

- Comitê de Assembleia Geral para questões humanas, sociais e culturais.
- Conselho Econômico e Social (ECOSOC).
- Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF).
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).
- Programa Alimentar Mundial (PAM).
- Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

FIGURA 5 – PRIMEIRA ASSEMBLEIA DAS NAÇÕES UNIDAS, 1945



FONTE: Disponível em: <<http://www.ccpq.puc-rio.br/70anosno-tempo-70-anos1945criacao-da-onu>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

Especificamente para as questões de saneamento básico e ambiental, o PNUD deu início à sua atuação focando na erradicação da pobreza e na melhoria

da qualidade de vida das populações. Esses objetivos passam pela gestão de recursos econômicos, políticos e naturais no desenvolvimento de populações urbanas e rurais. Ao incluirmos a esses fatores elementos de sustentabilidade e a dependência econômica do homem com relação ao meio ambiente, passou a ser necessário também, conjuntamente, o papel do PNUMA na gestão da qualidade de vida. Esse último atua nas áreas de mudanças climáticas, manejo de ecossistemas, substâncias nocivas e eficiência de recursos, entre outros. Esses dois programas são, portanto, os principais órgãos atuantes da ONU ao tratarmos de questões de saneamento ambiental em escala mundial.

2.2 CONFERÊNCIAS E TRATADOS INTERNACIONAIS

Desde a década de 50, podemos perceber um grande número de encontros, mais ou menos efetivos, na tentativa de resolver assuntos que evoluíram a níveis mais alarmantes quanto à sobrevivência do homem. No quadro a seguir estão enumerados alguns exemplos dos temas já tratados nas últimas décadas do século XX:

QUADRO 1 – TRATADOS AMBIENTAIS

1959	Convenção sobre Pesca no Atlântico Norte Tratado Antártico
1963	Convenção de Viena sobre Responsabilidade Civil por Danos Nucleares Acordo sobre Poluição do Rio Reno contra Poluição
1966	Convenção sobre Conservação do Atum do Atlântico
1968	Convenção Africana sobre Conservação da Natureza e Recursos Naturais
1969	Convênio Relativo à Intervenção em Alto-Mar em caso de acidentes com Óleo
1972	Convenção das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano
1974	Convenção para Prevenção da Poluição Marinha por Fontes Terrestres
1977	Convenção para Proteção dos Trabalhadores contra Problemas Ambientais
1978	Tratado de Cooperação Amazônica
1985	Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio
1989	Protocolo de Montreal sobre Substâncias que esgotam a Camada de Ozônio
1990	Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Agenda 21
1994	Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos Países afetados por Desertificação e/ou Seca

FONTE: Entendendo o Meio Ambiente. v. 1, 2. ed. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://dc3514shared.com/doc/p9482T5v/preview.html>>. Acesso em: 7 jan. 2012.

Foram anteriormente enumerados apenas alguns dos mais de 50 tratados, convênios, convenções e protocolos realizados no período para resolução de assuntos de interesse global, sendo que praticamente todos trataram de questões relativas a recursos naturais, poluentes e resíduos perigosos. A seguir observamos algumas informações sobre os eventos mais importantes do final do século XX e início do século XXI.

- Conferência de Estocolmo – 1972

Essa foi a “Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente Humano”, a primeira grande convenção na tentativa de harmonizar as atividades do ser humano com o meio ambiente. Sua motivação veio, entre outros fatores, das observações e dados científicos a respeito da finitude dos recursos naturais e das grandes transformações ocasionadas pelo homem sobre os espaços onde vive. Era uma época em que os países em desenvolvimento viviam um posicionamento de “crescimento a qualquer custo”, incluindo o Brasil militar. Pode-se dizer que o aspecto principal desse encontro foi a conscientização das nações quanto à maneira como o homem lida com o meio ambiente e as consequências disso, incluindo a miséria. Foi um marco importante no desenvolvimento de políticas e ações ambientais, para a gestão ambiental e social de cada país.

- Rio 92

ECO 92, Cúpula da Terra ou ainda “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento” (CNUMAD). Foi a partir desse encontro que se disseminou a ideia de “desenvolvimento sustentável”. Com a participação de 108 chefes de Estado, nesse encontro foram criados quatro acordos para a gestão de recursos do planeta:

- **Convenção do clima:** propunha a redução nas emissões de gás carbônico.
- **Convenção da Biodiversidade:** para acesso, proteção e uso sustentável de recursos.
- **Agenda 21:** principal documento produzido no encontro, contendo recomendações para novos padrões de desenvolvimento ambientalmente compatíveis.
- **Declaração do Rio:** proclama 27 princípios para o desenvolvimento sustentável, com a mobilização e colaboração pacífica entre os povos.

A Agenda 21 merece um pouco mais de atenção em relação aos outros acordos firmados na Conferência de 92, pois tem orientado os países na elaboração de ações para o desenvolvimento sustentável dentro de novos paradigmas. Vamos a ela.

- Agenda 21

De acordo com a CNUMAD (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento ou ECO-92), “a Agenda 21 é um compromisso

político partilhado, um processo de planejamento participativo que, a partir de um diagnóstico situacional e de uma análise da realidade, estabelece bases para a ação, isto é, planeja o futuro de forma sustentável nos níveis local, nacional e global”. Essa agenda é formada por 40 capítulos organizados em quatro grandes seções:

- **Dimensões sociais e econômicas:** trata de que forma problemas e soluções ambientais estão relacionados à sustentabilidade social quanto à pobreza, saúde, padrões de consumo e crescimento da população.
- **Conservação e gestão dos recursos para o desenvolvimento:** trata da proteção aos ecossistemas, terra, água, atmosfera e biodiversidade, no seu uso e manejo de resíduos.
- **Fortalecimento do papel dos grupos principais:** mostra de que forma os diferentes grupos sociais estão e devem ser inseridos para que todos se insiram no desenvolvimento sustentável.
- **Meios de execução:** aponta de que forma recursos financeiros, técnicos, jurídicos e a educação podem ser obtidos e utilizados no alcance do desenvolvimento sustentável.

Depois do encontro do Rio, alguns países elaboraram suas próprias Agendas 21 Nacionais, pois cada um tem suas especificidades. No Brasil, algumas cidades e estados elaboraram também suas agendas locais, pois todos os temas devem ser tratados nos diferentes níveis de gestão.

- Rio +10

Dez anos após a conferência realizada no Rio, a ONU promoveu, em Johannesburgo, África do Sul, a “Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável”, ou Rio +10. O maior objetivo desse encontro foi avaliar o andamento, as consequências e os progressos obtidos a partir dos acordos estabelecidos na Rio 92, bem como os compromissos assumidos na Agenda 21 (global).

- Rio +20

Para dar sequência aos trabalhos iniciados com a Conferência Rio 92, em 2012 realiza-se novo encontro promovido pela ONU na cidade do Rio de Janeiro: a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. Entre seus objetivos estão assegurar um comprometimento político renovado para o desenvolvimento sustentável, avaliar o progresso até então, as lacunas que ainda existem e abordar os novos desafios emergentes. Entre os temas estão uma questão mais antiga, a erradicação da pobreza, e uma definição mais recente, a “economia verde”.

FONTE: Adaptado de: <<http://www.rio20.info/2012/sobre>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

2.3 EFEITOS LOCAIS DOS ENCONTROS INTERNACIONAIS

É importante para nossos estudos, nesse momento do curso, compreender como os tratados e as conferências acabam definindo políticas e procedimentos de gestão em saneamento ambiental. A partir de definições e compromissos estabelecidos, conscientizam-se diferentes níveis administrativos do país, que estabelecerão leis e metas para a gestão das cidades, para as atividades industriais e rurais e para questões sociais, de educação, saúde e segurança. O uso inadequado de recursos que necessitamos para a manutenção da vida é um fator contra o desenvolvimento sustentável das populações.

É por essa razão que nos itens a seguir trataremos de impactos e diferentes formas de poluição, o que deve ser controlado para o atendimento das metas estabelecidas nos tratados internacionais.



Olá, acadêmico(a)! Você considera importante o papel da ONU para o meio ambiente? Quais devem ser as maiores dificuldades para a implementação de programas nos países? As culturas? As políticas? As empresas? As dificuldades financeiras? Reflita sobre isso.

3 RECURSOS HÍDRICOS

Você já parou para pensar quantas vezes e para que utiliza água diariamente? Quanto é esse consumo? E das coisas que você tem em casa, quantas necessitam de água para serem produzidas?

Basicamente, todas as formas de uso que fazemos da água geram algum tipo de alteração na sua qualidade, o que, muitas vezes, a torna inapropriada para os mesmos fins. As causas dessas alterações e suas consequências caracterizam processos de poluição das águas.

3.1 USOS DA ÁGUA

Resumidamente, podemos listar os seguintes usos da água:

- abastecimento doméstico;
- abastecimento industrial;
- irrigação;

- preservação da flora e da fauna;
- dessedentação de animais;
- recreação e lazer;
- geração de energia elétrica;
- navegação;
- diluição de despejos.

FONTE: Disponível em: <www.feg.unesp.br/~caec/downloads/4/aula1.doc>. Acesso em: 12 mar. 2012.

No Brasil, o maior consumo de água é pela irrigação, aproximadamente 70%, em torno de 12% são utilizados para consumo animal, 10% para abastecimento urbano, 7% para uso industrial e apenas 2% para abastecimento rural. Por esses dados, percebemos que a grande demanda está na produção de alimentos, um dos itens primordiais à sobrevivência do ser humano.

3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A poluição das águas se dá pela adição de substâncias ou energia que alterem suas características. Para definirmos uma água de boa ou má qualidade, devem-se considerar as suas finalidades de uso e o seu papel dentro da bacia hidrográfica ou ambiente costeiro em que se encontra. Em termos de pureza e qualidade para abastecimento, por exemplo, uma boa água não apresenta cor, não é turva, não é muito ácida ou muito alcalina e não apresenta sais e metais em concentrações que podem lhe conferir características tóxicas ou que causem danos a superfícies.

Nas áreas urbanas, as maiores fontes de águas residuárias, aquelas que foram poluídas pelo seu uso, são os esgotos domésticos, os esgotos (ou efluentes) industriais e aqueles oriundos de centros de serviços como hospitais, *shoppings* e aeroportos. Esses descartes conferem à água: cor, turbidez, matéria orgânica, nutrientes, gosto, odor, componentes tóxicos e micro-organismos.

3.2.1 Quantificação

A vazão dos esgotos domésticos de uma localidade é estimada pelo consumo de água de abastecimento e pode variar com o clima, a cultura, padrão de vida e as atividades econômicas do local, como comércio, indústria e turismo. A acessibilidade também influencia no consumo, pois, geralmente, quanto mais próxima e mais barata a fonte, maior o consumo.



Caro(a) acadêmico(a)! É muito importante economizarmos, fazermos o uso racional da água em todos os momentos possíveis. As perdas no abastecimento, apenas na condução de água tratada da estação de tratamento (ETA) até nossas casas, variam em média de 30% a 50%.

A vazão de esgotos é calculada a partir do conceito de vazão de retorno: em torno de 80% da quantidade de água distribuída no abastecimento. Os outros 20% incluem a rega de jardins, fervura e evaporação e lavagem de pisos externos, cuja água residual geralmente é lançada na rede de drenagem de águas pluviais.

Para efluentes industriais, a vazão depende do tipo de atividade. Por exemplo, um processo de fabricação de peças de plástico utilizará água apenas para limpeza, enquanto a fabricação de papel consome uma grande quantidade de água. Dependendo do custo na produção, da exigência de mercado e do nível de consciência aplicada ao negócio, várias indústrias têm feito mais controle no uso e investido em mecanismos de reúso de água.

A vazão de águas residuárias sofre alterações dependendo das estações do ano, de épocas de turismo, horário de funcionamento de indústrias e serviços e variações nos padrões de consumo.

3.2.2 Qualificação

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Entre os principais compostos descartados, podemos encontrar proteínas, carboidratos e lipídeos resultantes basicamente de nossa alimentação e excreção, além de nitrogênio e fósforo. Micro-organismos são descartados ou se desenvolvem rapidamente nesse meio nutritivo, como bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos. Dado o uso cada vez maior de agentes de limpeza, podemos encontrar ainda detergentes e soluções complexas, também contribuintes de nitrogênio e fósforo e, portanto, de processos de eutrofização.

As atividades industriais de uma região geram, além de esgoto sanitário, efluentes com parâmetros poluentes específicos, de acordo com suas atividades de transformação. Efluentes de indústrias têxteis, por exemplo, mudam de características em função da moda e da estação, pois têm de mudar corantes, texturas, brilho e tipos de tecidos, entre outros recursos intermediários.

FIGURA 6 – O RIO TIETÊ EM PIRAPORA DE BOM JESUS, INTERIOR DE SÃO PAULO. HÁ VÁRIOS ANOS A CIDADE SOFRE COM FORMAÇÃO DE ESPUMA DEVIDO A DESPEJOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS NO RIO À MONTANTE



FONTE: Disponível em: <<https://jovempan.com.br/noticias/espuma-com-mais-de-tres-metros-de-altura-cobre-o-leito-do-rio-tiete-2015-06-23.html>>. Acesso em: 22 out. 2019.

Quanto às atividades de produção rural, podemos identificar como grandes poluidores os fertilizantes (fontes de nitrogênio e fósforo) e pesticidas. Ambos são carregados a corpos d’água por escoamentos superficiais. Os pesticidas têm efeitos tóxicos sobre diversos organismos aquáticos, além do que não podem ser ingeridos pelo homem, pois podem acarretar doenças de curto prazo (efeitos agudos) e de longo prazo (efeitos crônicos), dependendo de sua composição.

No quadro a seguir apresentamos algumas atividades de geração de poluentes aquáticos e seus potenciais efeitos poluidores.

QUADRO 2 – EXEMPLOS DOS PRINCIPAIS POLUENTES PROVENIENTES DE ESGOTOS DOMÉSTICOS, ATIVIDADES INDUSTRIAIS E RURAIS

Fonte Geradora	Parâmetros Poluentes	Efeito Poluidor
Esgotos domésticos	Matéria orgânica Nitrogênio, fósforo e enxofre Coliformes fecais	Odor Redução de oxigênio da água Eutrofização Possível veiculação de doenças
Matadouros	Matéria orgânica Nitrogênio e fósforo	Odor Redução de oxigênio da água Eutrofização
Cervejarias	Matéria orgânica	Redução de oxigênio da água

Curtumes	Matéria orgânica Cromo	Odor Redução de oxigênio da água Toxicidade
Galvanoplastias	Cianetos Metais: cromo, cobre, zinco, cádmio etc.	Toxicidade
Fecularias	Matéria orgânica Cianetos	Redução de oxigênio da água Toxicidade
Agricultura	Fertilizantes Pesticidas	Eutrofização Toxicidade
Pecuária	Coliformes fecais Nitrogênio e fósforo	Possível veiculação de doenças Eutrofização

FONTE: PHILIPPI JR, Arlindo. Saneamento, Saúde e Meio Ambiente. Barueri: Manole, 2004



Os parâmetros de qualidade de água e seu tratamento serão estudados na Unidade 2 e o tratamento de esgotos será visto na Unidade 3.

4 SOLO

Muitas vezes percebemos o solo como algo estável, rígido, desprovido de vida e cujo principal uso é servir de base para habitações e para o plantio. No entanto, vemos efeitos de desbarrancamentos, assoreamento, contaminação por depósitos de lixo, descartes e acidentes químicos, impermeabilização, entre outros, que acabam por afetar a vida dos que dele dependem.

4.1 USOS DO SOLO

O solo constitui-se na camada mais superficial da crosta terrestre e resulta da interação de processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas mais superficiais da Terra. É formado de matéria mineral, matéria orgânica, umidade e ar.

De acordo com a disponibilidade de matéria orgânica, abriga micro-organismos decompositores, o que o torna fértil. Varia em granulometria e, portanto, em permeabilidade, o que pode classificá-lo como argila, silte, areia fina, areia grossa, cascalho e pedregulho, no sentido de partículas cada vez maiores. A proporção desses tipos de partículas definirá quais suas melhores aplicações.

De maneira simplificada, podemos elencar entre os usos do solo:

- nutrição e fixação de plantas;
- base para construções de edifícios, aterros e estradas, entre outros;
- cultivo de alimentos;
- extração mineral;
- matéria-prima para construção;
- abrigo para algumas espécies animais.

Não podemos esquecer que o solo tem importante papel nos ciclos biogeoquímicos: estoque e liberação de elementos e compostos químicos essenciais à vida. Também abriga lençóis freáticos, sendo que medidas de segurança em construções e despejos devem ser tomadas para a preservação física e química desses recursos.

4.2 EROSÃO

A erosão é um processo intenso de remoção de partículas do solo pelos ventos ou pela água. Pode ocorrer de maneira natural, mas as ações humanas aumentam muito o número de ocorrências e sua extensão. As atividades antrópicas que mais propiciam esse fenômeno incluem a remoção de cobertura vegetal, alterações topográficas, construções em encostas e técnicas agrícolas inadequadas.

FIGURA 7 – IMAGEM DE EROSÃO NA FRONTEIRA ENTRE O PIAUÍ E O MARANHÃO. PARA TER UMA IDEIA DO TAMANHO DO CANAL, OBSERVE O HOMEM NO CANTO SUPERIOR DIREITO



FONTE: Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/especial/1817_ambiente/page2.shtml>. Acesso em: 8 mar. 2012.

Podemos observar como consequências da erosão: alterações no relevo, riscos a obras civis, perda de nutrientes e assoreamento de rios. Essa última consequência muda os cursos de água e facilita inundações.

Como formas de evitarmos a ocorrência de erosões, devemos manter árvores e matas ciliares, fazer construções somente de forma e em locais adequados, realizar plantios e construções em curvas de nível quando se fazem necessários em áreas de declives e cobrir solos expostos com serragem.

4.3 POLUIÇÃO DO SOLO

Existem ocorrências naturais de poluição do solo, por exemplo, quando acidentes liberam concentrações elevadas de determinados metais ou outros elementos naturalmente tóxicos. Contudo, são várias as ações humanas que contribuem na contaminação do solo:

- disposição inadequada de resíduos sanitários, industriais e hospitalares;
- resíduos e alterações de construções;
- resíduos animais e químicos de atividades agropastoris;
- extrativismo mineral;
- acidentes no transporte de cargas.

Resíduos sólidos ou líquidos, substâncias químicas inorgânicas e orgânicas naturais ou sintéticas, a partir de determinadas concentrações, tornam o solo impróprio para manutenção de micro-organismos. Plantas, mesmo que cresçam, poderão conter elementos tóxicos que afetarão a vida animal. Com as chuvas e escoamentos de água, o solo contaminado também contaminará as águas, afetando vidas aquáticas e a disponibilidade de água para abastecimento.

O condicionamento de locais para a disposição de resíduos, construção de aterros sanitários, industriais e hospitalares requer impermeabilização da área e formas de contenção para que materiais líquidos e sólidos não atinjam o solo. É necessário também o atendimento a especificações técnicas civis e de engenharia apropriadas para cada tipo de resíduo.



Olá, acadêmico(o)! Há no cinema filmes que tratam de questões ambientais e de saúde pública. Entre eles, sugiro assistir “Erin Brockovich - Uma mulher de Talento”, um filme de Steven Soderbergh lançado em 1999 pela Columbia Pictures e Universal Pictures. Estrelado por Julia Roberts, este filme mostra as constatações e ações de uma escriturária e ativista ambiental quando descobre que pessoas de uma região estão tendo graves problemas de saúde, como câncer, devido à contaminação de um lençol freático com o metal cromo-6 por uma empresa de fornecimento de energia.

5 ATMOSFERA

A atmosfera é o condicionante gasoso de nossas vidas e, como a água e a terra, percebemos mais sua existência e sua importância quando não podemos mais usufruí-los ou estão poluídos. Além de conter o oxigênio que nos permite respirar e transformar alimentos em energia, sua composição e regimes de convecção regulam a temperatura externa do planeta, o que condiciona a existência de vida, incluindo a nossa, e por isso tanto se ouve nos últimos anos a respeito do controle de emissões gasosas, gases de efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas.

5.1 USOS DO AR

Entre as funções vitais do ar estão o fornecimento de oxigênio, para a respiração, e de nitrogênio, que é fixado por bactérias e passa a ser um nutriente para vegetais e animais. Outras funções do ar incluem comunicação, transporte, combustão e utilização em processos industriais. Como consequência do metabolismo animal e das atividades humanas, serve para a dispersão (ou diluição) e transporte de poluentes gasosos. Contudo, esses poluentes começaram a ser descartados em grandes quantidades, concentrações e em diferentes tipos.

5.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição da atmosfera pode ser definida pela presença de matéria ou energia que a torne imprópria para seu uso, para a saúde pública e aos ecossistemas. Foi a partir da Revolução Industrial que se reconheceram episódios agudos de poluição do ar, e podemos citar alguns do século XX:

- Bélgica, 1930: 60 pessoas morreram em um evento de poluição de cinco dias pela presença de vários poluentes, entre eles gotículas dispersas de ácido sulfúrico.
- Donora (EUA), 1948: 14 mil habitantes com problemas respiratórios e 20 mortes, também pela presença de gotículas de ácido sulfúrico dispersas no ar.
- Londres (RU), 1952: cerca de quatro mil mortes pela presença de ácido sulfúrico no ar.
- Bauru (BR), 1952: 150 casos de doenças respiratórias e nove mortes, pela emissão de pó de mamona por uma indústria de extração de óleos vegetais.
- **Emissões**

Podemos encontrar na natureza alguns tipos de emissões de poluentes, originadas em erupções vulcânicas, pela ação dos ventos, fumaça gerada em incêndios florestais e odores da decomposição da

matéria orgânica. Contudo, são fontes menores de poluentes. Já as emissões antrópicas incluem resíduos gasosos da queima de combustíveis fósseis, de incinerações, do uso de pesticidas e de emissões gasosas de processos industriais. Há ainda a formação de poluentes na própria atmosfera, quando ocorrem reações químicas entre os compostos presentes.

FONTE: Adaptado de: <www2.pucpr.br/reol/index.php/BIOETIOCA?dd1=3324&dd99...>. Acesso em: 12 mar. 2012.

● Poluentes

Os poluentes do ar são classificados pela OMS em “materiais particulados” e “gases e vapores”. Os materiais particulados incluem “partículas totais em suspensão”, “partículas inaláveis”, de diâmetros menores de 10 μm , e “partículas inaláveis finas”, de diâmetros menores de 2,5 μm . Podem ser poeiras, fumaças e névoas. Vamos ver alguns exemplos desses poluentes a seguir:

- **Materiais particulados:** pós e poeiras de rua, pedras, cimento; fumos de metais como chumbo e alumínio; fumaça da queima de madeira e combustíveis fósseis; névoas de pesticidas, ácidos e óleos.
- **Gases e vapores:** monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, enxofre, óxidos de nitrogênio e enxofre.

Os poluentes do ar são mais concentrados em áreas urbanas e industriais. Além dos citados anteriormente, são encontrados ainda hidrocarbonetos, o cloro e seus compostos, enxofre nas formas ácidas de sulfeto e sulfato, o flúor e seus compostos, chumbo, amianto e até partículas radioativas. Todos esses são movidos na atmosfera por massas de ar horizontais e verticais e sua remoção pode ser dar pela ação das chuvas, sedimentação ou mesmo por reações químicas na atmosfera. Um fenômeno que dificulta a dispersão e remoção de poluentes é a **inversão térmica**: quando ocorre aumento da temperatura com o aumento da altitude. Nessa condição, os movimentos verticais de ar são muito reduzidos, favorecendo o acúmulo de poluentes em determinadas cidades, a exemplo de São Paulo no inverno.

FIGURA 8 – CÉU DE SÃO PAULO EM DIA TÍPICO DE POLUIÇÃO INTENSA COM INVERSÃO TÉRMICA



FONTE: Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/poluicao-e-saude1.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2012.

No quadro a seguir podemos verificar alguns tipos de poluentes atmosféricos, suas fontes e efeitos sobre a saúde e o meio ambiente:

QUADRO 3 – TIPOS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Poluente Atmosférico	Fontes	Efeitos sobre a Saúde	Efeitos Ambientais
Partículas Suspensas Totais	Indústrias, veículos, suspensão de poeira, solo, queima de biomassa.	Problemas respiratórios associados à bronquite e asma.	Danos à vegetação, redução da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Inaláveis	Processos de combustão de indústrias e veículos.	Mortes prematuras.	Danos à vegetação, redução da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Combustão de óleos combustíveis, refinarias de petróleo, produção de polpa e papel.	Agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares com possibilidade de morte.	Corrosão em materiais, danos à vegetação e colheitas pela formação de umidade e chuvas ácidas.

Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Processos de combustão de indústrias e veículos, usinas térmicas.	Agravamento de doenças respiratórias.	Corrosão em materiais, danos à vegetação e colheitas pela formação de umidade e chuva ácidas.
Monóxido de Carbono (CO)	Combustão incompleta em veículos automotores.	Prejuízo dos reflexos, aprendizado e visão. Pode levar à asfixia.	-
Ozônio (O ₃)	Reações fotoquímicas: radiação solar sobre óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos.	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar e tosse.	Danos à vegetação e colheitas.

FONTE: PHILIPPI JR, Arlindo. Saneamento, Saúde e Meio Ambiente. Barueri: Manole, 2004.

● **Efeito Estufa**

O efeito estufa, retenção de calor pela atmosfera, ocorre quando a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra é absorvida por alguns tipos de gases em vez de ser liberada ao espaço. É um efeito natural, que mantém a vida no planeta, mas somente até determinada quantidade de calor retido.

Os gases estufa têm sido liberados para a atmosfera em quantidades cada vez maiores pelas atividades antrópicas, o que favorece o aquecimento global. São exemplos desses gases: o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os fluorcarbonetos e o hexafluoreto de enxofre (SF₆). Esses compõem os gases cuja emissão deve ser reduzida de acordo com o Protocolo de Kyoto, em vigor desde 2005.



Olá novamente! Gostaria de lembrá-lo(a) que um dos grandes fatores de poluição atmosférica atual é a emissão de gás veicular, pois o número de automóveis nas ruas aumenta, e muito, a cada dia. Então, sempre que possível, combine com seus amigos e familiares saídas em conjunto, utilizando um mesmo carro para irem às escolas, aos shoppings e ao trabalho.

LEITURA COMPLEMENTAR

FOGÃO À LENHA

A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera o fogão à lenha o fator ambiental responsável pelo maior número de mortes, no mundo inteiro.

Drauzio Varella

O povo do interior diz que feijão preparado em fogo de lenha é outra coisa. Eu, que entendo tanto de culinária quanto de física quântica, fico na dúvida se a diferença está no processo de cozimento ou nas linguiças e toucinhos que engrossam o caldo do feijão caipira. Apesar da atmosfera acolhedora que o crepitar da lenha confere à cozinha, sua substituição pelo prosaico botijão de gás é generalizada. Encontro fogões a gás nas casas mais humildes dos quatro cantos do Brasil.

Se você acha que agora farei a apologia dos tempos em que a família se reunia à noite ao redor do fogo, está redondamente enganado.

Cerca de 3 bilhões das pessoas mais pobres do mundo ainda cozinham e se defendem do frio por meio da queima de biomassa: madeira, carvão e até esterco de gado. A mesma fumaça que encarde as paredes e escurece o teto de suas casas, infelizmente, invade o aparelho respiratório dos moradores, causando 2 milhões de óbitos por ano.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera o fogão à lenha o fator ambiental responsável pelo maior número de mortes, no mundo inteiro. Morre mais gente como consequência desse tipo de poluição doméstica do que de malária (causadora de 800 mil mortes/ano). Mulheres e crianças que vivem em pobreza extrema correm risco mais alto, porque ficam mais expostas - os homens tendem a passar menos tempo em casa. Nas crianças com menos de cinco anos de idade, a principal causa de morte é pneumonia aguda, seguida pelas complicações da asma.

Nas mulheres a mortalidade está associada à doença pulmonar obstrutiva crônica - das quais o enfisema é a mais frequente -, à doença cardiovascular e ao câncer das vias respiratórias. Sem nunca haver acendido um cigarro, padecem dos mesmos flagelos que afligem os fumantes.

Ao lado das tragédias individuais, a queima doméstica de biomassa contribui para a degradação do ambiente, para o aumento das emissões de carbono e para a destruição das florestas. No Peru, por exemplo, cerca de 10 milhões de habitantes vivem em casas pequenas e mal arejadas, dispersas pelas 70 mil comunidades da Cordilheira dos Andes. A poluição no interior dessas habitações é 30 vezes mais intensa do que o limiar máximo estabelecido pela OMS. Mais

de 40% das mulheres apresentam doença pulmonar obstrutiva e/ou problemas cardiovasculares. Como resultado da falta de saneamento e da alta prevalência de enfermidades respiratórias, um terço das crianças são desnutridas.

Um estudo do Banco Mundial recém-publicado sugeriu que melhorar a eficácia de fogões alimentados por combustível teria impacto positivo na saúde humana e no ambiente dessas regiões.

Embora a implementação de programas para garantir o acesso a fogões de qualidade tenha sido tentada durante décadas, os resultados foram prejudicados pela falta de esclarecimento das populações, pelas dificuldades de produzir fogões bons e baratos e por problemas logísticos para atingir lugares remotos.

Para superar essas limitações, a Fundação das Nações Unidas acaba de criar uma parceria público-privada, batizada de “100 por 20”, que tem como objetivo distribuir 100 milhões de fogões até o ano 2020, primeiro passo para a universalização. Os Estados Unidos se comprometeram a contribuir com U\$ 50 milhões para uma parceria que envolve 175 países, corporações, fundações e ONGs.

Fogões de qualidade que consomem pouco combustível, além de poluir menos, reduzem o tempo que as mulheres passam nos afazeres domésticos, aumentando a probabilidade de acesso à educação e ao trabalho fora de casa.

A estratégia do programa requer a criação de uma demanda de mercado, porque o fogão comprado pelo consumidor é mais valorizado do que aquele distribuído gratuitamente. Além de custar barato, ele deve respeitar a cultura local e levar em conta as sugestões das mulheres, para que sejam construídos de acordo com suas necessidades.

Apesar desses desafios, a possibilidade de aliviar o sofrimento e de salvar milhões de vidas por meio de uma intervenção de baixo custo, capaz de reduzir as emissões de carbono e a velocidade com que as florestas são devastadas, além de estimular o crescimento econômico, merece de fato um esforço global.

FONTE: Folha de São Paulo. (Ilustrada), sábado, 3 dez. 2011.



RESUMO DO TÓPICO 2

Caro(a) acadêmico(a)! Neste segundo tópico da Unidade 1, você estudou novos conceitos que fundamentam o estudo do saneamento ambiental:

- A origem e a participação da ONU na solução de questões de saneamento: sociedade e meio ambiente.
- Do que tratam os principais tratados ambientais das últimas décadas.
- Os principais problemas resultantes da má gestão da água e da carência do tratamento de esgotos e efluentes.
- Os principais problemas resultantes da má gestão do solo e sua contaminação.
- Os principais problemas resultantes da má gestão dos componentes atmosféricos e das emissões antrópicas.



Prezado(a) acadêmico(a)! Esse é o momento de fixarmos algumas informações desenvolvidas nesse tópico. Para isso, são propostas as questões a seguir:

- 1 De que maneira os assuntos tratados pela ONU estão relacionados à gestão de recursos naturais dos países?
- 2 De que maneira o uso de fertilizantes no solo pode alterar o meio ambiente aquático?
- 3 Quais atividades e ações do homem favorecem a poluição das águas?
- 4 Como você diferencia poluentes naturais e poluentes antrópicos?

DOENÇAS DA CARÊNCIA DE SANEAMENTO

1 INTRODUÇÃO

O conteúdo deste tópico é bastante específico, mas nem por isso menos importante, pois trata de aspectos de saúde com foco na disseminação de doenças por resíduos sólidos e pela água.

As diferentes formas de poluição podem afetar o ser humano e outros animais por diferentes vias, como, por exemplo: físicas – materiais particulados; químicas – inalação ou ingestão de compostos e metais tóxicos; biológicas – aquisição de doenças transmissíveis por micro-organismos. A lista, contudo, é um tanto mais vasta e, embora estejamos no século XXI, ainda somos acometidos de mortalidade infantil pela ingestão de água contaminada, por doenças de “Terceiro Mundo”, a exemplo da diarreia.

Veremos, portanto, como a exposição do ser humano a resíduos por ele gerados e não tratados implica sérias consequências de curto, médio e longo prazos; como alguns poluentes são, inclusive, acumulativos; substâncias originalmente inócuas e não tratadas podem ser transformadas em compostos tóxicos. Há uma série de interações complexas entre componentes físicos, químicos e biológicos, que, quando não gerenciadas, acarretam em grandes gastos para o sistema de saúde pública, significativamente mais do que seria o necessário para a disposição e tratamento adequados de resíduos.

FIGURA 9 – A ÁGUA TRATADA ADEQUADAMENTE PARA SUA POTABILIZAÇÃO (ESQUERDA) TEM ASPECTO NOTAVELMENTE DIFERENTE DAQUELA AINDA UTILIZADA EM UMA SÉRIE DE COMUNIDADES COM SANEAMENTO BÁSICO PRECÁRIO



FONTE: A: Disponível em: <<http://desciclopedia.ws/wiki/Copo>>. B: Disponível em: <[http://www.acquanova.com.br/site1/categoria/-PRODUTOS/Filtros-Sistemas para água tratada](http://www.acquanova.com.br/site1/categoria/-PRODUTOS/Filtros-Sistemas%20para%20%C3%A1gua%20tratada)>. Acesso em: 14 jan. 2012.

2 TRANSMISSÃO DE DOENÇAS PELA ÁGUA

Segundo a Organização Mundial de Saúde, cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade.

FONTE: Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_1683724298_A%20%C3%A1gua%20e%20sua%20qualidade.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2012.

A água não tratada para potabilização pode conter uma série de poluentes causadores de doenças. Por exemplo, na ocorrência de enchentes, muito material e lixo é suspenso, além de componentes de redes de esgotos, proliferando leptospirose, febre tifoide e hospedeiros de enfermidades. Sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento são de vital importância para a saúde pública.

A carência de água potável é responsável por um número expressivo de **mortalidade infantil** em países subdesenvolvidos. A título de comparação, na década de 90, enquanto morriam em torno de cinco crianças com menos de cinco anos a cada mil, no Brasil esse número passava de 50 e atingia quase 200 na Nigéria. Esses números variam inversamente de acordo com a disponibilidade de água potável e esgotamento sanitário nos países, sendo a África o continente mais deficitário. Quando passamos de países subdesenvolvidos a desenvolvidos, problemas como esgoto doméstico se tornam mínimos, enquanto o desenvolvimento industrial e, mais recentemente, o aumento do uso de fármacos, originam a cada dia novos poluentes, que necessitam de tratamentos mais específicos.

Os resíduos sólidos também representam grande risco à saúde. Segundo o Censo de 2000 do IBGE, na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, embora a grande maioria dos domicílios era atendida pela coleta de lixo, em torno de 64% simplesmente depositavam em lixões, sem isolamento, disposição e tratamento adequado. O perigo está tanto na infestação de animais como roedores, mosquitos e escorpiões, como na percolação de **chorume**.

FONTE: Adaptado de: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2012.



Chorume é um líquido poluente de cor escura e odor nauseante, originado de processos biológicos, químicos e físicos da decomposição de resíduos orgânicos, que pode contaminar lençóis freáticos e águas superficiais.

FONTE: Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Chorume>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

Potencialmente, é muito mais tóxico do que um esgoto sanitário, pois tem concentração de uma série de componentes.

2.1 CONTAMINANTES BIOLÓGICOS DA ÁGUA

Se estivermos em local sem acesso à rede de abastecimento de água, uma fervura pode eliminar uma série de bactérias, como o vibrião da cólera, coliformes fecais e salmonela, assim como eliminar protozoários como a giárdia e alguns tipos de amebas. Alguns desses micro-organismos podem ser eliminados também por filtração com areia. A adição de pequena concentração de cloro é o método de desinfecção utilizado nas redes de abastecimento.

No quadro a seguir vemos alguns tipos de micro-organismos, as doenças transmitidas e os sintomas.

QUADRO 4 – MICRO-ORGANISMOS: DOENÇAS E SINTOMAS

Bactérias ou Protozoários	Doenças	Sintomas
Salmonelas - bactérias	Gastroenterite Febre Tifoide Septicemia	Diarreia, náuseas, dores abdominais e cefaleias. Febre de 10 a 14 dias, cefaleia, fadiga. Se não tratada, pode levar à morte. Tremores, arrepios, febre, fraqueza, náuseas, vômitos e diarreia. Elevado risco de morte.
Coliformes fecais - bactérias	-	Indicador de poluição sanitária, o que leva a risco de doenças por outros micro-organismos.
Vibrião da Cólera - bactérias	Cólera	Diarreia aquosa e serosa, extrema desidratação e taquicardia. Pode levar à morte.

Giárdia - protozoários	Giardiase	Diarreia crônica, com cheiro forte, fraqueza e cólicas abdominais. Pode levar à morte.
Amebas (<i>Entamoeba histolytica</i>) - protozoários	Amebíase	Diarreias. Em casos mais graves, comprometimento de órgãos e tecidos.

FONTE: Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/doencas/doenca.htm>>. Acesso em: 16 jan. 2012.



Bactérias e protozoários são organismos unicelulares, com a diferença de que protozoários já apresentam organelas internas separadas por membranas.



Você tem medo de bactérias? Algumas, claro, causam doenças infecciosas, mas ao contrário da cultura popular, uma série de tipos de bactérias é necessária à nossa sobrevivência. Nessas estão os grupos que degradam lixo orgânico, resíduos industriais, as que vivem em nossa flora intestinal inibindo patógenos, aquelas que participam da fabricação de queijo, iogurte, álcool, vinho e outras utilizadas na indústria farmacêutica.

Além da contaminação da água por bactérias e protozoários, é possível ainda encontrarmos vírus e fungos. Os vírus podem incluir o rotavírus e o adenovírus, que causam complicações gastrointestinais, e o vírus da hepatite. Os fungos normalmente ocasionam doenças de pele, como micoses.

Como organismos contaminantes da água um pouco maiores encontramos os vermes e as larvas, como o esquistossomo. Ele transmite a doença conhecida como “barriga d’água” ou doença do caramujo, sendo esse o vetor da larva. A larva entra no organismo humano pela pele. Entre os sintomas estão náuseas, coceira e vermelhidão na pele, fraqueza e diarreia. Contudo, há pessoas que não apresentam sintomas, sendo um fator de risco que pode levar a consequências mais graves.

FIGURA 10 – *Schistosoma mansoni* , CAUSADOR DA ESQUISTOSSOMOSE

FONTE: Disponível em: <http://www.labgeminis.com/ver_imagem.php?id_imagem=226>. Acesso em: 16 jan. 2012.

Outro verme cuja infecção pode se dar pela ingestão de água contaminada (ou em contato da pele com o solo contaminado) é o ancilóstomo. A ancilostomose gera sintomas típicos de anemia e palidez (amarelão). A popularmente conhecida “lombriga”, cuja infecção pode ser chamada de ascaridíase, se dá pela ingestão de água ou alimentos contaminados pelos ovos. Normalmente, não há sintomas, mesmo seu ciclo de vida passando por diversos órgãos. Eles só aparecem se a quantidade de organismos desenvolvidos for muito grande; dessa maneira, a pessoa tem asfixia e obstrução intestinal.

Como exemplo adicional, a enterobiose também se dá pela ingestão de ovos de oxiúros contidos em água ou alimentos contaminados, e os vermes posteriormente ocupam os intestinos. Entre os sintomas estão coceira anal e, possivelmente, diarreia e vômitos.

Vale lembrar que muitas doenças ocasionadas por vírus, bactérias e vermes podem ser veiculadas quando fezes são depositadas sem tratamento sanitário adequado em locais próximos a corpos d’água.



Olá, acadêmico(a)! Caso queira se aprofundar nas origens de doenças causadas por micro-organismos na história da humanidade, há um livro curioso sobre o assunto: “A História da Humanidade Contada pelos Vírus”, de Stefan Cunha Ujvari, Editora Contexto, 2008. O autor, um médico infectologista, segue os passos do homem ao longo de épocas e continentes, a convivência com animais e o encontro com outros seres humanos na origem e disseminação de micro-organismos pelo mundo.

2.2 CONTAMINANTES QUÍMICOS DA ÁGUA

As águas de abastecimento podem trazer uma série de substâncias nocivas à saúde, se não forem adequadamente tratadas. Esses contaminantes podem ser de origem natural, por exemplo, pelo carreamento de minerais tóxicos ou toxinas produzidas por micro-organismos, por metais presentes em instalações hidráulicas defeituosas ou por compostos descartados de efluentes industriais.

Entre os contaminantes naturais de origem mineral podemos encontrar os elementos químicos boro, arsênio, flúor e selênio, embora dificilmente em maiores concentrações, quando possuem efeitos tóxicos e podem levar à morte.

Os contaminantes naturais ocasionados por micro-organismos, como certos tipos de algas, dão à água aspecto repulsivo ao homem, que tem assim uma defesa natural; no entanto, a mortalidade de gado que ingere esses contaminantes tem sido verificada.

Dentre os metais empregados em tubulações, o único de toxicidade comprovada e cumulativa é o **chumbo**, que pode ocasionar o envenenamento conhecido como saturnismo. Esta doença se caracteriza pelos sintomas de fadiga, irritabilidade, distúrbios do sono, cefaleia, dificuldades de concentração, redução da libido, cólicas abdominais, anorexia, náusea, constipação intestinal, diarreia e dor em membros inferiores. Com o passar do tempo de exposição, ocorre insuficiência renal crônica.

O cobre, o zinco e o ferro, mesmo em pequenas quantidades, dão à água gosto metálico e são responsáveis por distúrbios em determinadas operações industriais.

FONTE: Adaptado de: <www.feg.unesp.br/~caec/downloads/4/aula2.doc>. Acesso em: 12 mar. 2012.

O **cromo** no estado de oxidação 6+, gerado em algumas atividades industriais, ocasiona doenças crônicas como o câncer. O **níquel** e o **cádmio**, utilizados em galvanoplastia, são danosos a diversos órgãos e podem levar à morte. O **mercúrio**, utilizado na extração de ouro, é cumulativo nas cadeias alimentares e ataca diversos órgãos e suas funções, incluindo o sistema nervoso central, degenerando-o.

Deve-se atentar para o fato de que o tratamento químico da água para processos de coagulação, desinfecção e destruição de algas ou controle da corrosão pode ser uma fonte potencial de contaminação.

FONTE: Adaptado de: <www.feg.unesp.br/~caec/downloads/4/aula2.doc>. Acesso em: 12 mar. 2012.

Podemos encontrar ainda o despejo de compostos orgânicos de difícil biodegradação e de propriedades tóxicas, como os pesticidas usados na produção agrícola, bactericidas e fungicidas utilizados em alguns processos fabris ou mesmo no ambiente doméstico. Outros compostos poluidores da água e potencialmente tóxicos são derivados de combustíveis fósseis, que chegam a águas superficiais ou lençóis freáticos devido a acidentes com cargas ou permeação do solo próximo a reservatórios, impossibilitando o uso para abastecimento. O formol ou formaldeído, utilizado como conservante e bactericida, e os fenóis, também bactericidas e constituintes de resinas, podem ter origem em descartes industriais e também apresentam características severamente tóxicas ao organismo.

FIGURA 11 – A IMAGEM TRAZ UMA CAMADA DE ÓLEO SOBRE UM CORPO D'ÁGUA SUPERFICIAL. NÃO APENAS GRANDES EMPRESAS PETROLÍFERAS OCASIONAM ESSE TIPO DE IMPACTO, MAS EM POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E A CADA LAVAGEM OU VAZAMENTO DE AUTOMÓVEIS, CAMINHÕES, CONTAINERS E AVIÕES. COM O AUMENTO DAS FONTES E O PASSAR DO TEMPO, O SOLO E LENÇÓIS EM VÁRIOS LOCAIS DO PLANETA ACABAM SENDO CONTAMINADOS



FONTE: Disponível em: <<http://www.chevroninecuador.com/2010/11/video-former-chevrontexaco-oil-worker.html>>. Acesso em: 17 jan. 2012.

3 DOENÇAS OCASIONADAS PELO ACÚMULO DE LIXO

Quaisquer acúmulos de lixo que encontramos, daqueles acondicionados em nossas casas até os grandes lixões, proliferam micro-organismos e atraem moscas, baratas, mosquitos, ratos e escorpiões, para não dizermos, infelizmente, animais domésticos e seres humanos. A proximidade e grandes períodos de contato com esses materiais ou organismos vetores de doenças que neles se multiplicam geram há décadas problemas de saúde pública.

3.1 TRANSMISSÃO

Os mosquitos aparecem nos depósitos de lixo pelo acúmulo de água em alguns objetos (lembre-se de evitar água parada em vasos, baldes, caixas d'água etc.), e entre eles podemos encontrar o *Aedes aegypti*, transmissor da **dengue** e da **febre amarela**. Ambas as doenças podem ser transmitidas pela sua picada e geram, inicialmente, sintomas de febre e dores, em estágios mais avançados, hemorragias e até a morte.

Outra doença transmitida por alguns mosquitos é a **leishmaniose**. Ela causa descamação da pele e, com a evolução, aumento do baço e do fígado. As moscas e baratas podem transmitir bactérias patogênicas por terem contato com fezes, outros materiais contaminados e a seguir com nossos alimentos.

Uma vez proliferados diversos tipos de insetos, os lixões passam a ser atraentes para os **escorpiões**, pois encontram alimento e abrigo. Os escorpiões não são vetores de doenças. Contudo, alguns tipos são bastante venenosos. Sua picada inocula uma série de compostos, entre eles toxinas que atuam no sistema nervoso. Em alguns casos, podem levar à morte.

Os animais maiores são atraídos aos lixões pelo cheiro, principalmente por odores gerados na decomposição de matéria orgânica (como restos de alimentos) por bactérias e fungos. Tornam esses locais suas residências e se multiplicam. Os ratos e outros roedores podem transmitir **leptospirose**, **peste bubônica** e **tifo**. A leptospirose é transmitida pela urina que pode entrar em contato com uma série de materiais e fontes de alimentos. Pode causar febre, dores, icterícia, vômito e diarreia. A peste bubônica, que causou milhões de mortes na Europa entre os séculos XVI e XIX, é transmitida pelas suas pulgas, assim como um dos tipos de tifo. Ambas as doenças causam a morte se não diagnosticadas e tratadas adequadamente.



O volume de lixo a ser depositado nos aterros ou lixões diminui muito se separarmos o "lixo seco" do "lixo úmido", destinando apenas o lixo úmido, normalmente biodegradável, aos aterros, e encaminhando o lixo seco para reciclagem ou reúso. O lixo seco inclui principalmente plásticos, metais e vidro. Contudo, atenção: embalagens vazias de produtos tóxicos podem necessitar de tratamento especial.

3.2 PERIGOS DO LIXO HOSPITALAR

O lixo hospitalar, além de ter constituintes comuns aos resíduos domésticos, também apresenta resíduos infectantes, resíduos radioativos, farmacêuticos e químicos.

Os **resíduos infectantes** podem veicular uma série de doenças, por conterem agentes biológicos. Eles incluem materiais com sangue, tecidos de mucosas, meios de cultura de micro-organismos ou células, resíduos líquidos ou filtros de gases de áreas de isolamento. Todos esses materiais devem passar por uma rigorosa esterilização ou mesmo incineração, pois são fontes potenciais de doenças virais, como **hepatite** e **AIDS**, além de doenças bacterianas, como **sífilis**, e uma série de infecções pela presença de micro-organismos patogênicos.

Materiais com **resíduos radioativos** podem promover o desenvolvimento de tumores e, para casos de exposição crônica, até mesmo trazer alterações genéticas nos descendentes. Já os **resíduos farmacológicos e químicos** (tóxicos, corrosivos, inflamáveis) oferecem mais diretamente danos ao meio ambiente. À saúde pública, um problema pode estar na impossibilidade de tratamento de alguns compostos pelos processos convencionais.



Como podemos perceber, uma série de doenças pode ser evitada por hábitos, educação e infraestrutura. Todas as medidas incluem:

- hábitos de higiene pessoal;
- limpeza das residências;
- limpeza urbana;
- disposição adequada de resíduos;
- tratamento e desinfecção de água para consumo;
- aterros adequados a cada tipo de resíduos sólidos;
- uso de calçados e lavagem frequente das mãos;
- tratamento adequado de pessoas enfermas e materiais envolvidos.

Com todas essas formas de prevenção, muitas mortes podem ser evitadas.



RESUMO DO TÓPICO 3

Caro(a) acadêmico(a)! Neste tópico relacionado à saúde, você estudou fontes de doenças que ocorrem quando o saneamento adequado não é praticado:

- Potenciais doenças e morte quando não é possível o acesso à água de boa qualidade.
- As relações da água, solo, animais e seres humanos na veiculação de doenças.
- Origem e efeitos de alguns contaminantes químicos orgânicos e inorgânicos.
- Potenciais doenças e morte quando não há uma gestão adequada de resíduos sólidos.
- Alguns riscos vinculados à má gestão de resíduos hospitalares.

AUTOATIVIDADE



Prezado(a) acadêmico(a)! Esse é o momento de fixarmos algumas informações estudadas nesse tópico. Procure desenvolver as questões a seguir:

- 1 Diferencie contaminantes químicos e biológicos que podem ser encontrados na água.
- 2 Por que doenças de origem biológica são mais frequentes em países subdesenvolvidos?
- 3 De que maneira os insetos estão relacionados à transmissão de doenças pelo acúmulo de lixo?

LEGISLAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Uma vez que entendemos diferentes mecanismos de poluição, formação de entidades e tratados internacionais para promoção de acordos e pressão no gerenciamento de resíduos e recursos naturais, agora é o momento de entendermos como questões de saneamento ambiental foram e são regulamentadas nas esferas nacional, estadual e municipal.

Conceitos e metas foram definidos pela ONU e em protocolos e agendas internacionais, o que dá vazão a ações locais. Alguns termos são adequados e/ou definidos por parte dos órgãos ambientais de cada país, estado ou município, para se adequarem às realidades de cada região em termos ecológicos, econômicos, políticos e culturais, de forma que sejam mais efetivos e legalmente controláveis.

Neste tópico serão vistos como, ao longo do tempo, alguns conceitos regimentais evoluíram, as principais leis, eventos e marcos regulatórios que regem a gestão de recursos hídricos e o saneamento no Brasil, e como esses passam a ser tratados nos estados e municípios. Também serão identificadas as principais políticas nacionais para a gestão do saneamento ambiental e suas implicações.

2 GESTÃO POLÍTICA DA ÁGUA

Desde que o país começou a se estruturar em níveis de poder e administração pública, com a ocupação humana se organizando em pequenas vilas, comunidades rurais, centros urbanos e zonas industriais, discussões sobre “a quem pertence a água?” e “quem deve se responsabilizar pela sua gestão?”, além do seu tratamento, distribuição, fiscalização de poluentes e, mais recentemente, cobrança pelo uso e outorga, tornaram-se cada vez mais complexas. Disso, depreende-se a necessidade de constantes revisões e atualizações na legislação nacional e regulamentações regionais e locais para atendimento justo a todas as demandas, sem perder de vista a crescente escassez de água potável.

2.1 MARCOS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Como perceberemos melhor após o desenvolvimento deste tópico, a gestão dos recursos hídricos nacionais começou mais propriamente no início do século XX, variando, a princípio, de acordo com as demandas econômicas e políticas de desenvolvimento do país. Posteriormente, a preocupação evoluiu para a qualidade de vida do ser humano e, nos últimos anos, surgiu uma visão mais integrada em termos de recursos hídricos, meio ambiente e saneamento.

Resumidamente, podemos enumerar uma série de eventos decisórios na gestão das águas nacionais, alguns dos quais serão retomados na sequência:

- **1934 – Código das Águas:** foi a primeira legislação brasileira para a gestão dos recursos hídricos e as atribuições e competências sobre os recursos eram do Ministério da Agricultura (MA).
- **Década de 50:** as competências encontraram nicho específico no Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), órgão administrativo do Ministério das Minas e Energia (MME), responsável por uma estratégia governamental para o desenvolvimento dos parques industriais.
- **1963** – iniciam-se os primeiros planos de desenvolvimento de bacias hidrográficas no Nordeste brasileiro, pela Sudene.
- **1977 – ABRH:** organização da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, que catalisou os debates sobre a institucionalização do gerenciamento dos recursos hídricos.

- **1981 – Lei nº 6.938:** criação da **Política Nacional de Meio Ambiente**, que “tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”.

FONTE: Art 2º da Lei nº 6.938. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938org.htm>. Acesso em: 29 jan. 2012.

- **1981** – criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente e Conselho Nacional de Meio Ambiente, **SISNAMA E CONAMA**, respectivamente.
- **1987 – Carta de Salvador:** apontava a necessidade de institucionalização do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, com a participação da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.
- **1988 – Constituição Federal:** pode ser considerado o primeiro passo na criação de uma política nacional de recursos hídricos, cuja responsabilidade foi atribuída ao Governo Federal.
- **1989 – Carta de Foz do Iguaçu:** a Associação Brasileira de Recursos Hídricos divulga à sociedade brasileira os princípios e as diretrizes do gerenciamento dos recursos hídricos, tomando por base as bacias hidrográficas.

- **1989 – Lei nº 7.735:** foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, o **IBAMA**. É o órgão responsável pela preservação da fauna e da flora brasileira, pelo controle e fiscalização de seus recursos naturais.
- **1991 – Carta do Rio de Janeiro:** a Associação Brasileira de Recursos Hídricos divulga à sociedade brasileira que são indispensáveis o planejamento e a gestão integrados, considerando as peculiaridades regionais, o saneamento, o desenvolvimento econômico e social.
- **1991 – Projeto de Lei nº 2.249:** encaminhado pelo Governo Federal ao Congresso Nacional em 14 de novembro. Esse projeto introduz princípios, objetivos e instrumentos para uma moderna gestão da água e, após sucessivas revisões, foi publicado em 1997, na forma da **Lei nº 9.433**.
- **1993 – Carta de Gramado:** a Associação Brasileira de Recursos Hídricos, com seu corpo associativo, contribuiu na formulação de uma política de desenvolvimento científico, tecnológico e de capacitação de recursos humanos na área de recursos hídricos.
- **1995** – a responsabilidade pela política de geração de energia e pela gestão de recursos hídricos pelo setor elétrico se encerrou com a criação de espaço administrativo no Ministério do Meio Ambiente (MMA): a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH). Atualmente, ela se chama Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU).
- **1997 – Lei nº 9.433:** criação da **Política Nacional de Recursos Hídricos** e do **Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**.
- **1998** – criação do **Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**.
- **2000 – Lei nº 9.984:** cria a Agência Nacional de Águas - **ANA**, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

- **2001 – PRODES:** a ANA cria o Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas. Pode ser entendido como o “programa de compra de esgoto tratado”. Funciona através de um auxílio financeiro baseado em resultados de tratamento de esgoto.

FONTE: Agência Nacional de Águas. Adaptado de: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=9236>. Acesso em: 29 jan. 2012.

- **2002 – Lei nº 10.406:** instituição do **Código Civil**. No que diz respeito às águas, define e delimita ações e obrigações na gestão de cursos de água em propriedades particulares e vizinhas.

FIGURA 12 – ÁGUA E ASSUNTOS LEGISLATIVOS



FONTE: Disponível em: <<http://recursoshidricoslj.blogspot.com/2011/01/como-poupar-agua.html>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

O Código das Águas de 1934, com visão bastante vinculada à produção e populações de áreas agrícolas e à implantação de hidrelétricas, abrangia questões como uso e propriedade da água sem que, à luz da época, fossem satisfeitas necessidades básicas de subsistência. Alguns de seus aspectos foram retomados na Lei nº 6.938/81 e na Constituição Federal.

FONTE: Extraído e adaptado de: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938org.htm>; <http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2012).

A Constituição, no entanto, tornou difícil em alguns casos a definição de “propriedade” de cursos hídricos e, sobretudo, aquíferos, sendo da União corpos d’água limítrofes com outros países ou que banhem mais de um Estado, pertencendo os outros aos Estados. Entende-se hoje que a titularidade se divide entre os Estados e a União, enquanto que as competências são distribuídas em todos os níveis (União, Estados, Municípios e Distrito Federal).

A ideia de que a água é um bem de uso comum, de domínio público, que, aliás, não pode ser simplesmente classificada nem como pública nem como privada, tomou forma na Lei nº 9.433/97, que pode ser considerada um marco regulatório nacional da gestão de recursos hídricos. O direito à água, contudo, não significa o direito à poluição, ao desperdício ou à alteração de seus regimes hidrológicos ou de ciclos de vida. Esses fatores levam, com o aumento de demanda, da escassez e das alterações de suas qualidades, a condições cada vez mais restritivas de uso.

Por isso, tomam forma e razão de ser os debates acerca da cobrança pelo seu uso, da universalização do abastecimento, de marcos regulatórios, das competências e papel de cada ente federado na gestão de recursos hídricos.



Olá, acadêmico(a)! Você pode tirar mais dúvidas e adquirir mais conhecimentos nos sites do IBAMA, <<http://www.ibama.gov.br>>; do Ministério do Meio Ambiente, <<http://www.mma.gov.br>> e da ANA, <<http://www.ana.gov.br>>. Neles você encontra uma série de programas, notícias e estudos relacionados à água, ao saneamento e ao meio ambiente. Vale a pena se integrar com as ações que já existem no país.

2.2 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

A Lei nº 9.433/97 foi instituída com o objetivo de garantir o desenvolvimento humano, econômico e social consciente e sustentável, contrariamente a muitas décadas focadas no “crescimento a qualquer custo”.

Estabelece princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos: a adoção de bacias hidrográficas como unidades de planejamento, associada ao reconhecimento da água como bem econômico; o reconhecimento da importância de seus usos múltiplos e a necessidade de um trabalho de gestão descentralizado e participativo.

Podem ser identificados nesta lei alguns instrumentos de gestão essenciais à sua eficácia:

- **planos de recursos hídricos:** planos diretores que visam à fundamentação e orientação da Política Nacional de Recursos Hídricos e ao gerenciamento dos recursos hídricos;
- **outorga de direito de uso dos recursos hídricos:** instrumento através do qual o usuário assegura, por prazo determinado, o seu direito ao uso desse recurso mediante condições de gestão requeridas pelo poder público;
- **cobrança pelo uso dos recursos hídricos:** instrumento capaz de promover as condições de equilíbrio entre as forças de oferta de água e as de demanda, promovendo um uso mais racional da água;
- **enquadramento dos corpos d'água em classes de uso:** constitui uma classificação que permite a destinação de volumes de água de

determinado padrão de qualidade a usos cuja exigência seja compatível com esse padrão. Baseia-se na Resolução CONAMA 20/1986;

- **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos:** conjunto de elementos organizadores de bancos de dados qualitativos e quantitativos, que auxiliam no gerenciamento e no planejamento da gestão dos recursos hídricos.

Esta lei também cria uma forma descentralizada e organizada de gestão, valendo-se de diferentes entidades para a constituição do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos:

- o Conselho Nacional e os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, decisores de mecanismos de gestão e de conflitos de interesse, cada qual em seu nível de atuação;
- os Comitês de Bacias, alguns anteriores à lei, mas agora com respaldo normativo, constituídos por representantes dos usuários, da sociedade civil e dos três níveis de governo;
- as Agências de Águas, entidades técnicas de apoio aos Comitês de Bacias, responsáveis por estudos de gestão de recursos hídricos, cobranças pelo uso e gestão dos recursos obtidos.

FONTE: Adaptado de: <http://www.aaep.org.ar/ponencias/Data/luchini_adriana_de_mello.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2012.

- as Organizações Civas, como consórcios intermunicipais, ONGs e associações regionais de usuários de recursos hídricos.

Entre outros princípios que a Lei nº 9.433/97 do Ministério do Meio Ambiente estabelece está a prioridade de uso da água. Define unicamente os usos prioritários de consumo humano para beber, cozinhar, para higiene pessoal e para dessedentação de animais. Todos os outros usos e circunstâncias são definidos caso a caso, em termos específicos. As demandas de saneamento básico, irrigação, processos industriais, energia e transporte são determinadas conforme o Plano de Recursos Hídricos, um dos instrumentos de gestão previstos na lei.

2.3 A ANA

A Agência Nacional de Águas, não prevista inicialmente pela Lei nº 9.433/97, outorga e fiscaliza o uso de recursos hídricos de domínio da União.

É responsável pela implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNHR) formulado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A ANA compõe-se de 10 superintendências com funções administrativas e de implementação, chefiadas por um presidente e quatro diretores. A ANA é vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, mas tem independência financeira e administrativa.

FONTE: Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Gest%C3%A3o_integrada_de_recursos_h%C3%AAdricos_no_Brasil>. Acesso em: 13 mar. 2012.

Entre suas atribuições incluem-se:

- supervisão, controle e avaliação de ações no cumprimento da legislação federal;
- normatização da implementação, operacionalização, controle e avaliação dos instrumentos da PNRH;
- outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos da União, em articulação com os Comitês de Bacias;
- prevenção e minimização de efeitos de secas e inundações.

FONTE: Adaptado de: <<http://www.cursocpm.com.br/artigo.php?id=48>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

Outros órgãos que acabam por partilhar responsabilidades como agências reguladoras do uso de recursos hídricos são a ANEEL, quando da necessidade de geração de energia hidrelétrica, e a ANTAq, no que diz respeito ao transporte aquaviário. Como ainda não foi implementada no país uma agência reguladora para o saneamento básico, até o momento é a ANA que resolve as questões relacionadas a isso, uma vez que a Política Nacional de Águas visa atender também esse fim. Sua atuação nesse campo, contudo, ainda é limitada por questões técnicas e de infraestrutura. Seria importante, talvez, a criação de um órgão regulador próprio para o setor de saneamento básico.

- Gestão de Bacias Hidrográficas

A ANA e os órgãos gestores estaduais compartilham o gerenciamento de bacias hidrográficas a partir do estabelecimento de marcos regulatórios específicos, aplicando os instrumentos de gestão previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos. Nesses casos, os marcos regulatórios são um conjunto de regras gerais sobre o uso da água em uma bacia, definido pelas autoridades outorgantes (agências reguladoras) com a participação dos usuários dos recursos hídricos. São definidos e implementados após discussões com os demais atores da bacia: usuários, comitês e órgãos ambientais. O estabelecimento de marcos regulatórios do uso da água

se faz necessário, sobretudo, em bacias que apresentam motivadores como conflitos instalados, em que a falta de regras pelo uso da água tem prejudicado outros usos já implantados, ou onde novos empreendimentos planejados para a bacia ocasionarão interferências com usos já implantados e com outros empreendimentos planejados.

FONTE: Adaptado de: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/gereg.aspx>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

2.4 PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA

A ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, é quem regulou os padrões de potabilidade de água para o consumo humano através da Portaria nº 518, de 2004 até 2011. Ao final de 2011 foi lançada nova portaria pelo Ministério da Saúde, revogando a portaria da Anvisa. A Portaria nº 2.914, lançada em dezembro de 2012, pelo Ministério da Saúde, tem maior abrangência de parâmetros de controle de qualidade de água, bem como atribui controle de qualidade de potabilidade de água não só para as águas de sistemas de abastecimento regulares, mas também às águas fornecidas de maneira alternativa. Ela define as competências da União, dos Estados, dos Municípios e daqueles responsáveis por sistemas ou soluções alternativas de fornecimento de água para consumo humano. As atividades do poder público quanto à gestão do fornecimento de água potável são acompanhadas e direcionadas pela Secretaria de Vigilância em Saúde.



Olá, novamente! Consulte as novas determinações da Portaria no 2.914. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf>.

3 GESTÃO POLÍTICA DO SANEAMENTO AMBIENTAL

O desenvolvimento do saneamento básico e do saneamento ambiental como ferramentas que venham a garantir qualidade de vida tem uma legislação e administração que ainda estão tomando forma. Como vimos, muitos conceitos já evoluíram quanto à preservação e manutenção dos recursos hídricos, sendo que o saneamento é um de seus braços que exige atenção especial, pois já apresenta elevada complexidade e necessita de um volume razoável de recursos. Isso acontece, entre outros fatores, pelas fontes de poluição já conhecidas, como resíduos sólidos domésticos e industriais, esgotos domésticos e efluentes

industriais, sem mencionar os resíduos gasosos. Todos, no entanto, ainda de controle e remediação precários, não por falta de conhecimento técnico, mas por questões de educação, cultura e vontade política.

3.1 SANEAMENTO BÁSICO E SANEAMENTO AMBIENTAL

O saneamento pode ser entendido como um conjunto de medidas visando preservar ou modificar as condições do ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde.

FONTE: Adaptado de: <<http://www.artigos.com/artigos/sociais/arquitetura-e-urbanismo/a-sustentabilidade-em-meio-aos-caminhos-insustentaveis-8836/artigo/>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

Muita imprecisão a respeito da definição de “saneamento básico” existia ainda até recentemente, o que a princípio foi solucionado com a publicação da **Lei nº 11.445/07**.

A partir dela, considera-se o saneamento básico um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável: atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, da captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

FONTE: Adaptado de: BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis números 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 13 mar. 2012.

Podemos incluir nessa lista, ainda, o controle de fenômenos como desabamentos, enchentes ou controle de epidemias, fenômenos que ocasionalmente causam prejuízos e mortes nas cidades com crescimento desordenado.

Com a evolução de uma visão cada vez mais integrada entre seres humanos e suas atividades, espaços urbanos e o meio ambiente, tem-se adotado, gradativamente, o termo “saneamento ambiental”, pois é mais abrangente. Se pensarmos que saúde e qualidade de vida dependem de corpos d’água saudáveis e habitações instaladas em locais adequados, entre outros fatores, o uso do termo hoje faz mais sentido para a gestão das cidades.

Podem ser incluídos entre os objetivos do saneamento ambiental: melhorar a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica, o controle de animais e insetos, o saneamento de alimentos, escolas, locais de trabalho, lazer e habitações, bem como, ainda, controle de ruídos, emissões e usos do solo.

FONTE: Adaptado de: <<http://www.ufes.br/cepas/4%20-%20Texto%201%20-%20Saneamento%20e%20Parasitose.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

A prestação desses serviços pode ser de responsabilidade dos estados ou dos municípios, dependendo de fatores que veremos adiante, ainda que sejam contratados serviços da iniciativa privada. No entanto, os serviços normalmente se restringem ao tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto e coleta e disposição final de lixo doméstico.



Olá! Para você ter mais uma ideia da importância e seriedade das questões de saneamento, pense que, apesar de apenas 0,1% do esgoto de origem doméstica constituir-se de impurezas de natureza física, química e biológica (o restante é água), o contato com esses efluentes e a sua ingestão é responsável por cerca de 80% das doenças e 65% das internações hospitalares.

FONTE: Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/saneamento/definicoes/saneamento_ambiental.html>. Acesso em: 30 jan. 2012.

4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE ESGOTO

Podemos simplificar o entendimento histórico do saneamento no Brasil situando-o em três fases: até os anos 1970, de 1970 a 1990 e de 1990 até hoje, cujos regimes diferenciados serão discutidos a seguir.

4.1 PERÍODO COLONIAL ATÉ 1970

Desde o período colonial, os serviços de saneamento básico estiveram a cargo dos municípios vinculados ao Ministério da Saúde. Na primeira metade do século XX, mesmo com a publicação do Código das Águas em 1934, a migração da população rural para as cidades gerou um déficit agravado pela falta de recursos destinados ao setor de saneamento básico. A gestão de recursos hídricos era vinculada ao Ministério da Agricultura, contudo, como os dispositivos referentes ao aproveitamento energético foram melhor regulamentados, em detrimento da gestão de uso das águas para outros fins como o saneamento básico, na década de 1950 a gestão de recursos hídricos passou ao Ministério de Minas e Energia, tirando o foco da gestão da água para o saneamento básico.

Em 1952, o Serviço Especial de Saúde Pública (SESP, hoje FUNASA) concebeu os primeiros Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAE) para funcionamento nos municípios mais carentes. As primeiras empresas de economia mista surgiram no final da década de 1950. Em 1962 surgiu a primeira Companhia Estadual de Saneamento Básico e, ao final dessa década, apenas quatro estados não possuíam companhias deste gênero.

4.2 PERÍODO DE 1970 A 1990

Na tentativa de instituir uma política de saneamento básico eficaz, em 1968 o governo federal criou o Sistema Financeiro de Saneamento (SFS), sendo o Banco Nacional de Habitação (BNH) o seu gestor. Criaram-se as condições necessárias para que, em 1971, fosse criado o Plano Nacional de Saneamento, conhecido como PLANASA.

Pode-se afirmar que o lançamento do PLANASA foi um importante marco histórico para o saneamento e, de início, contou com uma série de recursos disponíveis por conta do “Milagre Econômico”, época de grande crescimento nacional insustentável. Dentre seus objetivos estavam a extensão do abastecimento de água tratada a pelo menos 80% da população até 1980 e cobertura de esgotamento sanitário em até 50% no mesmo período. Na segunda metade da década de 1970, contudo, essas metas foram revistas, aumentando-se a cota de abastecimento e, no entanto, negligenciou-se a necessidade de ampliação das redes de coleta e tratamento de esgoto. Incentivou-se a concentração de recursos no tratamento de água nas grandes e médias cidades, pois os custos seriam menores e os retornos de investimentos, maiores.

O PLANASA contou com a centralização dos serviços pelas Companhias Estaduais de Saneamento e regulação pelo BNH, pois se considerava que os municípios tinham estruturas político-administrativas frágeis para suprir as demandas de saneamento. Porém, ao final da década de 1970 e início dos anos 1980, deu-se início ao desequilíbrio financeiro das Companhias Estaduais com o agravamento da crise econômica, pois as contas do período de injeção de capital

externo começaram a ser cobradas. À crise econômica associou-se a crise política e, entre uma série de mudanças de cenário, em 1986 a Caixa Econômica Federal absorveu o BNH e o PLANASA foi extinto.

Em 1988 foi elaborada a nova Constituição e, no que tange ao saneamento básico, a regulamentação não ficou clara, de forma que estados e municípios passaram a competir quanto à responsabilidade sobre os serviços. Enquanto uma série de questões político-administrativas não se resolvia, a situação das cidades se agravava com a migração das populações rurais para as cidades, pelo acúmulo de lixo e poluição de córregos com esgoto sanitário.

FIGURA 13 – ESSA É UMA CENA RELATIVAMENTE COMUM EM BAIRROS MAIS AFASTADOS E NAQUELES QUE CONCENTRAM FAMÍLIAS COM RESTRIÇÃO DE RENDA. O ESGOTO, JUNTO AO LIXO, É UM DOS MAIORES FATORES DE MORTALIDADE INFANTIL EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO



FONTE: Disponível em: <<http://ne10.uol.com.br/canal/cotidiano/grande-recife/noticia/2011/04/06/esgoto-escorre-a-celu-aberto-no-bairro-de-dois-unidos-265085.php>>. Acesso em: 30 jan. 2012.

4.3 SERVIÇOS DE SANEAMENTO DE 1990 À ATUALIDADE

Passado um período inicial de adaptação à nova Constituição, o IPEA e o PNUD, sob solicitação do Governo Federal, desenvolveram o PMSS: Plano de Modernização do Setor de Saneamento, que contou também com uma rede de informações do IBGE.

Criado em 1993, o PMSS atua como área técnica de suporte às ações da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades e presta assistência a estados e municípios brasileiros, assim como seus prestadores e reguladores dos serviços de saneamento básico. Em 2003 passou a se constituir numa ação permanente do governo.

FONTE: Adaptado de: <<http://www.solucoesparacidades.com.br/infraestrutura/programa-de-modernizacao-do-setor-saneamento-pmss>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

Esse plano também levou a uma desestatização do fornecimento de serviços de saneamento: dependendo da estrutura econômica, política e densidade populacional, a responsabilidade pode ser do Estado, do município ou ainda administrado por um consórcio intermunicipal. A execução pode ainda ser transferida ao setor privado ou a empresas de economia mista, embora o controle se dê pelo poder público.

Apesar do programa, o país ainda hoje amarga desempenho ruim quanto à coleta e tratamento adequado de esgoto sanitário, deixando em uma série de regiões pessoas e animais em contato com micro-organismos infecciosos, víruses e vetores de doenças.



Olá, acadêmico(a)! Segue um recado importante: assim como os efluentes industriais devem ter uma qualidade mínima exigida por lei para serem descartados em corpos de água naturais, o esgoto doméstico também tem parâmetros de controle. Os requisitos que devem ser atendidos por efluentes industriais, domésticos e hospitalares se encontram na Resolução CONAMA no 430/2011. Consulte em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> e avalie o que acontece em sua cidade.

● Competências Constitucionais

O saneamento básico, por ter a água como seu principal veículo, tem sua gestão vinculada à legislação e normas que regulamentam o uso de recursos hídricos. Adicionalmente, uma vez que inclui abastecimento de água, tratamento de esgoto, coleta de lixo e drenagem urbana, necessita conjugar uma série de competências diferenciadas. De acordo com a Constituição Federal de 1988, a União elabora as diretrizes gerais do saneamento básico no país; porém, dá competência comum à União, aos estados e municípios quanto à promoção de melhorias, proteção do meio ambiente e combate à poluição. Competências comuns geraram controvérsias sobre o poder para a prestação de serviços pelos

estados e/ou municípios, que também veem no setor uma fonte de vantagens que inclui a geração de receita. Geralmente, em regiões metropolitanas e microrregiões que ultrapassam limites, capacidade e a viabilidade para os municípios se responsabilizarem pelos serviços, esses são atribuídos ao Estado. A Constituição ainda coloca a participação do Sistema Único de Saúde (SUS) na formulação de políticas e execução das ações de saneamento básico.

4.4. MARCO REGULATÓRIO DO SANEAMENTO BÁSICO

Um **marco regulatório** se firma a partir de regras claras para regulamentar um determinado setor, flexível o suficiente para assegurar juridicamente o setor com o passar do tempo, mas firme o bastante para proteção do interesse público. Pode-se dizer que a definição de um **marco regulatório** nacional para o saneamento se deu de certa forma tardiamente, dadas as incertezas anteriores sobre definições de responsabilidades e diferentes formas de se entender ou priorizar politicamente o setor. Vários anteprojetos de lei foram elaborados e rejeitados pelo Congresso Nacional até a promulgação da Lei nº 11.445, no início de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

- **A Lei nº 11.445**

Uma das expectativas na publicação dessa lei era uma melhor definição das titularidades dos estados e municípios no controle e prestação de serviços de saneamento básico. Esse quesito não tem sido atendido pela lei e dificulta os investimentos no setor, pois não se sabe com quem os contratos devem ser firmados. A mesma lei também condicionou a celebração de novos contratos de prestação de serviços e a liberação de recursos públicos para a elaboração de um plano de saneamento básico nos âmbitos estadual e municipal, porém, não fixou prazos, o que reduziu as chances de materialização dessas ações.

Um aspecto positivo está na possibilidade de adoção de subsídios para usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços. Vale lembrar que saúde e acesso à água potável de qualidade são exemplos de direitos humanos universais básicos, intrínsecos ao próprio direito à vida. Porém, outro parágrafo da mesma lei chega a permitir a interrupção ou restrição de serviços em estabelecimentos de saúde, escolas e de determinadas classes de usuários, desde que mantidas as condições mínimas de manutenção da saúde. Abrem-se aí questões controversas que dificultam e podem tornar lenta a gestão adequada dos serviços de saneamento básico.

Quanto à regulação dos serviços de saneamento, a Agência Nacional de Águas, ANA, conforme definido na Lei nº 9.433/97, integra o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e desempenha o papel de órgão regulador em nível federal e em caráter geral sobre as atividades de saneamento. A relação maior com o setor de saneamento se dá pela gestão das águas, embora os serviços

de saneamento englobem um espectro abrangente e complexo de questões de gestão. As agências estaduais ainda regulam questões regionais e locais do saneamento básico.

● Considerações finais

A malha legislativa do país é bastante vasta, mas o país é complexo em termos de realidades locais, sejam elas quanto a ecossistemas, classes de renda, atividades industriais ou rurais, clima, educação, cultura, valores, entre outros. A descentralização administrativa, portanto, é um caminho necessário à resolução de questões de saneamento básico, pois não é possível abarcar tudo a partir de um núcleo de gestão maior à distância. As leis, de acordo com seus níveis e setores, contudo, devem ser bem elaboradas para serem viáveis, conhecidas pela sociedade, adequadamente gerenciadas e respeitadas por todos que venham a interferir nos assuntos em questão. Para o nosso momento, no que diz respeito ao saneamento ambiental, o Direito Ambiental ainda está em desenvolvimento e um empenho político da sociedade como um todo nas questões relativas à sustentabilidade, assim como o saneamento, é, simplesmente, necessário à nossa sobrevivência.



A falta de planejamento urbano, social e econômico em conjunção à falta de saneamento básico leva a cenas como as apresentadas no vídeo “Ilha das Flores”, de 13 minutos e que está disponível no seguinte link: <<http://www.youtube.com/watch?v=Hh6ra-18mY8>>. Algumas pessoas, na busca de objetos e alimentos que possam ser úteis, adquirem doenças.

FIGURA 14 – LIXÃO



FONTE: Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/brasil/problemas-ambientais-sociais-decorrentes-urbanizacao.htm>>. Acesso em: 1 fev. 2012.



RESUMO DO TÓPICO 4

Prezado(a) acadêmico(a)! Com esse tópico chegamos ao final da Unidade 1. Tratamos, em linhas bastante gerais, de assuntos que podemos considerar polêmicos quanto à gestão do saneamento, como:

- Os papéis e funções de diferentes atores do saneamento ambiental, desde a União até agências, comitês e usuários de serviços.
- Alguns eventos que marcaram a evolução na abordagem do assunto.
- A atuação de diversos órgãos nas unidades básicas de gestão – as bacias hidrográficas.
- Como questões econômicas interferem na gestão de recursos hídricos e de saneamento.
- Marcos regulatórios da Gestão de Recursos Hídricos e do Saneamento Básico.



Vamos agora buscar a compreensão e fixação de alguns assuntos. Para isso, proponho a você resolver as seguintes questões:

- 1 O que diferencia os principais usos da água hoje em relação há 100 e 50 anos?
- 2 Quais leis efetivamente marcaram a gestão dos recursos hídricos no Brasil? Justifique.
- 3 Discorra sobre o marco regulatório do saneamento básico, por que foi e é importante para o saneamento no país e que dificuldades ainda encontra para uma administração adequada.

ÁGUA POTÁVEL

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Com o desenvolvimento do conteúdo desta unidade, o(a) acadêmico(a) estará apto(a) a:

- entender as etapas do ciclo hidrológico, inclusive nas relações com o ambiente urbano;
- identificar e controlar parâmetros analíticos para caracterizar uma água potável;
- compreender o funcionamento de uma estação de tratamento de água (ETA);
- elaborar um projeto básico de uma ETA.

PLANO DE ESTUDOS

Esta primeira unidade está dividida em quatro tópicos. Ao final de cada um encontram-se exercícios para fixação do conteúdo. A Unidade 2 contém também fontes de informações complementares aos assuntos desenvolvidos.

TÓPICO 1 – CICLO HIDROLÓGICO

TÓPICO 2 – QUALIDADE DA ÁGUA: POTABILIDADE

TÓPICO 3 – SISTEMAS DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

TÓPICO 4 – CASO PRÁTICO E PROJETO BÁSICO DE UMA ETA

CICLO HIDROLÓGICO

1 INTRODUÇÃO

Estamos agora iniciando um tópico que trata exclusivamente da água, suas formas e locais de existência, sua influência e importância no que diz respeito à manutenção da vida e das demandas antrópicas.

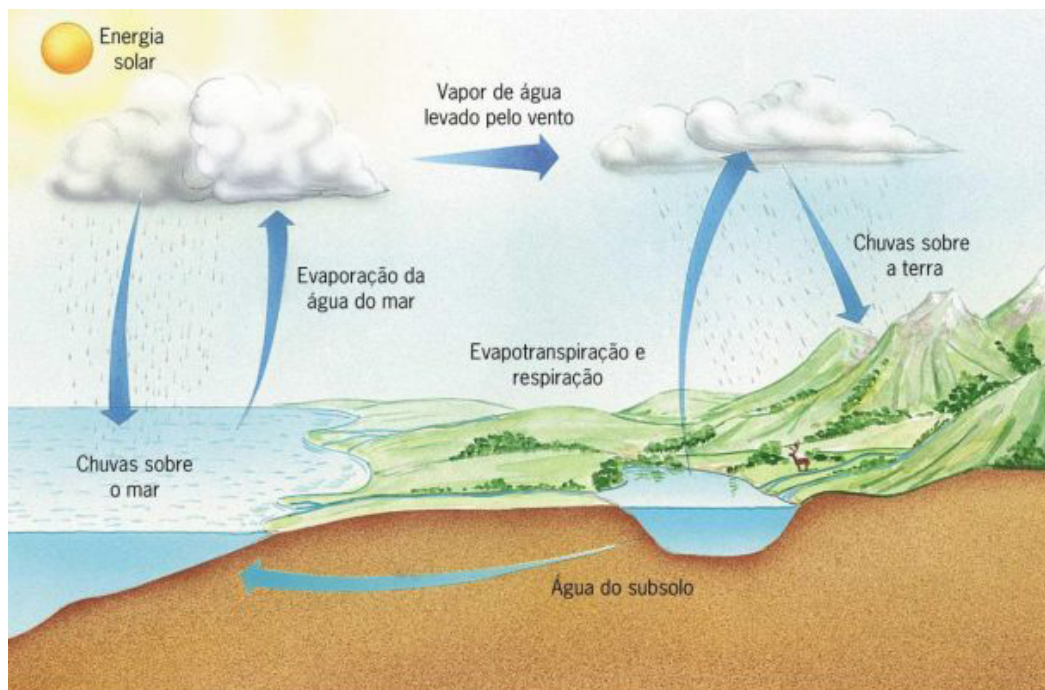
Serão vistas as diferentes fases do ciclo hidrológico e sua participação nos ciclos de nutrientes necessários ao desenvolvimento de plantas e animais, como carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre. Perceberemos, também, a influência das atividades humanas, do crescimento das cidades e da industrialização sobre os cursos e o destino da água em seu meio natural.

Outros aspectos abordados neste tópico incluem o destino da água através de atividades humanas, passando pela captação, tratamento, uso, descarte e tratamento de águas residuárias para seu retorno aos corpos hídricos. São processos contínuos que, no entanto, diminuem gradativamente a qualidade das águas naturais para potabilização.

2 O CICLO DA ÁGUA

Podemos encontrar água no planeta em diversos estados físicos de seu ciclo: como neve, vapor (nuvens) e propriamente no seu estado de consumo, como líquido. Conforme pode ser visto na figura a seguir, seu transporte passa por processos de evaporação, transpiração, condensação, precipitação, congelamento e descongelamento. Desloca-se ainda por infiltração no solo e em canais subterrâneos e, geralmente, o destino final de todo o deslocamento é um corpo de água superficial de baixa altitude, como rios, lagos ou oceanos. Veremos mais adiante como a velocidade do escoamento superficial é aumentada em zonas urbanas.

FIGURA 15 – FASES E TRANSPORTE DE ÁGUA NO CICLO HIDROLÓGICO



FONTE: Disponível em: <http://www.saaeamparo.com.br/contas/dicas/ciclo_da_agua.html>. Acesso em: 8 Ago. 2012.

Alterações Antrópicas

Cada vez que uma área de cobertura verde é retirada para a produção agrícola, por exemplo, há diminuição da transpiração vegetal e, por consequência, mudanças no microclima da região. Pode ocorrer também o aumento do escoamento de águas de chuva, erosão e assoreamento de rios com o aumento do volume e velocidade da água deslocada. Estas alterações ainda aumentam o arrasto de nutrientes para as águas superficiais.

3 HIDROLOGIA E OS CICLOS DE NUTRIENTES

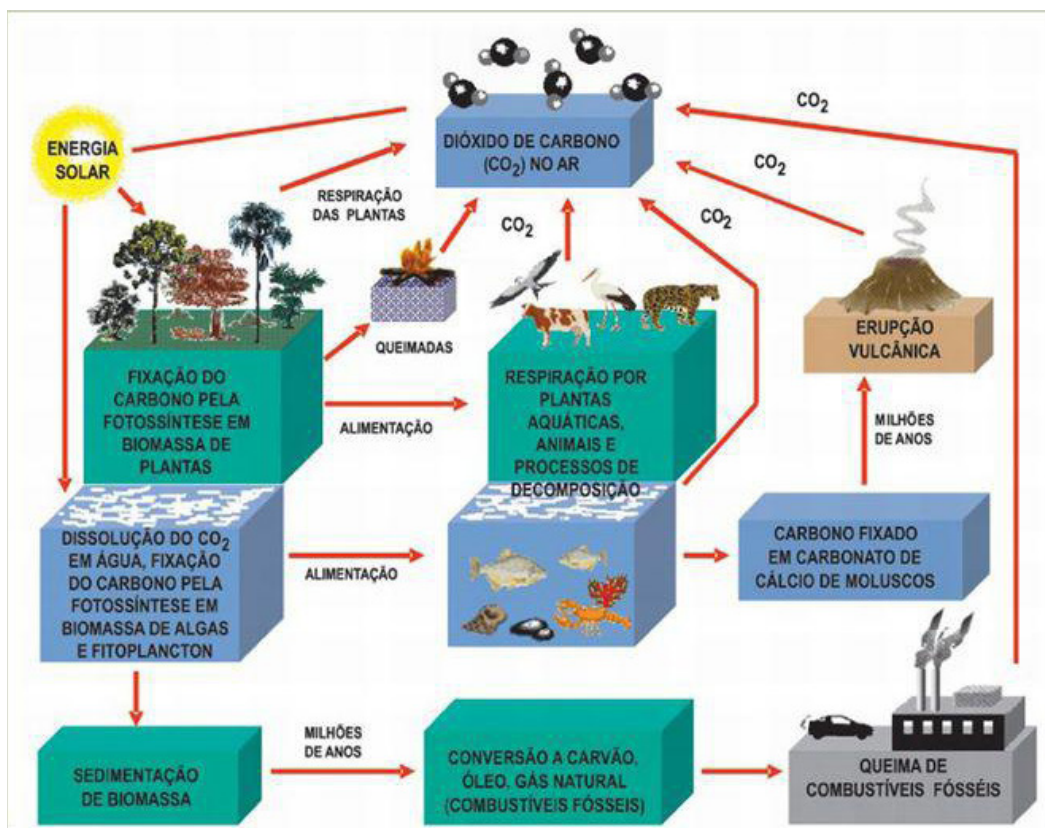
3.1 CARBONO (C)

Como podemos ver na próxima ilustração, o carbono pode estar na atmosfera na forma de gás carbônico (CO_2), um gás de efeito estufa. Parte encontra-se dissolvida em águas superficiais ou subterrâneas, ainda na forma de CO_2 dissolvido ou como o íon HCO_3^- . Nos minerais, deposita-se como carbonatos, como os de cálcio e magnésio. O processo de fotossíntese fixa o carbono na formação de matéria orgânica, como os carboidratos da nossa alimentação. Uma grande fração de carbono é encontrada em materiais fósseis, petróleo e gás natural.

No que se refere ao seu papel nas águas e na vida aquática, a presença de gás carbônico promove a acidificação do meio. Quando é fixado por fotossíntese, a acidez tende novamente a diminuir (aumento de pH), o que permite novamente a deposição de minerais de carbonatos. A acidez das águas e os equilíbrios químicos envolvendo o carbono nas suas diferentes formas químicas são essenciais para corais e moluscos, por exemplo. Estes não conseguem formar suas conchas ou demais estruturas de carbonato de cálcio em meios mais ácidos, sem os quais não conseguem sobreviver. Entre outros motivos, a acidificação dos oceanos tem ocorrido pelo aumento de CO_2 atmosférico e sua maior transferência, então, para a fase aquosa, bem como pela emissão de poluentes em corpos hídricos, cuja sequência de processos bioquímicos também leva a maior liberação de CO_2 .

A acidificação das águas leva também ao maior arrasto de elementos minerais de rochas, metais e talvez mesmo elementos com potencial tóxico, pois aumenta sua capacidade de lixiviação.

FIGURA 16 – CICLO DO CARBONO E SUAS RELAÇÕES COM O MEIO AMBIENTE E ATIVIDADES ANTRÓPICAS



FONTE: Disponível em: <<http://qnint.s bq.org.br>>. Acesso em: 18 mar. 2012.



Uma série de pesquisas tem demonstrado locais e efeitos da acidificação das águas sobre organismos que dependem da deposição de minerais de carbonatos para seu crescimento e manutenção da vida. Podemos esperar nas próximas décadas alterações em cadeias ecológicas aquáticas e maiores dificuldades para encontrarmos algumas iguarias culinárias. Sugiro a você, acadêmico(a), uma leitura rápida do texto "A Acidificação dos oceanos", disponível em: <<http://www.cmcmadeira.org/Default.aspx?ID=326>>. Acesso em: 21 fev. 2012. Mas, além deste, são muitos os artigos em meio eletrônico disponíveis a respeito.

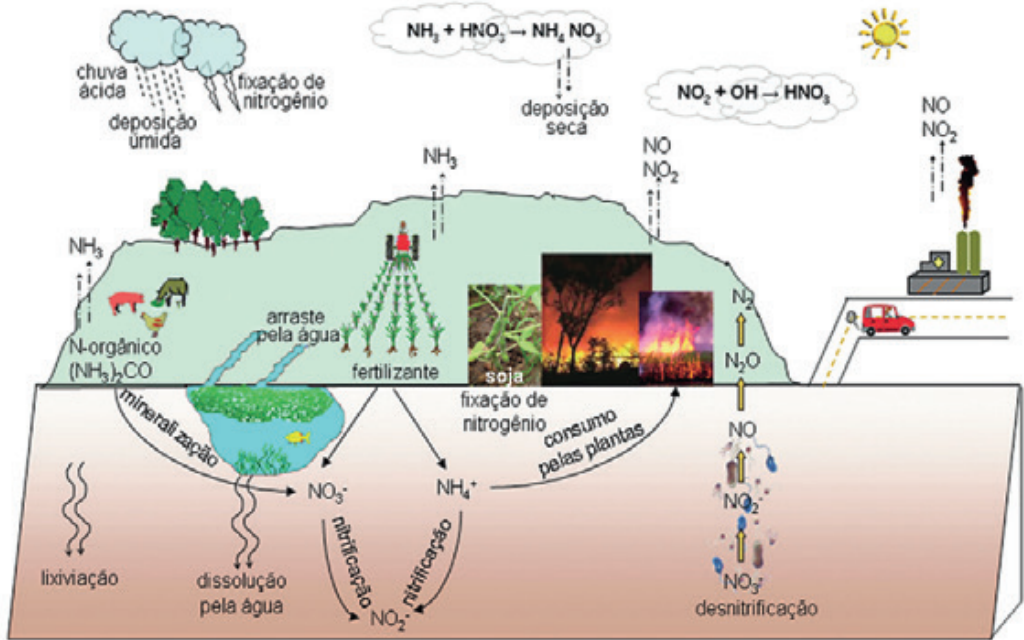
3.2 NITROGÊNIO (N)

O nitrogênio, dependendo de sua concentração, estado de oxidação ou forma química, pode alterar a acidez do meio aquoso, tanto a diminuindo como aumentando. Pode participar, inclusive, da formação de chuva ácida. Concentrações não muito elevadas de nitrogênio na forma de nitrito (NO_2^-) ou de amônia (NH_3) têm efeitos tóxicos diferenciados sobre organismos aquáticos, como peixes, e ambas as espécies podem levar ao consumo de oxigênio do meio por processos bioquímicos.

Nos ciclos de vida, o nitrogênio é um constituinte essencial das proteínas, do DNA e do desenvolvimento de vida aquática (nutriente). Nós excretamos nitrogênio na forma de ureia, que é rapidamente decomposta em amônia e posteriormente será oxidada a nitrato por bactérias nitrificantes. No entanto, uma das maiores contribuições em nitrogênio nas águas hoje é proveniente de fertilizantes.

Na figura a seguir são exemplificadas as diferentes presenças, fontes e transformações de nitrogênio dentro de seu ciclo. Observe as relações do mesmo na presença de água.

FIGURA 17 – ILUSTRAÇÃO DO CICLO DO NITROGÊNIO, INCLUINDO ATIVIDADES ANTRÓPICAS



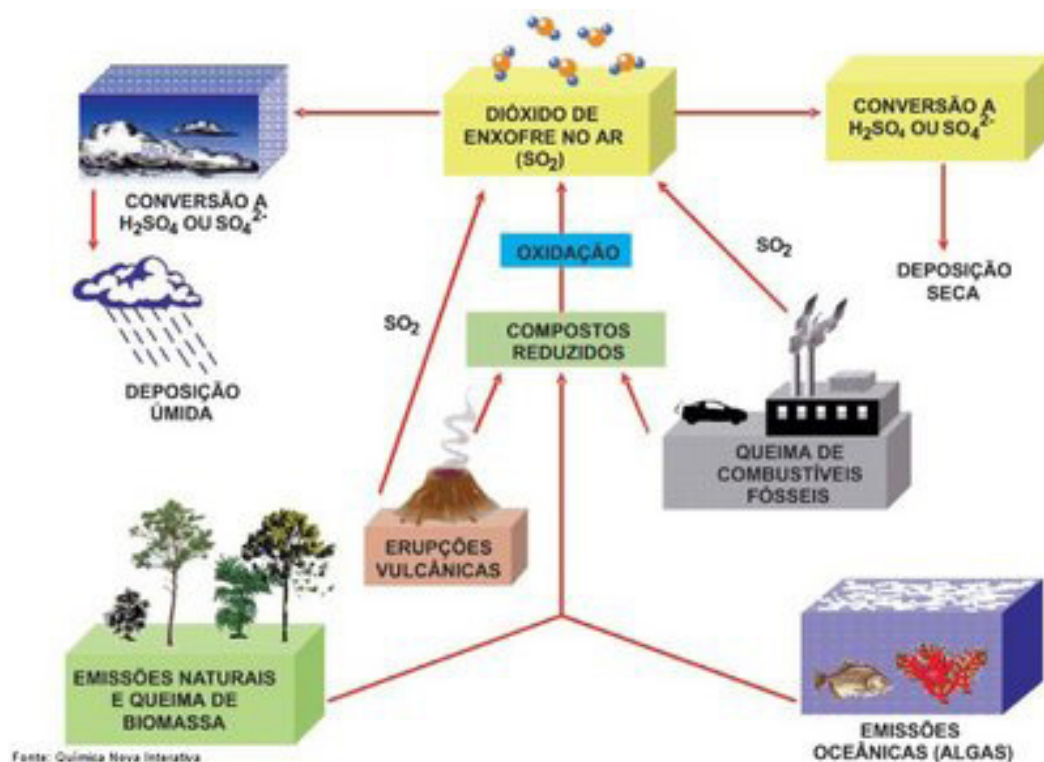
FONTE: Disponível em: <<http://qnint.sbg.org.br>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

3.3 ENXOFRE (S)

Se focarmos os ciclos de nutrientes nos seus ambientes aquáticos, podemos dizer que o enxofre na forma reduzida (S^0) forma minerais pouco solúveis em água, como os sulfetos de chumbo e ferro, incluindo o “ouro-dos-tolos”. Na presença de oxigênio, forma SO_2 , um poluente atmosférico, mas na água encontramos como o íon sulfato, SO_4^{2-} . Sua forma reduzida, o sulfeto de hidrogênio (H_2S), é um gás tipicamente reconhecido pelo cheiro de “ovo podre”. Este, quando solubilizado em água, confere características tóxicas ao meio. Já a chuva ácida ocorre pela presença de ácido sulfúrico (H_2SO_4) que forma-se na atmosfera pela oxidação do SO_2 na presença de água. As precipitações ácidas têm propriedades de lixiviação e corrosão e podem afetar florestas e monumentos históricos.

O enxofre também passa por assimilação bioquímica e excreção, pois é constituinte de algumas proteínas.

FIGURA 18 – ILUSTRAÇÃO DO CICLO DO ENXOFRE, INCLUINDO ATIVIDADES ANTRÓPICAS



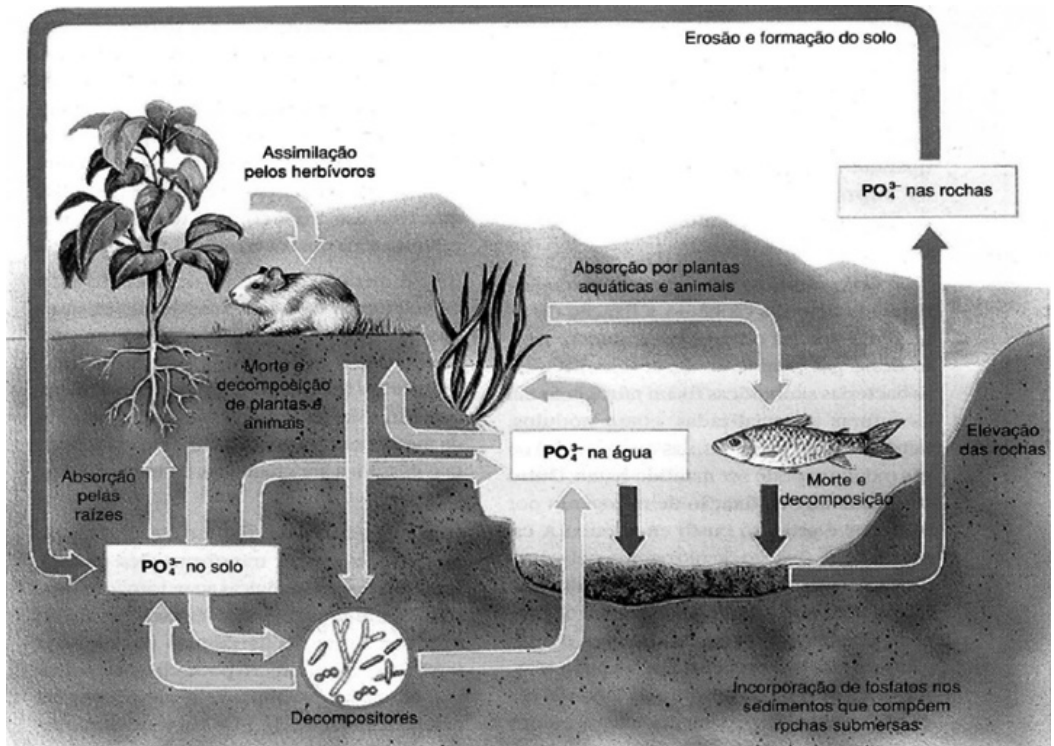
FONTE: Disponível em: <<http://qnint.sbq.org.br>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

3.4 FÓSFORO (P)

O fósforo normalmente é um agente limitante na natureza, aquele em pequenas concentrações cuja presença ou ausência é a mais determinante na ocorrência de processos biológicos. Não são conhecidas formas gasosas estáveis de fósforo na natureza. As formas solúveis de fósforo, como o ortofosfato, são assimiladas pelas plantas na formação de ácidos nucleicos, o material genético dos organismos vivos. O fósforo também constitui o ATP e ADP (adenosinas tri- e difosfato), que armazenam e liberam energia em processos de fotossíntese e respiração.

O fósforo também é um elemento levado em quantidades consideráveis a corpos hídricos pelo arrasto de fertilizantes, descarte de detergentes e esgoto doméstico. Alguns pesticidas também são compostos orgânicos de fósforo.

FIGURA 19 – ILUSTRAÇÃO DO CICLO DO FÓSFORO



FONTE: Disponível em: <<http://dc4074shared.com/doc/dsbK49dv/preview.html>>. Acesso em: 20 fev. 2012.



O fósforo está presente em muitas formulações de detergentes para lavagem de louças. Porém, desde os anos 70 começou gradualmente a ser proibido ou limitado nestas formulações nos diferentes Estados dos EUA e desde os anos 80 em países. O maior efeito combatido é a proliferação de algas.

FONTE: Relatórios de avaliação. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wri/wri994007/pdf/wri99-4007.pdf>>; <<http://ec.europa.eu/environment/water/pollution/phosphates/pdf/phosphates.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2012.

4 PROCESSOS BIOLÓGICOS E A MANUTENÇÃO DA VIDA

Já sabemos dos altos percentuais de água que constituem a Terra e os organismos vivos, assim como nós. Porém, agora veremos de maneira simplificada por que esta substância é essencial à vida e à sucessão de eventos que levam à formação de organismos vivos.

4.1 VIDA AQUÁTICA

Os organismos vivos encontrados em um ecossistema aquático podem ser autotróficos, aqueles que conseguem sintetizar matéria orgânica a partir de energia solar, elementos minerais e energia química, e os heterotróficos, que necessitam da matéria orgânica produzida pelos autotróficos. Estes últimos também podem ser chamados de “produtores”; os heterotróficos, “consumidores” e, ainda, os fungos e bactérias que decompõem matéria orgânica ou organismos mortos são os “decompositores”.

A cadeia de organismos acima diz respeito à capacidade de um corpo hídrico de produzir matéria viva. Esta produtividade para águas de recreação, consumo e para seu equilíbrio de maneira geral deve ser baixa, o que mantém as águas claras e sem cheiro. Um grande crescimento inicial de algas, com sua posterior decomposição, queda do teor de oxigênio dissolvido e morte de seres vivos, caracteriza os processos de eutrofização, decorrentes da grande disponibilidade de nutrientes como carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) utilizados pelos organismos produtores.

Podemos encontrar três principais propriedades físicas determinantes na qualidade de vida aquática: temperatura, transparência e turbulência. A temperatura influencia a velocidade, a aceleração ou a inibição de processos biológicos; a transparência permite uma maior ou menor incidência de luz solar e, portanto, é determinante no crescimento de algas; a turbulência permite a mistura, o arrasto de nutrientes e, normalmente, maior oxigenação da água.

No Tópico 2 veremos parâmetros de qualidade de água, mas, ainda com relação a organismos aquáticos, não podemos esquecer que a salinidade é um fator determinante na seleção de organismos: existem aqueles típicos de águas doces, de águas salobras e de águas salinas. O excesso de sais para um peixe de água doce tem efeito nocivo sobre o mesmo.

4.2 MANUTENÇÃO DE ORGANISMOS VIVOS

Existem propriedades da água que a tornam fundamental à manutenção da vida como a conhecemos. Entre elas está sua característica de “solvente universal”, sobretudo para sais e compostos orgânicos polares. Tem alta capacidade de solubilizar sais iônicos, mais do que qualquer outro solvente. Sua alta capacidade calorífica permite a estabilização da temperatura de organismos e regiões geográficas, o que também é favorecido pelo seu alto calor de vaporização: é perdido calor quando suamos, com a evaporação da água na pele.

No metabolismo de plantas clorofiladas, durante a fotossíntese a água é decomposta; de maneira simplificada, os hidrogênios constituirão nova matéria orgânica, enquanto o oxigênio será liberado na sua forma molecular, O_2 , o qual é utilizado na respiração.

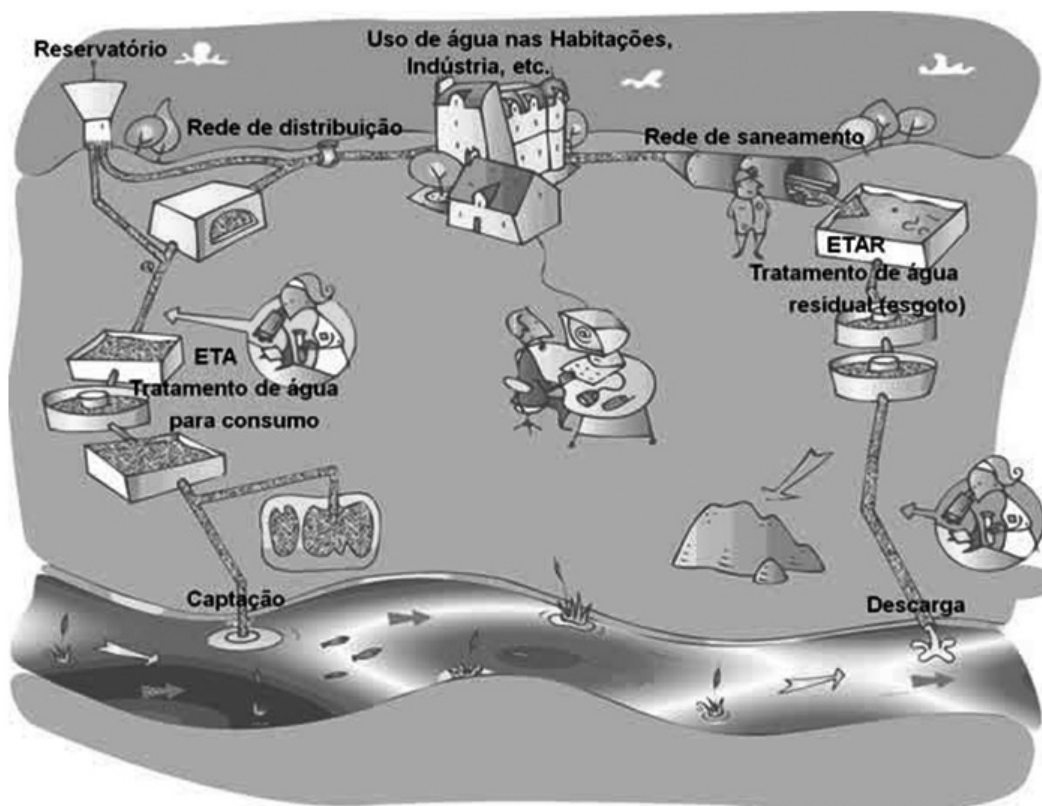
A água ainda é subproduto de reação ou reagente em diversos processos bioquímicos. Neste momento, no nosso organismo, muitos equilíbrios químicos, digestão, respiração, transporte de nutrientes, formação de dipolos elétricos, síntese de novos compostos, reconstituição celular e eliminação de toxinas são possíveis pela presença de água, e esta série de eventos, além de outros incontáveis, é necessária para formar e manter o ser vivo.

5 ÁGUA NAS CIDADES



A água também tem seu ciclo na vida do organismo "cidade". A seguir, temos uma visão simplificada de como este se dá, com a captação, tratamento, uso, tratamento de águas residuárias e descarte no corpo receptor.

FIGURA 20 – CICLO NA VIDA DO ORGANISMO "CIDADE"



FONTE: Disponível em: <<http://www.correnterioleca.com/faqs.htm>>. Acesso em: 19 fev. 2012.

Os serviços de tratamento de água para consumo doméstico e industrial tendem a encontrar cada vez mais dificuldades e aumento de custos na operação, uma vez que em muitas regiões a qualidade das águas de captação tem piorado, mesmo porque a água pode estar sendo coletada à jusante de descartes domésticos e industriais já existentes. Os locais de captação e tratamento da água, bem como a localização e a distância entre as cidades e centros de consumo, tornam-se então fatores de planejamento urbano e ambiental. Vale lembrar que o surgimento e desenvolvimento das cidades sempre foram, preferencialmente, à margem de rios ou reservatórios de água, tanto para uso dos recursos hídricos como para descarte de resíduos. Muitas indústrias fazem a captação e realizam o tratamento da água internamente, em suas ETAs, em vez de utilizar água potável da rede pública para seus processos industriais, seja devido ao custo que implicaria o uso de água de rede em grandes volumes, como pelas necessidades diferenciadas de qualidade da água para as diferentes atividades industriais.

5.1 ALTERAÇÕES DE NUTRIENTES

A figura a seguir ilustra uma série de nutrientes descartados no ambiente em grandes quantidades por atividades antrópicas.

FIGURA 21 – INTERFERÊNCIA DE ATIVIDADES DOMÉSTICAS, RURAIS E INDUSTRIAIS SOBRE A TRANSFERÊNCIA DE NUTRIENTES PARA O MEIO AMBIENTE



FONTE: Disponível em: <http://www.ib.usp.br/ecologia/ciclo_biogeoquimicos_print.htm>. Acesso em: 17 fev. 2012. –

Vimos, de maneira simplificada e associada ao ciclo da água, o papel e as implicações da presença dos nutrientes nitrogênio, fósforo, enxofre e carbono em meio aquoso. Os fertilizantes, detergentes e o esgoto doméstico são grandes fontes de N e P; o esgoto doméstico ainda traz matéria orgânica (C) e

quantidades consideráveis de enxofre na forma de sulfetos. Mesmo as emissões atmosféricas interferem na qualidade das águas do planeta: os gases SO_x e NO_x encontram condições de formar ácidos na presença de água, formando as chuvas ácidas. Não podemos esquecer ainda do descarte de outras muitas substâncias tóxicas ou corrosivas que interferirão na qualidade das águas, dos processos biológicos e da vida aquática, de outras maneiras que não a depleção de oxigênio ou acidificação por CO₂.



Depleção é a perda de elementos fundamentais do organismo, especialmente água, sangue e eletrólitos (sobretudo sódio e potássio).

5.2 DRENAGEM URBANA

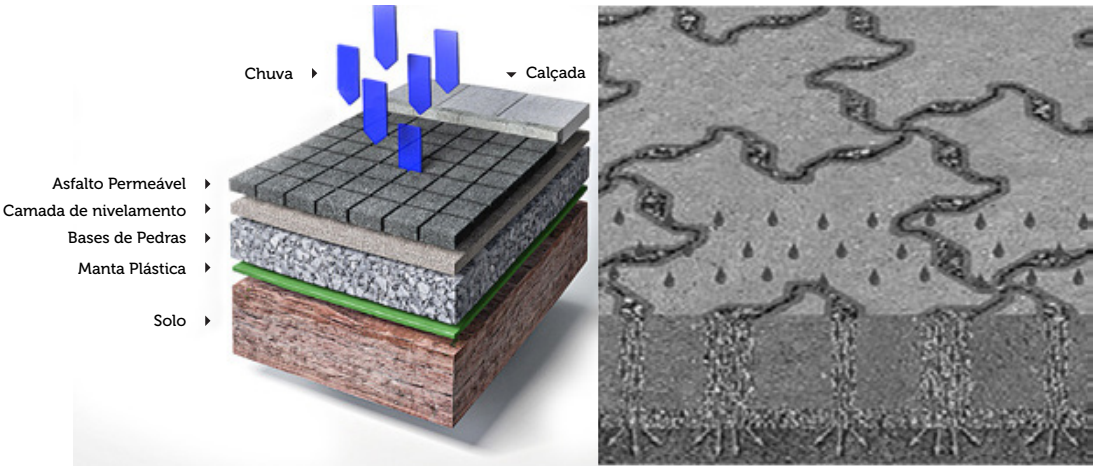
Vimos que ao se remover a vegetação de uma área para plantio, a água das chuvas flui sobre o solo mais rapidamente, de modo que tem menos tempo para ser absorvida na superfície e ser infiltrada. O resultado é um maior escoamento superficial, que adquire grande volume e velocidade até alcançar um corpo hídrico em nível mais baixo, como lagos, rios e oceanos. O mesmo ocorre, porém de maneira mais pronunciada, nos ambientes urbanos, pois além da remoção de cobertura vegetal há também impermeabilização do solo.

Ocorre também em várias cidades a construção de canais, ou mesmo a junção de esgoto com águas pluviais, sendo que todas ou quase todas têm seu descarte direcionado a um mesmo local à jusante de sua coleta. Este descarte pode ser à montante de uma outra cidade ou comunidade encontrada em relevo mais baixo, as quais têm grande chance de serem atingidas pelas águas. Neste caso, um grande volume de escoamentos superficiais de diversos locais é direcionado a um corpo receptor mais baixo, talvez em uma região de capacidade limitada de absorção ou retenção das águas. Junta-se à questão da canalização não planejada todo o volume de chuvas que não é absorvido pelo solo em uma cidade, devido ao asfaltamento, calçamentos e edificações com áreas verdes bastante reduzidas.

Não se pode esquecer ainda dos efeitos do lixo indevidamente espalhado nas ruas e acumulados nas vias de escoamento de água, seja ainda nas grades de proteção da rede de escoamento das ruas, ou já nos ribeirões ou rios. O volume que ocupa ou mesmo a obstrução que causa em alguns canais de escoamento acelera também os processos de alagamento em uma cidade, além de o lixo e seu arrasto pela água causarem a propagação de doenças.

Algumas soluções em engenharia e desenvolvimento de materiais já estão disponíveis no mercado, mais ou menos complexas ou adequadas às demandas de uma região, cidade ou moradias para a sua pavimentação com a manutenção da absorção de água pelo solo:

FIGURA 22 – SOLUÇÕES PARA MELHORIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS CIDADES. A – ASFALTO PERMEÁVEL. B – CALÇAMENTO COM ESPAÇAMENTO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA



FONTE: Disponível em: A - <<http://www.movimentominas.com.br/blog/asfalto-permeavel>>; B - <http://en.wikipedia.org/wiki/Permeable_paving>. Acesso em: 21 fev. 2012.

FIGURA 23 – SOLUÇÕES PARA MELHORIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NAS CIDADES. C – PAVIMENTO COM GRANDE CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA



FONTES: Disponível em: <<http://www.ecotelhado.com.br/Portecopavimento/default.aspx>>. Acesso em: 21 Fev. 2012.

Outra forma de se diminuir os escoamentos e/ou retardar e reter as águas de chuvas nos centros urbanos é a adoção de telhados ecológicos, coberturas vegetais sobre casas, prédios e sacadas, o que também melhora a regulação térmica interna das edificações e consequente redução no consumo de energia, como o modelo na figura a seguir:

FIGURA 24 – MODELO DE CONSTRUÇÃO SUGERIDO PARA MELHORIA DO ESCOAMENTO DE ÁGUAS NAS CIDADES E CONTROLE DE TEMPERATURA



FONTE: Disponível em: <<http://institutocidadejardim.files.wordpress.com/2011/05/skyfarm-2-by-gordon-graff.jpg>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

São várias as soluções técnicas para questões de drenagem urbana, abaixo ou acima das edificações, dentro das cidades ou englobando as bacias geográficas nas quais estão. Não só são realizáveis pela administração pública, mas qualquer residência pode contribuir para a absorção e retenção de água. Cisternas para acúmulo de água de chuvas e reúso também fazem este papel.



Olá, acadêmico(a)! Você certamente já ouviu falar na transposição das águas do Rio São Francisco; trata-se de uma discussão centenária e bastante polêmica, que envolve muitos recursos, mudanças em uma grande área, benefícios e impactos ainda não totalmente esclarecidos. Buscando informações tanto contra como a favor deste projeto, você poderá entender as implicações de decisões e ações humanas sobre sua dependência da água para a qualidade de vida, desenvolvimento econômico, manutenção de ecossistemas e de bacias hidrográficas.



RESUMO DO TÓPICO 1

Olá, acadêmico(a)! Neste primeiro tópico da Unidade 2 foi possível entendermos algumas relações entre o ciclo da água, nutrientes e efeitos de atividades humanas. Podemos destacar os seguintes assuntos:

- Ciclo da água e mudanças no escoamento superficial.
- Mudanças de propriedades da água na presença de carbono (como gás carbônico), nitrogênio, fósforo e enxofre.
- Como a água e nutrientes participam na geração e manutenção de seres vivos.
- A influência das atividades antrópicas no descarte excessivo de nutrientes e no aumento de escoamentos superficiais.



Vamos agora desenvolver algumas atividades para maior assimilação do conteúdo deste tópico através das questões propostas a seguir:

- 1 Em que estados físicos e em quais ambientes podemos encontrar água? Correlacione ambos.
- 2 Que efeitos podem ser observados com a acidificação das chuvas e dos oceanos?
- 3 Quais nutrientes e de que forma podem ser excessivamente descartados por atividades antrópicas?
- 4 Como se dá a influência do ser humano nos regimes de escoamentos superficiais?

QUALIDADE DA ÁGUA: POTABILIDADE

1 INTRODUÇÃO

Neste segundo tópico da Unidade 2 serão vistos os critérios utilizados para o tratamento e controle de qualidade da água para fins de potabilização. Quais os parâmetros físicos, químicos e biológicos necessários e exigidos pela legislação para garantia da saúde pública.

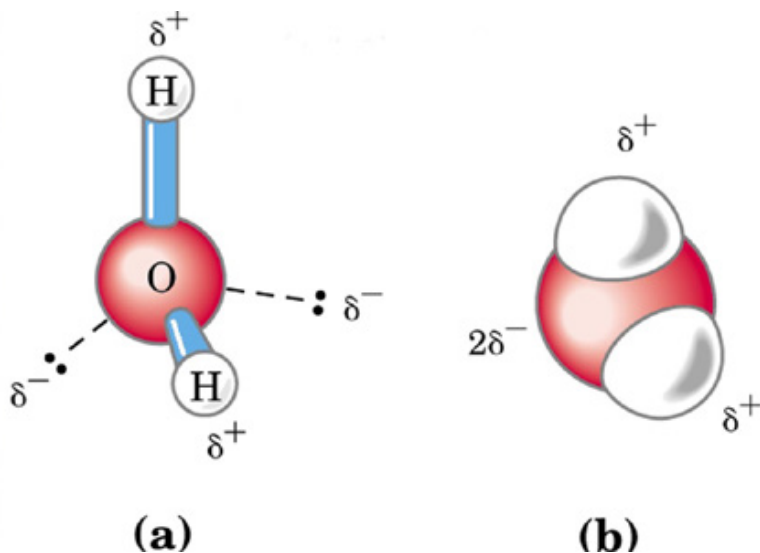
O monitoramento da qualidade da água para potabilização é realizado desde a captação, durante e após o tratamento, nos pontos de distribuição e consumo, conforme veremos em algumas situações.

2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA



Na figura a seguir vemos representações da molécula de água, de geometria angular e com seus polos positivos (onde estão os hidrogênios) e negativo (devido ao oxigênio). Estas características conferem à água suas propriedades como "solvente universal".

FIGURA 25 – REPRESENTAÇÕES DA MOLÉCULA DE ÁGUA



FONTE: Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/biq/original.biqvet/res_exercicio_AT1.htm>. Acesso em: 26 fev. 2012.

A água, mesmo que límpida e incolor, possui sais e/ou substâncias dissolvidos oriundos do próprio meio natural ou que foram introduzidos a partir de atividades humanas. Quando uma água é “colorida”, normalmente por atividades humanas, ou turva (quando perde a transparência pela presença de substâncias insolúveis), somos capazes de julgá-la como imprópria para consumo, por um simples critério visual. Porém, são muitos os parâmetros (físicos, químicos e biológicos) a serem considerados para caracterizar uma água como adequadamente potável.

2.1 PARÂMETROS FÍSICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Temperatura

A temperatura é uma resposta à quantidade de calor presente nos corpos. Na água influi diretamente em propriedades da água, como a densidade e os teores de gases dissolvidos, substâncias orgânicas e inorgânicas; o teor de gases dissolvidos diminui com o aumento da temperatura. A densidade apresenta-se máxima a 4 °C, aumenta abaixo e acima desta temperatura. A temperatura também altera a velocidade de reações químicas e biológicas da água e a solubilidade de sais.

Sabor e Odor

Estes resultam da presença de algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos, compostos orgânicos, gás sulfídrico e sais, entre outros, ou do descarte de esgotos domésticos e industriais. A percepção de odor ou sabor pode indicar risco quanto à saúde, e a água potável deve ser isenta destas características.

Cor

A cor resulta da existência de substâncias coloridas na água. Podem conferir cor à água o ferro, o manganês, algas ou corantes de origem antrópica, como da indústria têxtil. O “efeito de cor”, por si, não é um risco à saúde, mas, sim, depende do tipo de substâncias que dão origem à cor, nem sempre de fácil identificação.

Turbidez

A turvação da água se dá pela presença de material em suspensão e que interfere na passagem de luz pela mesma. Pode ocorrer devido a partículas de rocha, argila, algas e bactéria, que são insolúveis e não se depositam no fundo do corpo hídrico, ou ainda devido a esgotos domésticos e processos de erosão. Podem associar-se às partículas em suspensão micro-organismos patogênicos ou compostos químicos tóxicos.

2.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

pH ou Potencial Hidrogeniônico

É um parâmetro que indica o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- , alterado pela presença de espécies químicas ácidas (valores de pH baixo) ou básicas (valores de pH altos). A escala varia de 0 a 14, observando-se um ambiente “neutro” em pH 7. O pH da água interfere em reações químicas e bioquímicas e, quanto mais distante da neutralidade, excessivamente alto ou baixo, maior sua capacidade de prejudicar organismos vivos e provocar desgaste ou corrosão de materiais.

Alcalinidade

É causada por sais de metais alcalinos, como sódio e cálcio, que terão a capacidade de neutralizar ácidos. A alcalinidade é a capacidade do meio de neutralizar a acidez, ocasionada por íons carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-).

Dureza

A dureza resulta da presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes. Estes metais podem formar precipitados com a água, reduzir a formação de espuma e propiciar incrustações em dutos ou tubulações. A lavagem de materiais com “água dura” normalmente é prejudicada.

Salinidade e Condutividade

A salinidade é uma medida da quantidade de sais dissolvidos. É adimensional, mas seu valor aproxima-se de uma concentração em g/L. Sais dissolvidos em água aumentam sua força iônica e lhe permitem conduzir eletricidade, propriedade medida como condutividade elétrica em uma determinada distância (usualmente miliSiemens por centímetro, mS/cm).

Cloretos

Os cloretos provêm da dissolução de minerais ou por introdução de águas salinas ou salobras em um ambiente normalmente pouco salino, por fontes naturais ou de atividades humanas. Conferem sabor salgado à água e variações na sua concentração podem modificar ou prejudicar a vida aquática.

Ferro e Manganês

Estes metais podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais e causam coloração avermelhada ou marrom na água, manchando roupas e outros produtos. Conferem ainda o “sabor metálico” à água, e águas ferruginosas podem desenvolver ferrobactérias, que causam maus odores e obstruem canalizações.

Nitrogênio e Fósforo

Já vimos no Tópico 1 as várias formas nas quais o nitrogênio pode estar presente na água e suas fontes. Em excesso, assim como o fósforo, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento de algas, com consequente limitação à passagem de luz. A morte de grande quantidade de biomassa destas algas leva à sua decomposição e grande consumo de oxigênio do meio. Começam então processos anaeróbios de degradação, formação de mau cheiro e limitação às condições de vida aquática, sendo este o processo de eutrofização. O fósforo é o elemento mais limitante deste processo.

Fluoretos

Os fluoretos normalmente são adicionados à água nas estações de tratamento. Previnem a formação de cáries dentárias em concentrações adequadas; já em concentrações mais elevadas podem provocar manchas escuras nos dentes, a fluorose dentária. São adicionados à água tratada, por lei, em quantidades em torno de 1 mg/L.

Oxigênio Dissolvido (OD)

É indispensável à manutenção da vida (organismos aeróbios) em ambiente aquático. Os teores dependem da temperatura e da altitude (pressão); com a presença de matéria orgânica e bactérias seu teor pode cair demasiadamente, prejudicando organismos maiores.

Matéria Orgânica

A matéria orgânica é a fonte de carbono para os seres heterótrofos, aeróbios ou anaeróbios. Em grandes quantidades, no entanto, pode causar alguns problemas, como cor, odor, turbidez e consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores. Geralmente são utilizados como parâmetros de quantificação do teor de matéria orgânica na água a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), ou ainda, menos comum no Brasil, o Carbono Orgânico Total (COT).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. A DBO é determinada em laboratório sob condições-

padrão, medindo-se o oxigênio consumido em amostras de água, durante cinco dias, à temperatura de 20 °C (DBO_5).

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

DQO é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por um agente químico em condições rigorosas (temperatura e acidez elevadas, um forte oxidante e um catalisador). Também é determinada em laboratório em prazo muito menor do que o teste da DBO_5 e sempre terá um valor semelhante ou maior que esta última, pois há oxidação de substâncias que as bactérias aeróbias não são capazes de degradar.

Compostos Inorgânicos e Orgânicos

Os compostos inorgânicos geralmente são introduzidos na água por atividades industriais, podem incluir metais pesados tóxicos como arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata e cianetos.

Os compostos orgânicos, além das fontes industriais, podem ter origem em atividades agrícolas (agrotóxicos) ou ainda de esgoto doméstico. Os agrotóxicos são persistentes no meio aquático (de difícil decomposição) e são tóxicos. Outros compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e lipídios, são consumidos como alimento.



Olá novamente! Você viu alguns termos talvez pouco conhecidos ou entendidos por quem não trabalha com conceitos químicos. Vamos ver alguns deles:

- Força iônica: é uma medida de intensidade que leva em consideração a concentração e os tipos de íons dissolvidos na água, pois diferentes íons têm diferentes cargas elétricas e interação entre si, por atração ou repulsão. Os íons, com cargas elétricas positivas ou negativas, formam os sais, que são compostos iônicos.
- Compostos inorgânicos: normalmente são de origem mineral, como sais e óxidos metálicos, sais de amônia, sílica, ácidos sulfúrico e fosfórico, carbonatos e gás carbônico. A água também é um composto inorgânico.
- Compostos orgânicos: normalmente são produzidos biologicamente e são constituídos por carbono e hidrogênio, como derivados de petróleo, açúcares, proteínas, hormônios, ácido acético, óleos e graxas, citando-se alguns exemplos dentro de uma lista praticamente infinita de substâncias.

Embora seja possível determinar substâncias como sendo compostos orgânicos ou inorgânicos, não existem limites claros entre suas definições para a classificação de grupos de compostos para uma série de casos. Por exemplo, a água e o gás carbônico podem ser considerados compostos inorgânicos. No entanto, produzimos ambos, CO_2 e H_2O , na respiração, a partir da quebra de compostos orgânicos para a produção de energia. Numa visão multidisciplinar e considerando as interações do "mundo vivo" com o "mundo não vivo", estes termos tornam-se questionáveis por diferentes profissionais.

2.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Coliformes

São indicadores da presença de material fecal e, portanto, da possibilidade de ocorrência de microrganismos patogênicos na água. Os coliformes fecais, quando encontrados na água, confirmam o descarte de esgotos domésticos sem desinfecção.

Algas

Embora desempenhem um importante papel no ciclo de vida aquático, em grandes quantidades passam a gerar problemas: sabor e odor, turbidez e cor, além de interferirem em processos de tratamento de água. Alguns tipos, inclusive, produzem toxinas nocivas às outras formas de vida aquática e à saúde de quem consome a água onde estão presentes.

3 PADRÕES DE POTABILIDADE

Os teores máximos permitidos para impurezas lançadas ou encontradas em águas diversas dependem do tipo de uso preponderante daquela água. Para água potável há também limites e parâmetros específicos.

Chamamos de água potável a água que pode ser consumida por pessoas e animais sem riscos de adquirirem doenças. Pode ser disponibilizada com ou sem tratamento prévio, dependendo da qualidade da água de origem. O tratamento de água reduz poluentes até não representarem mais riscos para a saúde pública.

No Brasil, a Portaria nº 2.914, de 14 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, define os padrões de potabilidade da água. Seus parâmetros e limites podem ser vistos nos quadros a seguir:

QUADRO 5 – PADRÕES MICROBIOLÓGICOS

Tipo de água		Parâmetro		VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

FONTE: Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011.

QUADRO 6 – CONTROLE DE TURBIDEZ

Tratamento da água	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 ⁽³⁾ uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 ⁽³⁾ uT ⁽²⁾ em 95% das amostras

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.
(2) Unidade de Turbidez.
(3) Este valor deve atender ao padrão de turbidez de acordo com o especificado no § 2º do art. 30.

FONTE: Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011.

QUADRO 7 – PADRÕES PARA CIANOTOXINAS

CIANOTOXINAS		
Parâmetro ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
Microcistinas	µg/L	1,0 ⁽³⁾
Saxitoxinas	µg equivalente STX/L	3,0

NOTAS:
(1) A frequência para o controle de cianotoxinas está prevista na tabela do Anexo XII.
(2) Valor Máximo Permitido.
(3) O valor representa o somatório das concentrações de todas as variantes de microcistinas.

FONTE: Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011.

QUADRO 8 – PADRÕES PARA RADIOATIVIDADE

Parâmetro ⁽¹⁾	Unidade	VMP
Rádio-226	Bq/L	1
Rádio-228	Bq/L	0,1

NOTAS: (1) Sob solicitação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, outros radionuclídeos devem ser investigados.

FONTE: Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011.

QUADRO 9 - PADRÕES ORGANOLÉPTICOS DE POTABILIDADE

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente ⁽²⁾	-	uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total	-	mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor ⁽³⁾	-	Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	-	mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	-	mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez ⁽⁴⁾	-	uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

NOTAS:
(1) Valor máximo permitido.
(2) Unidade Hazen (mgPt–Co/L).
(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.
(4) Unidade de turbidez.

FONTE: Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011.



Olá! Você pode buscar o conteúdo completo da Portaria no link: <http://portal2.saude.gov.br/saudelegis/leg_norma_pesq_consulta.cfm>.

4 MONITORAMENTO E CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA

IQA

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

FONTE: Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

Para a obtenção numérica do IQA são considerados parâmetros como oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), nitratos, fosfatos, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A partir do atendimento a estes parâmetros é gerado um índice com valores variando de 0 a 100. O modo de se utilizar esta ferramenta varia um pouco de Estado para Estado, mas os níveis de qualidade são atribuídos como no quadro a seguir:

QUADRO 10 - CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUAS

Nível de Qualidade	Faixa de variação do IQA	Cor de referência
Ótima	$90 < \text{IQA} \leq 100$	Azul
Boa	$70 < \text{IQA} \leq 90$	Verde
Razoável	$50 < \text{IQA} \leq 70$	Amarelo
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$	Marrom
Péssima	$0 \leq \text{IQA} \leq 25$	Vermelho

FONTE: Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

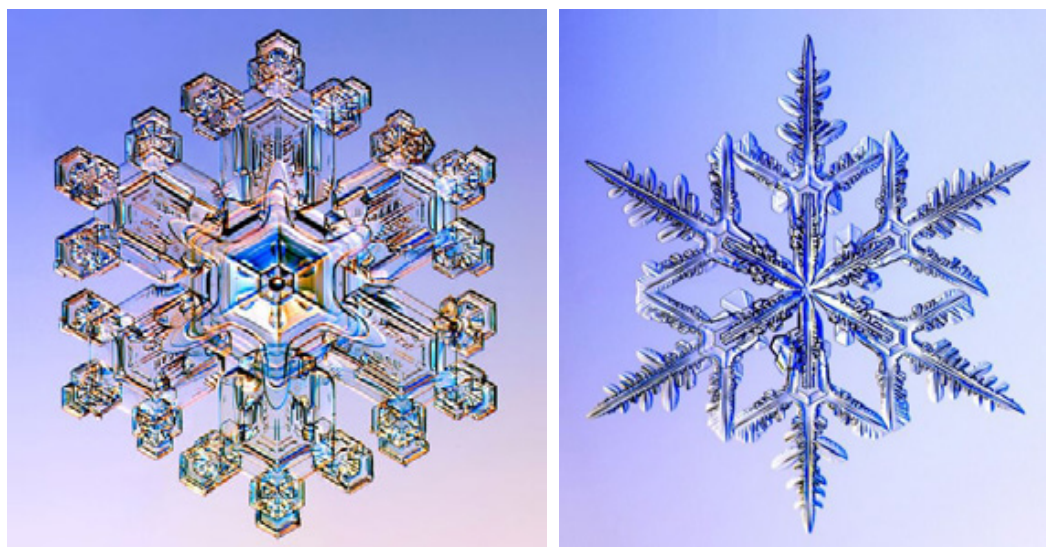
O IQA foi definido para avaliação das águas brutas para fins de abastecimento público após seu tratamento. Há Estados ainda que avaliam, por exemplo, metais pesados ou outros resíduos, de acordo com as atividades industriais e seus potenciais descartes de substâncias nos corpos hídricos.

Uma redução dos valores e conceitos do IQA indica a necessidade cada vez maior de tratamentos especiais ou mesmo avançados da água para que se torne potável, o que implica, naturalmente, no aumento dos custos do tratamento. Como solução temporária de abastecimento em casos de águas contaminadas, procede-se à captação de água em pontos cada vez mais elevados ou próximos de suas nascentes, o que também leva a grandes custos e perdas de água pela maior distância entre o ponto de captação e o terminal onde é consumida.



Olá, acadêmico(a)! Eu gostaria de lhe mostrar uma curiosidade sobre a água: ela também tem uma impressão digital! As figuras a seguir são fotografias de cristais de neve. O arranjo hexagonal é replicado no seu estado sólido devido à estrutura da molécula de água (ângulos e polaridade). Contudo, existem diferenças entre as formas. Elas se devem à história da água até sua solidificação, como influência de sais quando no estado líquido, temperatura, pressão, atividade magnética local e todo o tipo de interações com o ambiente.

FIGURA 26 – FOTOS VIA AMPLIAÇÃO POR MICROSCOPIA DE CRISTAIS DE NEVE



FONTE: Disponível em: <<http://strangepaths.com/water-crystals/2007/02/01/en/>>. Acesso em: 24 fev. 2012.



RESUMO DO TÓPICO 2

Prezado acadêmico(a)! Neste tópico foram abordados os seguintes assuntos:

- Parâmetros físicos de qualidade da água e seus efeitos.
- Parâmetros químicos de qualidade da água e suas implicações.
- Parâmetros biológicos básicos de controle.
- Padrões de potabilidade da água previstos em legislação (Portaria MS nº 2914).
- Como são elaborados os índices de qualidade de águas para fins de abastecimento público.



Olá, acadêmico! Ao final de mais este tópico, vamos a algumas questões para fixação e aprendizado:

- 1 Quando vemos uma água límpida, cristalina e inodora, podemos considerá-la pura? Por quê?
- 2 O que diferenciam os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água? Como você caracteriza cada um destes grupos de parâmetros de qualidade?
- 3 A avaliação dos índices de qualidade de água leva em consideração parâmetros como oxigênio dissolvido, coliformes e fosfatos. Como estes parâmetros interferem na qualidade da água de um corpo hídrico?
- 4 Comente, de maneira simplificada, sobre a importância e a pertinência do conteúdo tratado na Portaria nº 2914, de dezembro de 2011.

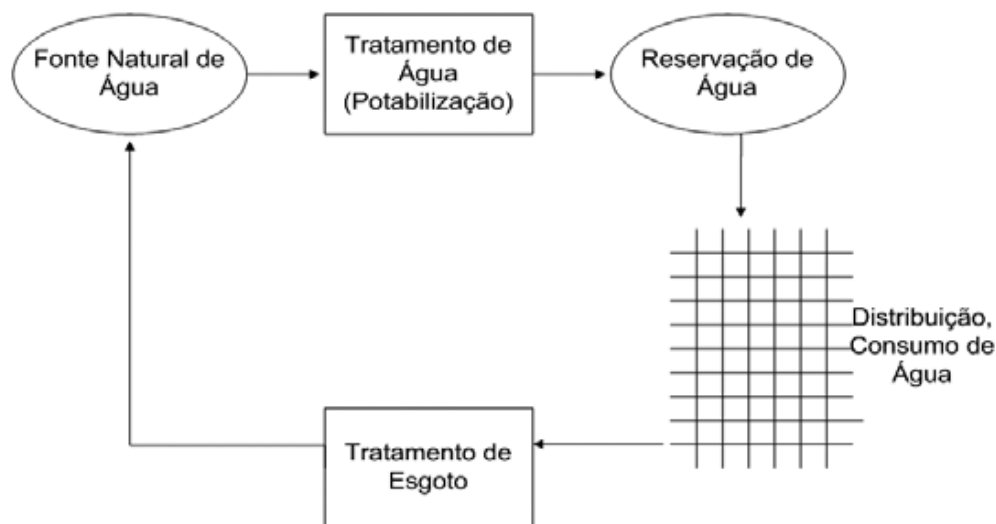
SISTEMA DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

1 INTRODUÇÃO

Caro(a) acadêmico(a)! Este tópico irá tratar sobre a infraestrutura, estratégias de gestão e tecnologias necessárias para dispor água em quantidade e qualidade compatível com as necessidades da população: consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros. O Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano se resume no conjunto de obras, instalações, serviços e tecnologias utilizados para a produção e distribuição da água necessária para o consumo humano.

Conforme Philippi (2010), do ponto de vista operacional, o Sistema de Abastecimento de Água é um processo que faz parte do Ciclo do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. O ciclo está representado pela figura a seguir

FIGURA 27 – CICLO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO



FONTE: Philippi (2010)

O ciclo compreende uma série de etapas: a **Gestão dos Recursos Hídricos** para a proteção e preservação dos mananciais que serão utilizados como fonte natural de água; a **Captação** da água bruta da fonte natural, seguida de seu transporte até a Estação de Tratamento de Água (ETA); o transporte de água tratada até postos de Reservação de Água localizados em pontos estratégicos da comunidade onde será distribuída; posteriormente a água chega à Rede de Distribuição, onde a água finalmente fica à disposição para seu consumo final.

Após o consumo e uso da água, esta retorna ao ciclo em forma de esgoto sanitário, que é recolhido por meio de redes coletoras e afastado das áreas urbanas até as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Este é o seguinte tópico da Unidade 2 do Caderno de Estudos tratarão especificamente do Abastecimento de Água para consumo humano, já o Esgoto Sanitário será abordado na Unidade 3.

2 PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA

A Produção de Água Tratada é o processo do Ciclo de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário que consiste na geração de água pronta para o consumo humano partindo de água bruta como insumo.

Geralmente o processo de produção de água tratada é constituído pelas seguintes etapas:

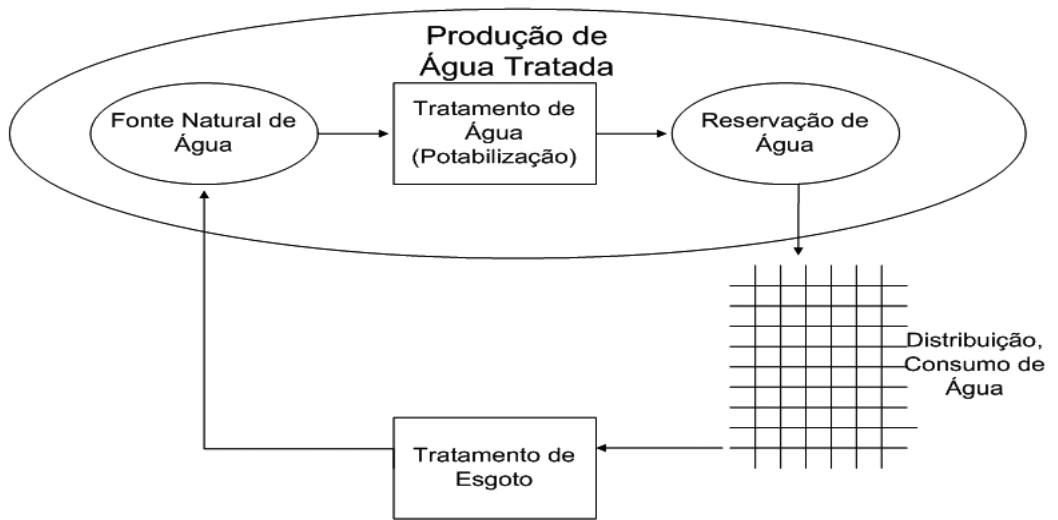
- captação de água em mananciais;
- adução de água bruta;
- tratamento de água bruta;
- adução de água tratada;
- reservação de água tratada.

A fração que ocupam estas etapas em relação ao Ciclo de Abastecimento de Água e Esgoto pode ser apreciada na figura a seguir. Uma abordagem mais detalhada, apresentando as particularidades de cada etapa, será abordada a seguir.



As etapas indicadas não possuem uma sequência obrigatória, e também pode não ser necessária alguma das etapas, por exemplo: Se a água já possui naturalmente os padrões de potabilidade legais, não é necessária a etapa de tratamento de água bruta.

FIGURA 28 – LIMITES DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA NO CICLO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO SANITÁRIO



FONTE: Philippi (2010)

2.1 CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM MANANCIAIS

Os Mananciais são todas as fontes de água bruta, superficiais ou subterrâneas que podem ser utilizadas para o tratamento e abastecimento humano. Primeiro faremos uma classificação dos tipos de mananciais utilizados para captação e posteriormente comentaremos as atuais técnicas de captação de água que geralmente são implantadas.

2.1.1 Classificação dos mananciais

Comumente os mananciais são classificados, de acordo a sua origem, em Mananciais Superficiais e Mananciais Subterrâneos.

Mananciais superficiais

Como o nome indica, os mananciais superficiais são aqueles em que a água escoar de forma acessível para sua captação diretamente através da superfície terrestre. São exemplos de mananciais superficiais os córregos, rios, lagos, represas e dispositivos de captação e contenção de águas meteóricas.

Os mananciais superficiais geralmente estão mais sujeitos à contaminação por esgotos sanitários, efluentes industriais, fertilizantes e outros contaminantes, portanto, para torná-la apta para o consumo humano requer maior complexidade tecnológica na etapa de tratamento e potabilização.



As águas meteóricas são provenientes da chuva, neve ou granizo. Dispositivos para a captação desse tipo de água são utilizados em localidades de grande escassez, principalmente para o consumo doméstico.

Mananciais subterrâneos

É todo manancial que se encontra abaixo da superfície terrestre. Compreende lençóis freáticos e confinados. As camadas subterrâneas que podem conter água são chamadas de **aquíferos**. A parte superior do aquífero, que está sob pressão atmosférica, denomina-se lençol freático. Quando um aquífero está localizado entre duas camadas impermeáveis (de argila, por exemplo), o aquífero se encontra numa pressão superior à pressão atmosférica. Esse aquífero é denominado confinado ou artesianos.

Os mananciais subterrâneos são fontes especialmente importantes e estratégicas, pois geralmente a água bruta proveniente de mananciais subterrâneos precisa apenas de um tratamento mínimo ou inclusive tratamento nenhum para estar apta para consumo humano. Isso se deve ao processo natural de filtração provocado pela passagem da água pelo subsolo.

Entretanto, isso não é uma regra. Dependendo do histórico das atividades antrópicas realizadas em determinada região, das atuais atividades que estão sendo desenvolvidas e da forma nas quais estas foram e estão sendo gerenciadas, pode ocorrer a contaminação de lençóis freáticos. Este fato acarreta num desafio adicional para a adequada gestão ambiental no que tange ao abastecimento de água para o consumo humano. No quadro a seguir estão citados alguns exemplos de possíveis fontes que podem chegar a contaminar lençóis freáticos.



No quadro a seguir citamos os conceitos lixiviação e percolação. A lixiviação se refere ao fenômeno pelo qual contaminantes químicos presentes no solo são solutos que, uma vez dissolvidos pela água da chuva, são transportados por ela penetrando o solo até atingir o lençol freático. Já a percolação é o movimento subterrâneo dos contaminantes líquidos pelo solo até atingir o lençol freático.

QUADRO 11 - POSSÍVEIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO DE LENÇÓIS FREÁTICOS

Origem da Contaminação	Tipo de contaminação
Postos de Gasolina	Vazamento de óleos e combustíveis, com posterior percolação pelo solo até alcançar o lençol freático.
Cemitérios e Lixões	Chorume, percolação do chorume pelo solo até alcançar o lençol freático.
Agricultura	Agrotóxicos, lixiviação de contaminantes do solo alcançando o lençol freático.
Indústrias	Contaminação do solo, lixiviação de contaminantes do solo alcançando o lençol freático.

FONTE: Os autores

2.1.2 Critérios para seleção de mananciais

A escolha do manancial é, provavelmente, a decisão mais importante a ser tomada em todo o processo de Produção de Água Tratada, pois o manancial, ou mananciais responsáveis pelo fornecimento de água, irão determinar todas as etapas posteriores do ciclo de produção de água tratada.

Conforme a Fundação Nacional da Saúde (Funasa, 2006), havendo mais de uma opção de mananciais, devem ser observados os seguintes critérios **em ordem de prioridade**:

1º Critério: Realizar análises de componentes orgânicos, inorgânicos e bacteriológicos das águas do manancial para a verificação e classificação das águas perante a legislação vigente. Isso ocorre porque, segundo a legislação vigente, há águas que, superados certos teores de substâncias prejudiciais, não podem ser utilizadas para abastecimento humano nem mesmo mediante um processo de tratamento completo da mesma;



No quadro a seguir citamos os conceitos lixiviação e percolação. A lixiviação se refere ao fenômeno pelo qual contaminantes químicos presentes no solo são solutos que, uma vez dissolvidos pela água da chuva, são transportados por ela penetrando o solo até atingir o lençol freático. Já a percolação é o movimento subterrâneo dos contaminantes líquidos pelo solo até atingir o lençol freático.

2º Critério: A vazão mínima do manancial deve ser suficiente para atender a comunidade que fará uso desta água por um determinado período de anos. Se o manancial não é capaz de fornecer água por um período considerável, ele não é apto para ser escolhido, devido ao alto investimento público relacionado ao processo de geração e fornecimento de água tratada;

3º Critério: Mananciais que dispensam qualquer tipo de tratamento (se houver), devido à redução de custos provocada pela não instalação e não construção de estações de tratamento;

4º Critério: Mananciais com baixos teores de contaminação (se houver) que exigem apenas desinfecção, provocando redução nos custos de tratamento;

5º Critério: Mananciais com baixos teores de contaminação (se houver) que exigem apenas um tratamento simplificado, provocando redução nos custos de tratamento. O tratamento necessário geralmente consiste apenas numa filtração lenta seguida de desinfecção;

6º Critério: Mananciais que exigem tratamento completo convencional: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

2.1.3 Sistemas de captação da água

O objetivo da Captação da Água é permitir a retirada da água do manancial abastecedor em quantidade suficiente para atender ao consumo demandado, buscando minimizar ao máximo possível as necessidades de tratamento prévio da água. Os sistemas de abastecimento comumente utilizados dependem do tipo de manancial que será utilizado para sua coleta: Mananciais Superficiais ou Mananciais Subterrâneos.

2.1.3.1 Sistemas de captação em mananciais superficiais

Conforme Garcez (1976), uma captação de águas superficiais deve atender

aos seguintes requisitos: garantia de funcionamento; qualidade das águas e economia da instalação.

Garantia de funcionamento

A partir de registros fluviométricos deve-se estimar as vazões máxima e mínima do manancial. A vazão deve ser suficiente para atender à demanda. Se a vazão mínima em épocas de estiagem (ou seja, nas piores condições) for suficiente, ou seja, se as vazões mínimas são superiores à vazão de adução, a tomada de água pode ser colocada diretamente no curso d'água. Se a vazão é insuficiente para atender à demanda nas estiagens, mas a vazão média anual é superior à demanda, é necessária a construção de um reservatório de acumulação que garanta o abastecimento nas épocas de estiagem. O reservatório irá acumular e reservar água no período de chuvas, sendo a liberação no período de estiagem. Na figura a seguir é possível observar um reservatório de acumulação. Nos casos em que a vazão média anual seja inferior à demanda, deve-se procurar outro manancial para garantir o abastecimento de água necessário. Nesse caso pode optar-se por um manancial adicional que, somado ao inicialmente selecionado, atenda à demanda, ou pode-se optar pela escolha de um novo manancial único que atenda toda a demanda.

FIGURA 29 – ESQUEMA TÍPICO DE UM RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO



FONTE: Libâneo (2006)

Deve-se identificar as posições dos níveis máximo e mínimo do manancial. O conhecimento do nível mínimo serve para poder localizar a tomada de água num ponto abaixo desse mínimo para garantir o abastecimento. O nível máximo do manancial é necessário para prever e instalar sistemas de segurança estrutural e evitar inundações.

Medidas de proteção contra ações diversas também devem ser implantadas: ondas, ação da correnteza, impacto de corpos flutuantes, obstruções, desmoronamentos, entre outros.

Qualidade das águas

Deve-se captar sempre as águas de melhor qualidade possível, protegendo sanitariamente o ponto de captação. Devemos considerar que qualquer água superficial é suspeita de estar contaminada, já que a facilidade de poluição de águas superficiais é alta.

Quando a captação é diretamente da água de rios, é importante que a tomada seja livre de focos de poluição e localizada à montante da cidade, que possua uma proteção adequada contra peixes, corpos flutuantes e substâncias grosseiras em suspensão. Para isso se empregam dispositivos como crivos, grades e caixas de areia.

Quando se captam águas de reservatórios de acumulação, devemos posicionar a tomada de água numa profundidade que evite a ação das ondas e correntezas no transporte de sedimentos. Deve-se estudar a ação do vento e sua influência sobre o revolvimento de lodo e transporte de sedimentos, evitando que estes entrem no sistema de adução.

Conforme Garcez (1976), a tomada de água em barragens profundas deve estar provida de aberturas e comportas, permitindo captar a água a diferentes profundidades, evitando, com isso: micro-organismos próximos à superfície que se proliferam sob a ação da luz solar; água superficial com temperatura elevada no verão; turbidez da água superficial devido ao vento; elevado teor de CO₂ das águas próximas à superfície; teor elevado de Fe, Mn, cor, dureza, se captada próximo à superfície. Também deve-se evitar captar próximo ao fundo, devido à possibilidade de captar sedimentos.

Economia da instalação

O gestor responsável pela implantação de um sistema de captação deve, entre as soluções sanitariamente recomendáveis, escolher a de menor custo. Porém, a solução de menor custo nem sempre é de fácil determinação, conforme pode ser apreciado no fragmento extraído de Libâneo (2006, p. 74):

[...] os profissionais responsáveis pela administração dos sistemas de abastecimento de água veem-se diante de inevitável e progressiva dicotomia, qual seja: a escolha do manancial deverá privilegiar os cursos d'água mais próximos aos centros de consumo, reduzindo os investimentos na adução, mas cuja qualidade haverá de requerer gastos significativos no tratamento, elevando o risco sanitário? Ou a opção deverá recair nos mananciais mais distantes, com água bruta de melhor qualidade, maximizando em contrapartida os custos da adução? [...]

Então, futuro gestor ambiental, qual é a melhor opção? E por quê? A melhor opção dependerá de muitas variáveis, e para cada caso a solução ideal

pode ser diferenciada, por isso convidamos você a refletir sobre isso ao longo de seus estudos da disciplina.

Agora iremos conhecer exemplos de dispositivos de captação comumente utilizados.

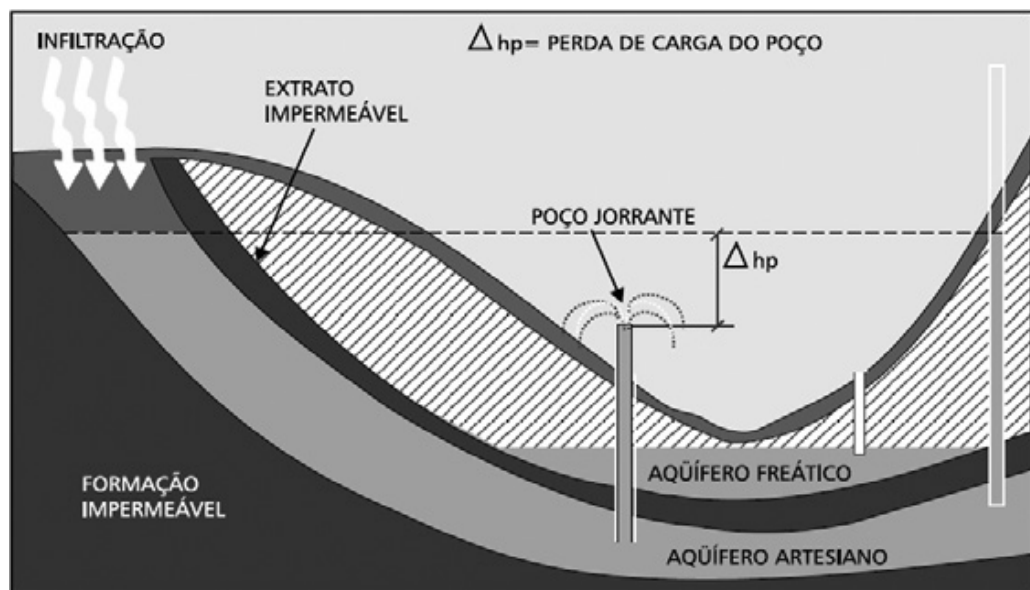
2.1.3.2 Sistemas de captação em mananciais subterrâneos

Como adiantamos anteriormente, quando definimos os Mananciais Subterrâneos, optar pela captação de águas subterrâneas pode apresentar algumas vantagens intrínsecas, que são:

- As características da água bruta podem permitir, salvo nos casos de contaminação e outras exceções, uma redução drástica dos custos e necessidades de tratamento, restringindo-a à desinfecção, fluoretação e eventual correção de pH, apenas;
- Na maioria dos casos pode ser inexistente de uma adutora de água bruta, pois a desinfecção pode ser instalada no próprio poço coletor.

Na figura a seguir é possível observar um poço de captação de águas de um aquífero artesiano (ou confinado), sendo possível observar o fato de que os aquíferos confinados estão a uma pressão maior que a pressão atmosférica, provocando o “poço jorrante”. Em aquíferos freáticos a pressão é igual à pressão atmosférica, portanto o efeito “jorrante” não ocorre nos poços de captação em aquíferos freáticos.

FIGURA 30 – ESQUEMA TÍPICO DE AQUÍFEROS E POÇOS DE CAPTAÇÃO



FONTE: Libâneo (2006)

Embora já tenhamos comentado de forma superficial e embora e já tenhamos dado a entender um pouco sobre os dispositivos utilizados para a captação de águas para o abastecimento humano, não fizemos uma abordagem direta sobre as diversas opções disponíveis. Para o gestor ambiental é importante o conhecimento destes dispositivos, portanto, no próximo item iremos descrever exemplos de dispositivos e seus fundamentos.

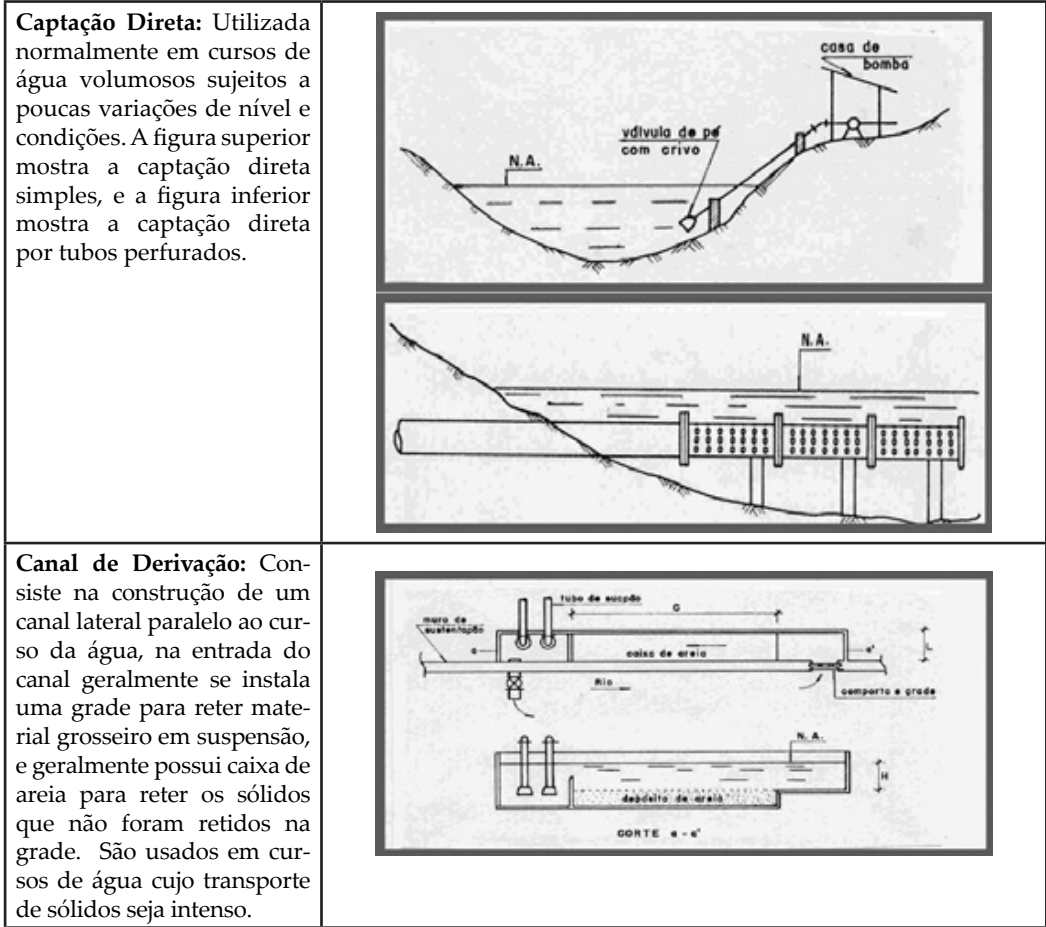
2.1.3.3 Exemplos de dispositivos de captação de água para o abastecimento humano

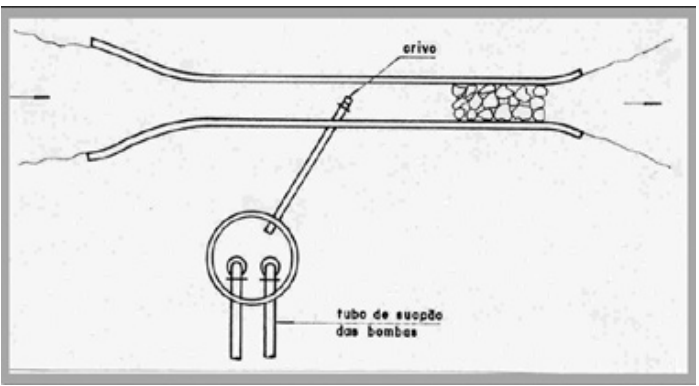
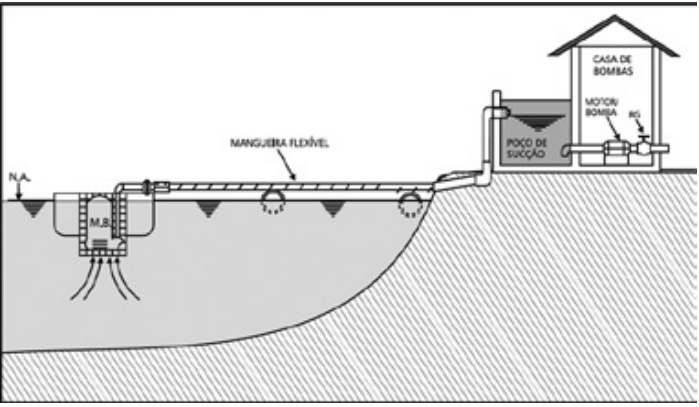
Agora que já conhecemos os critérios e aspectos teóricos que devem ser considerados nos sistemas de captação de água, iremos descrever exemplos dos principais dispositivos utilizados para realizar essa função na prática.

Dispositivos para captação de águas superficiais

Alguns exemplos de dispositivos utilizados para a captação de águas superficiais podem ser apreciados na figura a seguir.

FIGURA 31 – EXEMPLOS DE DISPOSITIVOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

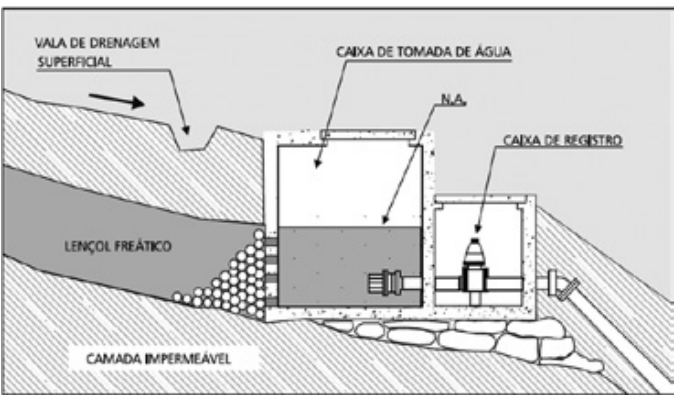


Canal de Regularização: Uniformização de um leito numa determinada extensão do curso d'água mediante um revestimento de alvenaria de pedra, concreto ou cascalho, objetivando elevar o nível d'água. São utilizados em riachos de pequena largura que correm sobre leitos de terra e apresentam um nível reduzido.	
Captação Flutuante: Utiliza mangueiras flexíveis e materiais flutuantes. Método utilizado para captação em represas e lagos, com escoamento tranquilo e sem transporte de sólidos.	

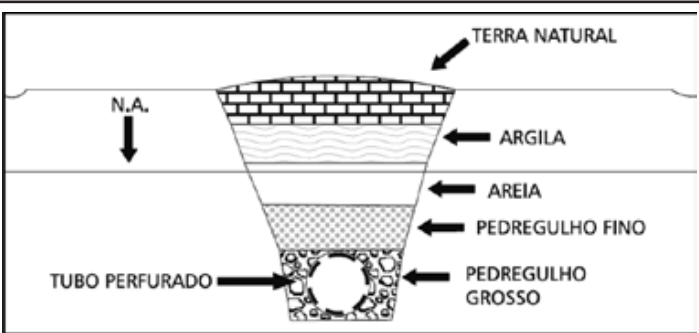
Dispositivos para captação de águas subterrâneas

Alguns exemplos de dispositivos utilizados para a captação de águas subterrâneas podem ser apreciados na figura a seguir.

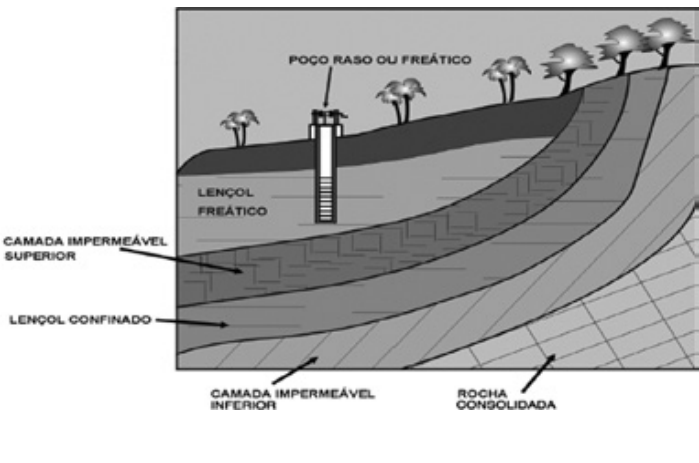
FIGURA 32 – EXEMPLOS DE DISPOSITIVOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Captação de Fonte Aflorante ou Encosta: São poços protegidos que, instalados no local do afloramento, recolhem diretamente a água do lençol. A captação também pode ser indireta de uma canalização simples ou com ramificações. A figura representa a coleta direta.	
---	--

Galerias de Infiltração: Consistem em tubos perfurados revestidos de pedregulho que fazem a drenagem superficial, terminando num coletor central (poço). São usados em fontes emergentes de águas subterrâneas. A figura representa um esquema de um tubo perfurado que faz a drenagem de um sistema de galerias de infiltração.



Poços rasos e profundos: Escavações circulares com diâmetro conveniente com o bombeamento e vazão de consumo necessários e profundidade de acordo ao nível freático. Podem possuir revestimento interno para evitar desmoronamentos e para impedir a entrada de água com características indesejáveis. Poços de lençóis confinados (de alta pressão e muito profundos) geralmente são mais caros e mais sofisticados.



FONTE: Funasa (1999) e Barros et al. (1995)



Os dispositivos apresentados nas figuras anteriores, tanto para águas superficiais como águas subterrâneas, são exemplos convencionais de dispositivos de captação. Várias outras soluções e tecnologias e combinações podem ser aplicadas. Convidamos você a utilizar suas horas de autoestudo para pesquisar outras fontes bibliográficas para se aprofundar no tema. Bons estudos!



Caro(a) acadêmico(a)! Damos por finalizada a etapa de “captação de água” do “sistema de produção de água tratada”. Agora iremos iniciar os estudos sobre sistemas de adução de água.

2.2 SISTEMAS DE ADUÇÃO DE ÁGUA

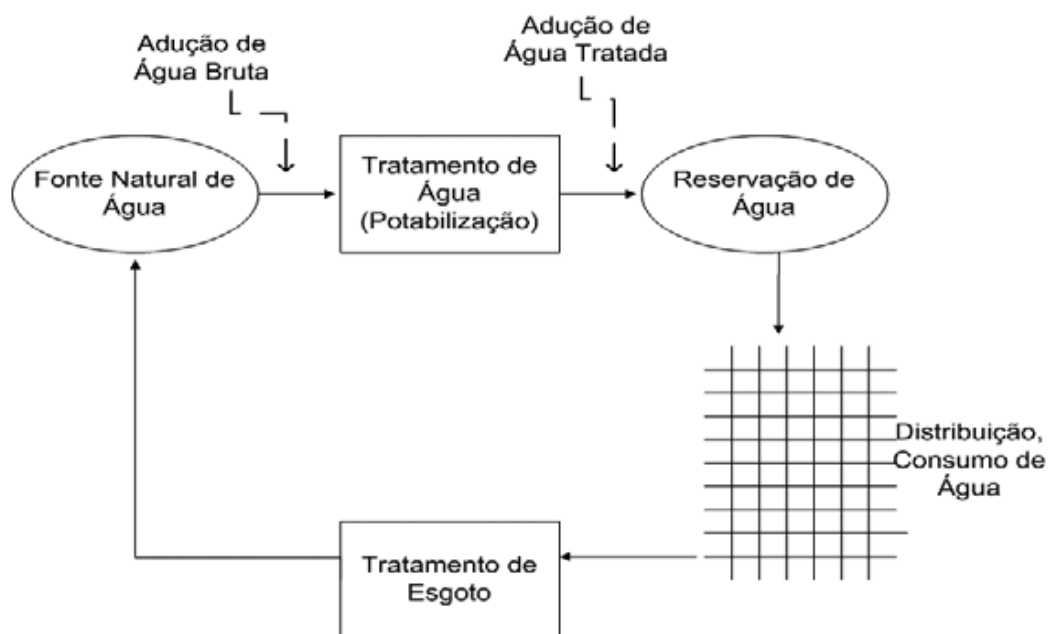
Entre os pontos de captação de água e a estação de tratamento, ou entre a estação de tratamento aos reservatórios de distribuição, a água precisa ser transportada, seja por meio de condutos fechados, ou por meio de canais abertos. Essa etapa do sistema é denominada Adução de Água.

Os sistemas de adução podem ser classificados de acordo com a natureza da água transportada, de acordo com a energia utilizada para o escoamento de água ou de acordo com o regime de escoamento da água. (CAMILO, 2006)

2.2.1 Classificação de acordo com a natureza da água transportada

De acordo com a natureza da água transportada, o sistema de adução pode ser: Sistema Adutor de Água Bruta, que corresponde ao transporte de água do Sistema de Captação até a Estação de Tratamento de Água (ETA), ou Sistema Adutor de Água Tratada, que transporta a água da ETA aos reservatórios do Sistema de Distribuição. A identificação dos sistemas segundo a classificação pode ser apreciada na figura a seguir.

FIGURA 33 – LOCALIZAÇÃO DOS SISTEMAS ADUTORES DE ÁGUA BRUTA E ÁGUA TRATADA NO CICLO DE ABASTECIMENTO E ESGOTO SANITÁRIO DE ÁGUA



FONTE: Philippi (2010)

2.2.2 Classificação de acordo com a energia utilizada

Quando o ponto inicial da adução se encontra numa altitude maior que o ponto final, é possível aproveitar a energia da gravidade para transportar a água pelo sistema adutor, neste caso temos a Adução por Gravidade. Quando é utilizado um sistema elevatório, com bombas e acessórios, se caracteriza um sistema de Adução por Recalque. Também é possível a ocorrência de um sistema de Adução Mista, quando parte do transporte ocorre por gravidade e parte por recalque. Exemplos de aplicações desta classificação podem ser apreciados na figura a seguir.

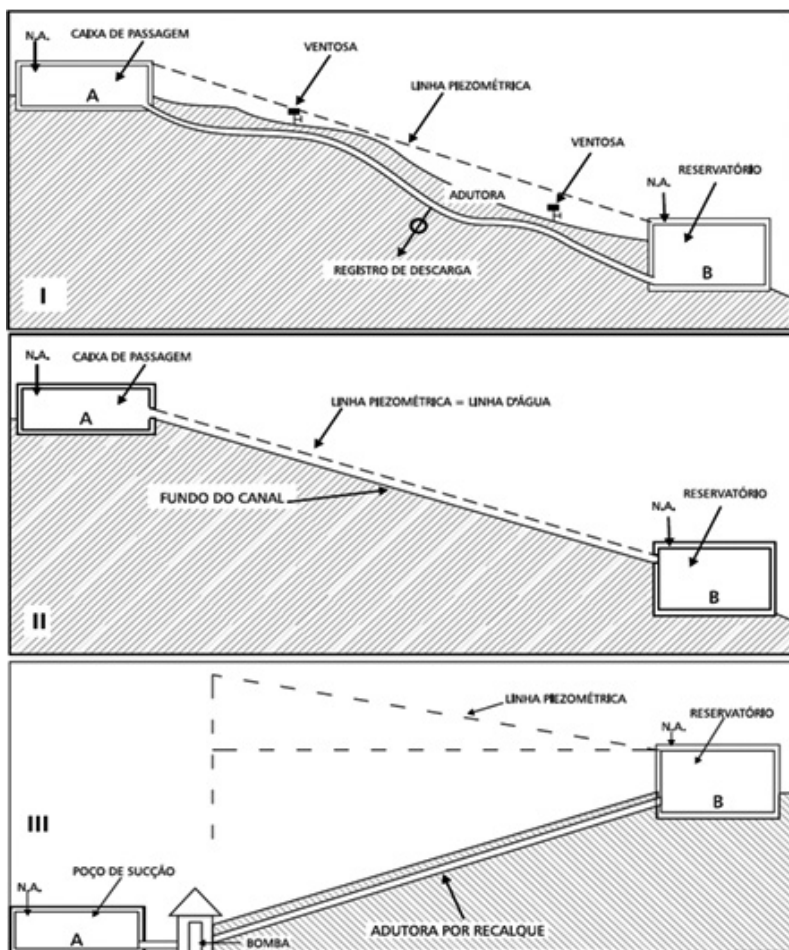
2.2.3 Classificação conforme o regime de escoamento

Adutora em Conduto Livre: nesse sistema a água ocupa apenas parte da seção de escoamento e a superfície se mantém sob pressão atmosférica. Os condutos podem estar abertos ou fechados. Adutora em Conduto Forçado: a água ocupa a plena seção, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Neste caso o escoamento pode dar-se por gravidade ou por recalque. Exemplos podem ser apreciados novamente na figura a seguir.

2.2.4 Considerações adicionais sobre sistemas adutores

Os sistemas adutores podem ser feitos de vários materiais. Esses materiais devem resistir à pressão interna da água, bem como à pressão do vácuo e as cargas externas. Os materiais mais utilizados para adutoras de diâmetros de até 400 mm são ferro fundido, PVC e aço. Para diâmetros maiores são utilizados tubos de aço com paredes de no mínimo 1,4". (PHILLIPI, 2010).

FIGURA 34 – I – ADUÇÃO POR GRAVIDADE. II – ADUÇÃO POR GRAVIDADE EM CONDUTO LIVRE OU CANAL. III – ADUÇÃO POR RECALQUE EM CONDUTO FORÇADO



FONTE: Funasa (1999)

Nos pontos baixos as adutoras possuem válvulas para drenar a água nas manutenções. Já nos pontos altos e nos pontos de mudança de declividade, as adutoras possuem ventosas para eliminação do ar, pois o ar pode reduzir a vazão de água aduzida ou inclusive impedir a passagem de água. (ABNT 1999a)

2.3 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

De todo o Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano, o tratamento da água é provavelmente a etapa mais importante, pois é ela que irá garantir que a água atinja os padrões de potabilidade necessários para o consumo. O objetivo da etapa de tratamento é fazer com que a água que iremos utilizar em nosso dia a dia passe previamente por um processo de depuração e potabilização artificial para eliminar os agentes prejudiciais à saúde humana.

A potabilização é o processo pelo qual a água mais ou menos contaminada se converte em uma água apta para o consumo humano. A água, ao sair da estação potabilizadora, reúne as características organolépticas, físico-químicas e microbiológicas que, reguladas pela legislação vigente, permitem o consumo público, garantindo uma água potável de qualidade. Para atingir os padrões de potabilidade exigidos pela legislação, são utilizados vários processos que dependem da qualidade e quantidade de água a ser tratada e também do uso que se fará dela.

Atualmente existem inúmeras tecnologias disponíveis para o tratamento de água e, conforme Libâneo (2006), as seleções das tecnologias de tratamento a serem empregadas na potabilização de águas brutas naturais são, **em ordem de preferência**:

- a) Características físicas, químicas e biológicas da água bruta: É indubitavelmente o fator mais importante, pois esse critério irá determinar a dificuldade de remoção de contaminantes. As principais características a serem analisadas da água bruta, novamente **em ordem de importância**, são: algas, *E. coli*, cor verdadeira, turbidez, ferro e manganês, alcalinidade e pH, temperatura, condutividade elétrica e compostos orgânicos.
- b) Localização geográfica da comunidade a ser abastecida;
- c) Nível técnico do pessoal de operação e desenvolvimento tecnológico dos serviços de saneamento;
- d) Custos de implantação e operação;
- e) Disponibilidade de área para a construção de unidades de tratamento;
- f) Flexibilidade operacional devido a possíveis variações periódicas das características da água bruta;
- g) Padrões de potabilidade exigidos pela legislação vigente;
- h) Equipamentos e disponibilidade de área para disposição do lodo.

Conforme Camilo (2006), as tecnologias de potabilização de águas naturais devem permitir a consecução de dois fenômenos complementares e indispensáveis: a clarificação e a desinfecção.

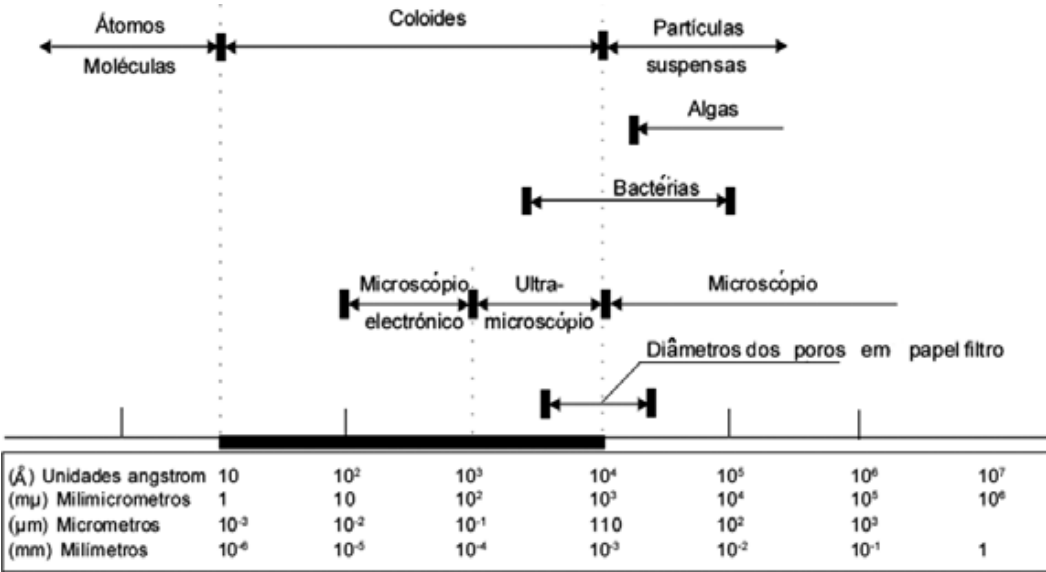
A **clarificação** significa remover os sólidos suspensos, coloidais ou dissolvidos, voláteis ou fixos, sedimentáveis ou não. As partículas maiores, como bactérias, protozoários, algas, matéria orgânica particulada e grãos de areia, geralmente se encontram suspensas no meio líquido em razão, simplesmente, do arrasto e outras forças físicas que provocam a turbulência da água. As partículas de menor tamanho, que são os sólidos coloidais como argilas, os vírus, matéria orgânica finamente particulada, e contaminantes dissolvidos, como sais, podem apresentar interações químicas com a massa líquida da água, encontrando-se ionizados ou solvatados. Esses sólidos geralmente são mais difíceis de serem removidos. Na figura a seguir temos uma tabela que apresenta a distribuição de partículas presentes na água conforme seu tamanho.

A **desinfecção** consiste na eliminação ou inativação de micro-organismos patogênicos da água.



Solvatação é o processo de dissolução de um composto iônico ou polar num solvente polar (como a água, por exemplo) sem formar uma nova substância. As moléculas de soluto são rodeadas por moléculas de solvente. Um exemplo de solvatação é a dissolução de soda cáustica (NaOH) em água.

FIGURA 35 – DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS DE PARTÍCULAS NA ÁGUA



FONTE: Vargas (2004)

Conforme Camilo (2006), além da clarificação e desinfecção, os sistemas de tratamento de água potável devem considerar as seguintes etapas complementares: fluoretação, para a prevenção de cárie dentária, atendendo a uma exigência legal; e controle de corrosão e de incrustações, para aumentar a vida útil das instalações do ciclo de abastecimento de água para consumo humano.

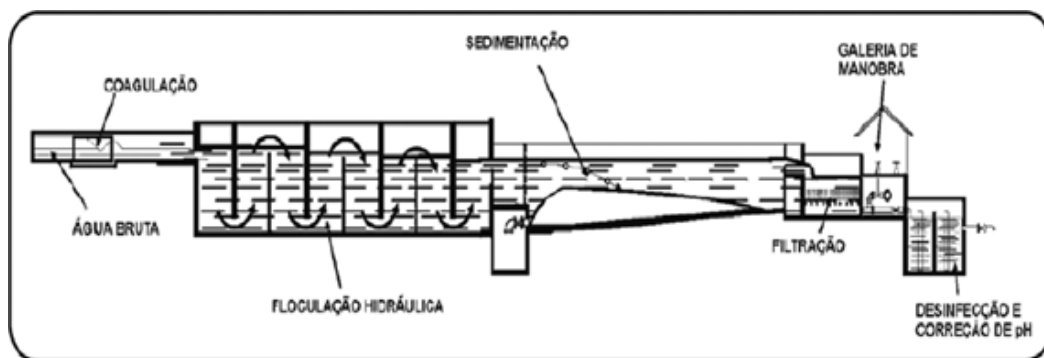
Dando sequência aos nossos estudos, iremos conhecer os fundamentos das principais operações unitárias utilizadas no tratamento de água para consumo humano.



Definição de Operações Unitárias: O Tratamento de Água para consumo humano é um processo químico complexo. Esse processo químico é dividido numa série de etapas individualizadas e sequenciais. Uma Operação Unitária é, portanto, cada uma dessas etapas individuais e sequenciais que compõem o processo de tratamento de água.

Conforme Philippi (2010), o **processo convencional** de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) para consumo humano está composto pelas seguintes operações unitárias: Mistura rápida e coagulação; floculação; decantação; filtração e desinfecção. Um fluxograma de uma ETA com o tratamento convencional pode ser apreciado na figura a seguir.

FIGURA 36 – FLUXOGRAMA DA SEQUÊNCIA DO TRATAMENTO CONVENCIONAL



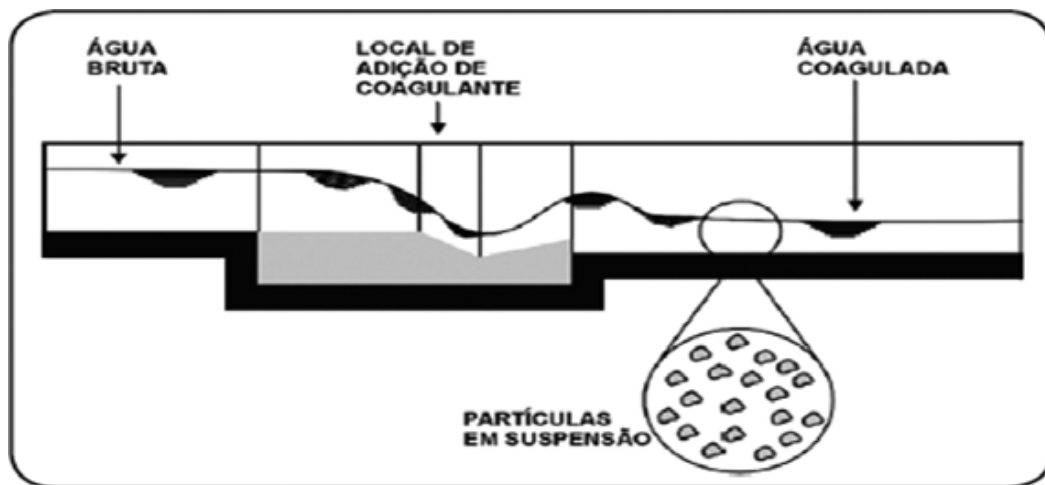
FONTE: Barros et al. (1995)

Na sequência iremos detalhar os principais aspectos de cada uma das operações unitárias que compõem o tratamento convencional.

2.3.1 Tecnologias de tratamento: mistura rápida e coagulação

Consiste na adição de produtos químicos denominados “coagulantes”, em condições de intensa turbulência da água. A função do coagulante é desestabilizar as partículas pequenas que se encontram dissolvidas e/ou solvatadas, fazendo com que, na próxima etapa, estas se unam entre si (aglomeração), formando partículas de maior tamanho, denominadas “flocos”.

FIGURA 37 – MISTURA RÁPIDA E COAGULAÇÃO

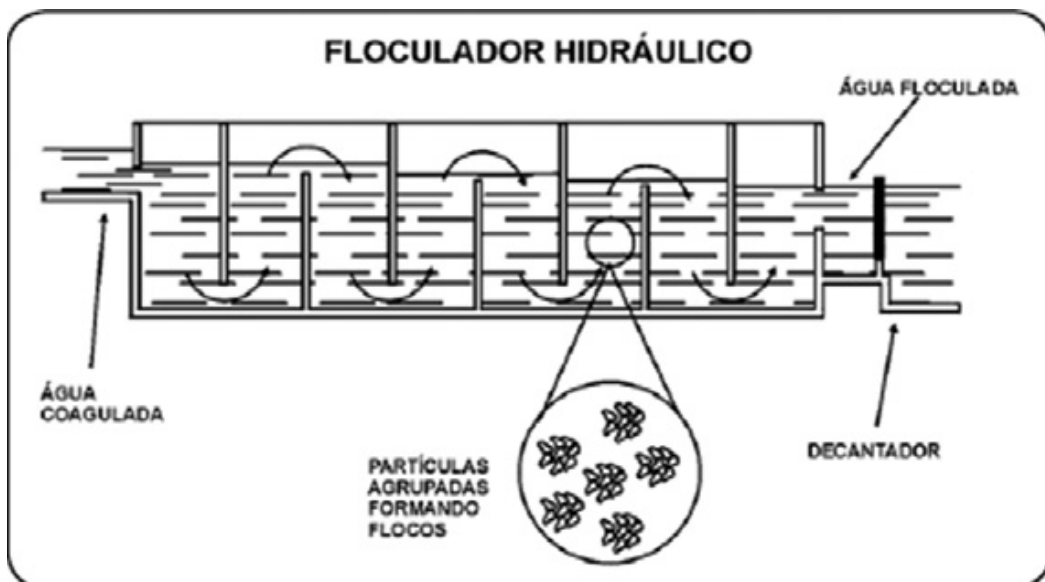


FONTE: Barros et al. (1995)

2.3.2 Tecnologias de tratamento: floculação

Na floculação ocorre a formação dos flocos decorrentes da operação de coagulação. Na floculação se introduz energia na massa líquida através de agitação suave. A agitação suave propicia o contato das partículas desestabilizadas na coagulação, sua aglutinação e, portanto, ganho em tamanho e densidade. A energia deve ser suave para evitar a quebra dos flocos que vão se formando gradualmente.

FIGURA 38 – FLOCULAÇÃO



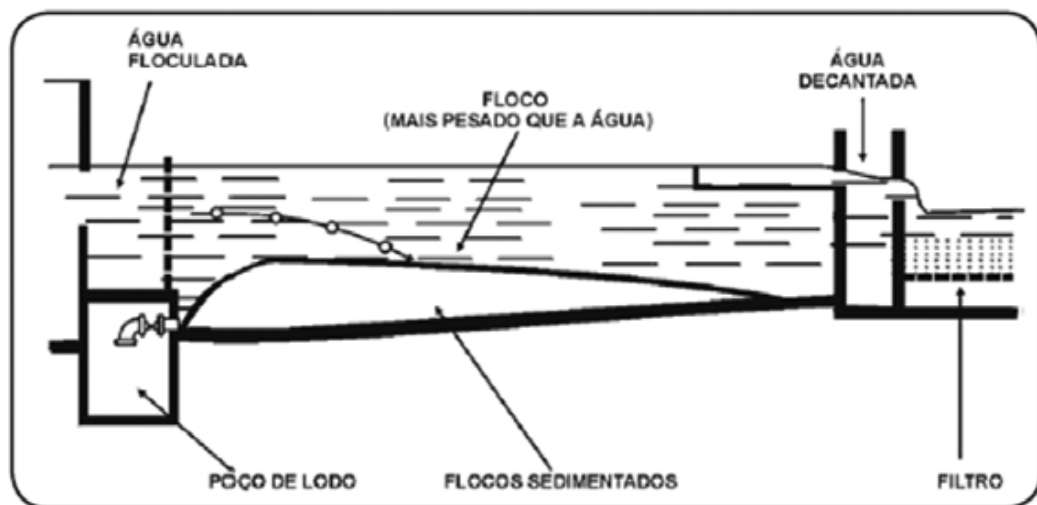
FONTE: Barros et al. (1995)

2.3.3 Tecnologias de tratamento: decantação

Consiste na retenção e remoção dos flocos formados na etapa de floculação. A remoção é feita por sedimentação. Portanto, nessa etapa se evita ao máximo a ocorrência de turbulência na água, pois o repouso total faz com que haja a deposição das partículas de flocos no fundo do decantador.

Os decantadores convencionais são tanques, geralmente de forma retangular ou circular, cujo fundo é, na maioria das vezes, inclinado para um ou mais pontos de descarga de lodo. A saída da água é feita junto à superfície e comumente por calhas dispostas, e pelos bordos superiores a água flui constituindo vertedouros. (FUNASA, 2006)

FIGURA 39 – DECANTAÇÃO

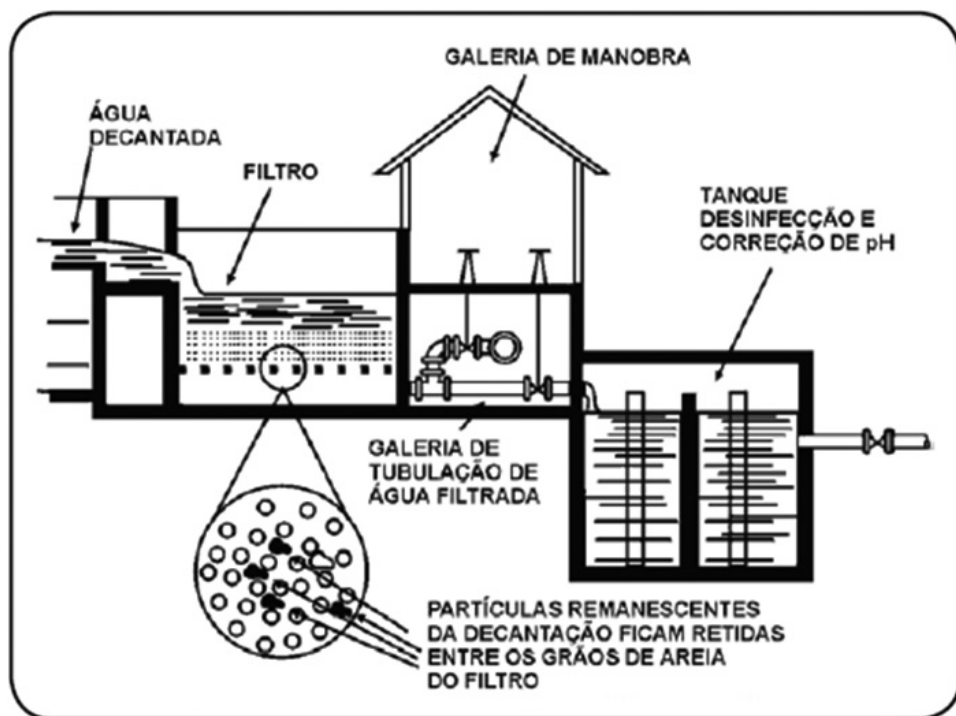


FONTE: Barros et al. (1995)

2.3.4 Tecnologias de tratamento: filtração

A filtração é a operação responsável pela passagem da água por um leito de material granulado, por meio do qual ocorre a remoção de partículas não retidas no decantador. Os filtros podem ser classificados, em função do sentido do fluxo da água, em ascendentes ou descendentes; e também em função da velocidade da filtração, em rápidos ou lentos. A granulometria, ou seja, o tamanho dos grãos de pedras e areias que formam o filtro, irá determinar se a filtração é rápida ou lenta.

FIGURA 40 – FILTRAÇÃO



FONTE: Barros et al. (1995)

• Filtração lenta

Uma solução simples desde o ponto de vista operacional. Na filtração lenta as taxas de filtração oscilam entre 2 a 6 m³/m²/dia. Dependendo da qualidade da água bruta, podem ser dispensadas as etapas anteriores de coagulação/floculação e decantação. A baixa taxa de aplicação permite que na superfície do leito se forme uma camada gelatinosa, constituída de bactérias, algas e plâncton. Essa camada é capaz de exercer uma função bactericida, melhorando a eficácia do tratamento. (CAMILO, 2006)

Um dos principais inconvenientes da filtração lenta, além de depender da qualidade da água bruta, é a necessidade de área, já que, como visto no parágrafo anterior, 1 m² de leito filtrante trata apenas de 2 a 6 m³ de água por dia. Portanto, essa solução costuma ser mais indicada para pequenas comunidades com poucos habitantes.

• Filtração rápida

A filtração rápida também é conhecida como filtração direta. A filtração rápida permite o tratamento de vazões mais elevadas, as taxas oscilam entre 120 e 300 m³/m²/dia. As variações de qualidade da água bruta são mais sensíveis na filtração rápida, portanto esta exige um controle operacional mais rigoroso. (CAMILO, 2006)

O principal inconveniente da filtração rápida é a maior necessidade de controle operacional e capacidade de tratar apenas uma água que já tenha baixa turbidez e já esteja pouco poluída (que já tenha sido coagulada e decantada previamente), entretanto as necessidades de espaço são menores: 1 m² de leito filtrante pode tratar de 120 a 300 m³ de água por dia, sendo uma solução mais indicada para atender grandes cidades.

2.3.5 Tecnologias de tratamento: desinfecção

A função da desinfecção é a destruição, eliminação e/ou inativação dos micro-organismos patogênicos, realizadas por intermédio de agentes físicos e/ou químicos. Mesmo que nas etapas anteriores do tratamento já haja certa redução do número de micro-organismos agregados às partículas coloidais, esse objetivo não é prioritário nas etapas anteriores. A desinfecção é indispensável e prioritária no processo de potabilização de água, principalmente nos casos em que a água bruta estiver contaminada ou para o efluente da estação de tratamento (água tratada) como forma de prevenção de eventuais contaminações posteriores ao tratamento no sistema de distribuição.

Os micro-organismos, segundo Camilo (2006), em ordem crescente de resistência à desinfecção, são: bactérias, vírus, protozoários e helmintos, estes últimos são praticamente imunes à desinfecção.

As principais formas de desinfecção aplicadas na água são:

- a) **Processos Químicos:** Mediante a exposição da água à ação de diversos produtos durante um intervalo de tempo suficiente, em concentração adequada e em condições controladas, objetivando desativar os micro-organismos, geralmente mediante processos de oxidação.



As reações de oxidação e redução são reações químicas onde ocorre a transferência de elétrons entre as espécies químicas. Numa reação de oxidação ocorre a perda de elétrons. No caso da desinfecção da água, o agente desinfetante (oxidante) faz com que os constituintes celulares dos micro-organismos percam elétrons (se oxidem), provocando a morte celular.

Camilo (2006) sugere como principais produtos oxidantes:

- **Halogêneos:** Todos os halogêneos possuem propriedades desinfetantes. Se destacam o cloro, o iodo e o bromo, sendo que o poder de oxidação decresce

com o peso molecular, porém as propriedades germicidas e de penetração aumentam com o peso atômico;

- **Iodo:** É pouco solúvel em água, pode ser utilizado como I_2 , como íon (I^-) ou como I_3 associado à molécula orgânica. Geralmente é utilizado na desinfecção domiciliar;
- **Bromo:** Apresenta-se menos eficaz como bactericida e é afetado pela presença de matéria orgânica, portanto a água precisa de alta eficácia no pré-tratamento, para a correta eliminação da matéria orgânica;
- **Ozônio (O_3):** Um agente oxidante poderoso, pouco solúvel em água, portanto exige uma cuidadosa etapa de mistura. A dosagem necessária para desativação de micro-organismos depende muito do teor de matéria orgânica. Segundo Camilo (2006), para desinfetar águas coaguladas e filtradas se recomenda de 0,125 mg de O_3 a 0,750 mg de O_3 por litro de água. É eficiente na remoção de cistos de protozoários, possui menor risco de formação de subprodutos tóxicos, não provoca odor nem sabor e apresenta coliformes totais inferiores ao uso de cloro;
- **Prata:** O uso da prata como desinfetante de águas para consumo humano ocorre mediante o processo *katadyn*, que se baseia na ação oligodinâmica da prata, pois o íon Ag^+ destrói bactérias em concentrações acima de 15 mg/L. A prata é posta em contato com a água mediante areia e materiais cerâmicos. Sua ação é lenta e não é afetada pela presença de matéria orgânica ou amônia;
- **Cal:** É um desinfetante quando o pH é bastante elevado (acima de 10). Ao adicionar cal em quantidades que estabelecem a alcalinidade (pH maior que 7), se verifica a ação bactericida. A cal também pode ser aplicada para a eliminação de dureza da água. Nestes casos, dependendo das propriedades de água bruta, pode inclusive dispensar-se a desinfecção superior.



Os halogêneos são os elementos do grupo VIIA da Tabela Periódica: Cloro, Bromo, Iodo e Astatina; esses elementos precisam de apenas um elétron para atingir a estabilidade equivalente à dos gases nobres, por isso são excelentes agentes oxidantes. O processo "katadyn" consiste em utilizar um eletrodo metálico de prata e, mediante a formação de um ciclo de corrente elétrica, pequenas quantidades de íons de prata são liberadas do eletrodo, incorporando-se ao meio aquático.

b) Processos Físicos: Consistem na aplicação direta de energia sob a forma de calor ou luz. Como exemplos temos:

- **Fervura da água:** A fervura da água é um destes processos e este constitui o mais antigo processo de desinfecção de que se tem notícia, e segundo Camilo (2006), a fervura da água assegura a total inativação dos micro-organismos após um tempo de ebulição de um minuto. Tal prática é uma alternativa segura para sua aplicação no consumo doméstico quando há dúvida sobre a potabilidade da água ou em situações de emergência. Entretanto, Camilo (2006) afirma que tal alternativa é praticamente restrita ao consumo doméstico, pois utilizar esta prática em grande escala, para atender uma cidade ou comunidade, é inviável economicamente. Segundo Philippi (2010), a água, quando fervida, passa a ter um sabor desagradável devido à perda do ar dissolvido. Para retomar o sabor, a água deve ser novamente aerada antes de ser consumida.
- **Radiação ultravioleta:** Segundo Philippi (2010), o processo consiste em fazer incidir sobre uma película de água a energia eletromagnética emitida pela luz ultravioleta, pois as radiações de ondas curtas têm o poder de destruir micro-organismos. O inconveniente do processo é que ele exige que a água esteja livre de partículas, de matéria orgânica e inclusive de matéria inorgânica, como o ferro. Outro inconveniente apontado por Camilo (2006) é que o processo não garante a desinfecção residual necessária para as etapas posteriores de reservação, distribuição e consumo. Entretanto, Camilo (2006) afirma que esse método de desinfecção não confere sabor à água e nem dá origem a subprodutos. Ao contrário da fervura, a radiação ultravioleta é, sim, aplicada à escala industrial.

2.3.5.1 Desinfecção com compostos de cloro

A forma de desinfecção de água potável mais utilizada no Brasil é a aplicação de compostos de cloro. Devido a este fato, iremos tratar com mais detalhes esse método de desinfecção.

Os compostos de cloro, ao penetrarem as células dos micro-organismos, ocasionam reações químicas no sistema enzimático, comprometendo a sua atividade metabólica. (PHILIPPI, 2010). Além da ação desinfetante, a Funasa (2006) indica que os compostos de cloro também podem ser usados no tratamento de águas para consumo humano para outros fins:

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

Devido a essas propriedades complementares dos compostos de cloro, a aplicação destes compostos pode ocorrer em distintas etapas ao longo do processo de tratamento. Nesse sentido, Netto (1987) classifica o uso de compostos de cloro de acordo com a etapa do tratamento convencional no qual este é aplicado, da seguinte maneira:

- Pré-cloração: Injetado antes da desinfecção ou na mistura de água com o coagulante ou na etapa de floculação. O objetivo é aumentar a eficácia da coagulação; impedir a decomposição da matéria orgânica do lodo nos decantadores; controlar algas e micro-organismos; oxidar compostos que produzem odor, sabor e cor e aumentar a eficácia da filtração.
- Pós-cloração: Injetado no processo de filtração e/ou após a filtração. O objetivo é garantir uma desinfecção residual de cloro para impedir contaminações na rede de distribuição.
- Recloração: Injeção de cloro ao longo do sistema de distribuição para assegurar a desinfecção residual. Tal processo é utilizado quando a rede de distribuição é longa e complexa.

Os produtos de cloro mais utilizados e suas principais características estão representados no quadro a seguir.

QUADRO 12 – COMPOSTOS DE CLORO MAIS UTILIZADOS PARA DESINFECÇÃO DE ÁGUA

Principais Compostos e Produtos de Cloro Usados para a Desinfecção de Água						
Nome do composto	Fórmula Química	Proporção Molecular de Cloro Disponível (%)	Características	Embalagem	Prazo de Validade	Nome Comercial
Hipoclorito de Sódio	NaOCl	10 a 15	Solução aquosa, alcalina, de cor amarela, límpida e de odor característico	Recipientes opacos de materiais compatíveis com o produto. Volumes variados	Um mês, decompõe-se pela luz e calor, deve ser estocado em locais frios e ao abrigo da luz	Hipoclorito de Sódio
Hipoclorito de Cálcio	Ca(OCl) ₂	>65	Coloração branca, pode ser em pó ou granulado	Recipientes plásticos ou tambores metálicos com revestimento	6 meses	Hipoclorito de Cálcio
Cloro	Cl ₂	100	Gás liquefeito sob pressão de coloração verde amarelado, e de odor irritante	Cilindros verticais de aço de 68 kg ou horizontais de 940 kg	-	Cloro gasoso
Cal Clorada	CaOCl	35 a 37	Pó branco	Embalagens de 1 a 50 kg. Sacos de polipropileno. Manter em local seco e ao abrigo da luz	Pouco estável. Perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês	Cloreto de Cal
Água Sanitária	Solução aquosa à base de hipoclorito de sódio ou de cálcio	2 a 2,5 durante o prazo de validade	Solução de coloração amarelada	Embalagem de 1 litro, plástico opaco	Segundo rótulo do produto	Água Sanitária ou Água de Lavadeira

FONTE: Funasa (2006)

2.3.5.2 Desinfecção com compostos de cloro: subprodutos de desinfecção e seus inconvenientes

Os compostos de cloro, tão utilizados como desinfetante de água no Brasil, além de inativar os micro-organismos patogênicos, também possuem a capacidade de reagir com a matéria orgânica presente na água. Quando o tratamento anterior à etapa de desinfecção por compostos de cloro for ineficiente ou inexistente, ocasionando a não eliminação ou eliminação incompleta da matéria orgânica, os compostos de cloro podem reagir com a matéria orgânica da água formando compostos denominados **trihalometanos (THM)**.

Os trihalometanos são compostos derivados do metano (CH₄), nos quais três átomos de hidrogênio foram substituídos por átomos de halogênio: cloro, bromo e/ou iodo.

A importância desse fenômeno é que os trihalometanos formados, como, por exemplo, o triclorometano (CHCl₃), principal THM formado em sistemas de abastecimento de água, são considerados compostos cancerígenos. (SOUZA, 2008)

Souza (2008, p. 7) acrescenta as seguintes informações a respeito dos efeitos cancerígenos dos THM em sistemas de abastecimento de água:

[...] Diversos outros estudos epidemiológicos desenvolvidos associaram a cloração ou níveis elevados de THMs na água potável com riscos crescentes de câncer da bexiga, estômago, reto, intestino grosso, esôfago, seios, pulmões. Esses estudos despertaram o interesse da opinião pública e dos cientistas, principalmente na Europa e Estados Unidos, levando a EPA - *Environmental Protection Agency* a estabelecer um padrão de 0,1 mg/l de THMs na água potável distribuída pelos sistemas públicos de abastecimento [...].

No quadro a seguir podemos apreciar os limites de concentrações máximos permitidos (somatório de todas as espécies possíveis de THM) em águas de abastecimento de alguns países.

QUADRO 13 – CONCENTRAÇÃO MÁXIMA PERMISSÍVEL DE TRIHALOMETANOS EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DE ALGUNS PAÍSES

País	Concentração máxima de THM (µg/l)
Alemanha	25
Brasil	100
Canadá	100
França	10
Holanda	75

FONTE: Macêdo (1997)

O controle da formação de trihalometanos de forma corretiva, depois de que estes são formados, segundo a Sanepar (2012), consiste na intensificação da etapa de filtração, principalmente mediante a utilização de carvão ativado granular, sendo esta considerada uma das melhores técnicas para a remoção de substâncias orgânicas como os THM da água.

Devido às crescentes restrições do uso de compostos de cloro, Camilo (2006) aponta a substituição da desinfecção da água por compostos de cloro por outras tecnologias, como: amônia, ozônio, radiações ultravioleta, peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, entre outros, como medida preventiva da geração de THM em águas de abastecimento.

Entretanto, caro(a) acadêmico(a), não devemos esquecer que cada uma das alternativas de desinfecção existentes pode também apresentar seus respectivos efeitos nocivos. Por exemplo, já se sabe que o ozônio e o dióxido de cloro também podem apresentar efeitos nocivos à saúde a longo prazo. Convidamos você a pesquisar mais sobre o assunto e descobrir quais são esses efeitos. Mãos à obra!

2.3.6 Tecnologias de tratamento: fluoretação, controle de corrosão e incrustações

A fluoretação e o controle de corrosão e incrustações são as etapas complementares no tratamento da água.

A aplicação do flúor na água tratada está prevista na legislação brasileira e tem o objetivo de prevenção da cárie dentária. Segundo Philippi (2010), a fluoretação da água potável no Brasil se iniciou em 1956 em Marília, São Paulo. O mesmo autor indica que o valor máximo de íon fluoreto deve ser de 1,5 mg/L, sendo que concentrações acima desse valor causam fluorose (manchas escuras nos dentes) e baixas concentrações não previnem o aparecimento de cáries nos dentes. A aplicação é realizada por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio, o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico. (CAMILO, 2006)

O controle de corrosão e incrustações é fundamental para prolongar a vida das instalações e otimizar os custos de manutenção do sistema de produção e abastecimento de água. Geralmente esse controle é feito mediante a correção do pH. A maioria das ETAs inclui como processo final a correção de pH, pois no tratamento da água o pH tende a baixar, ficando muito ácido e consequentemente corrosivo. A correção de pH usualmente é realizada por meio da adição de cal. (CAMILO, 2006)

2.4 RESERVAÇÃO DE ÁGUA TRATADA

Conforme Philippi (2010), para atender às finalidades requeridas pelo sistema de abastecimento de água potável, a capacidade de reservação deve ser

igual ou maior que 33,33% do volume consumido no dia de maior consumo.

Os sistemas de reservação de água possuem as seguintes finalidades:

- atender às variações de consumo durante o dia;
- dar continuidade no sistema de abastecimento em caso de interrupções da produção de água;
- manter pressões adequadas na rede de distribuição;
- reserva estratégica para combate a incêndios.

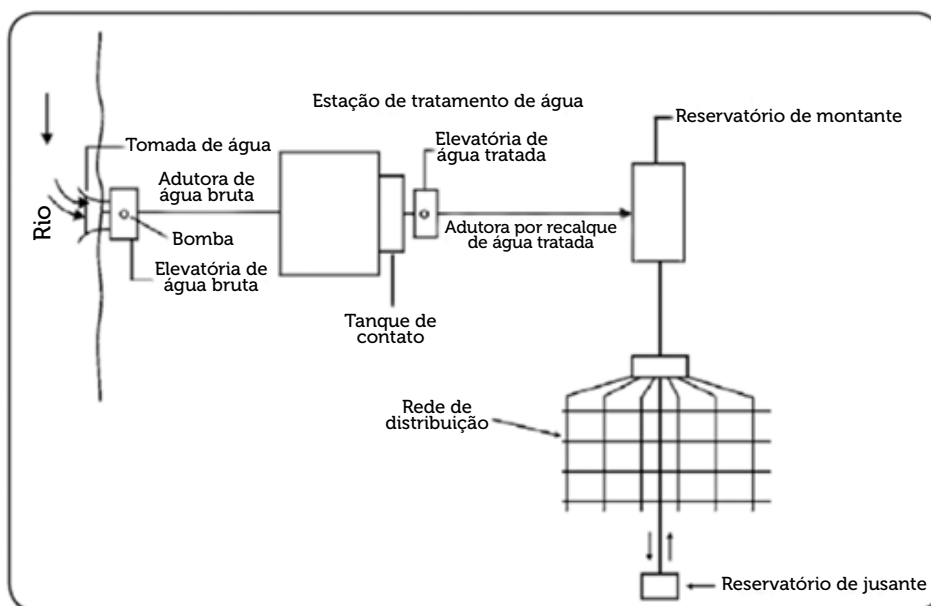
De acordo com a Funasa (2006), os reservatórios podem ser classificados, de acordo com sua localização e forma construtiva, em:

- reservatório de montante: Situado no início da rede de distribuição, fornecendo água para a rede;
- reservatório de jusante: Situado no extremo ou em pontos estratégicos da rede, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição;
- reservatórios Elevados: Construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão devido às condições topográficas da comunidade atendida;
- reservatórios Apoiados, Enterrados ou Semienterrados: Aqueles cujo fundo está em contato com o terreno.

Na figura a seguir está representada a integração dos reservatórios de jusante e montante no sistema de produção e abastecimento de água tratada.

Os materiais comumente utilizados para construir os reservatórios de água são: concreto armado; aço; fibra de vidro; alvenaria e argamassa armada. (PHILIPPI, 2010)

FIGURA 40 – RESERVATÓRIOS DE JUSANTE E MONTANTE



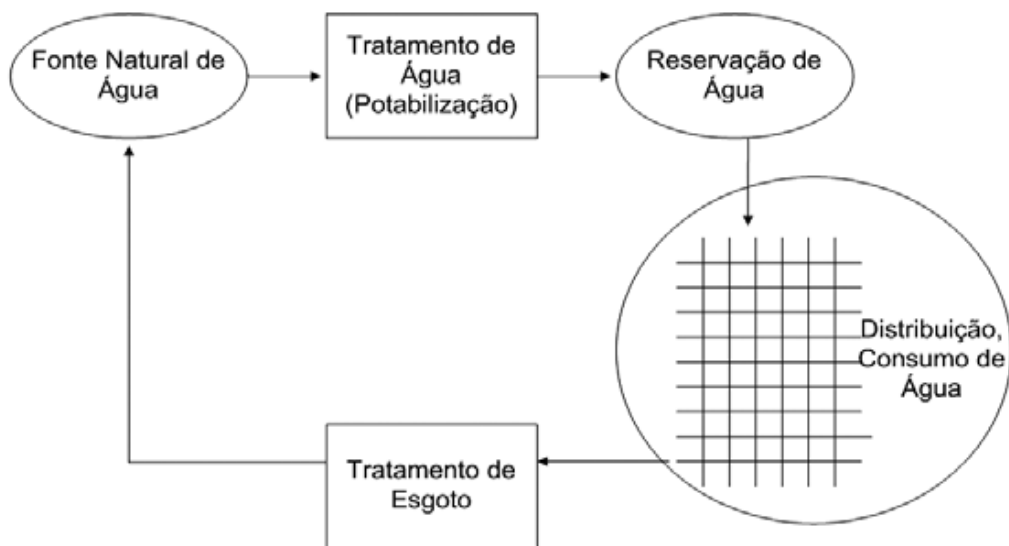
FONTE: Funasa (2006)

Os reservatórios são considerados pontos de alta susceptibilidade de contaminação no sistema de distribuição de água. Para evitar a contaminação da água tratada nesses pontos fracos é necessário, além da desinfecção residual aplicada no tratamento, que os reservatórios estejam protegidos com estrutura adequada. Os reservatórios devem prever: tubos de ventilação; impermeabilização; cobertura; sistema de drenagem; abertura para limpeza; registro de descarga; ladrão e indicador de nível. Limpezas rotineiras devem ser realizadas. (FUNASA, 2006)

3 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A rede de distribuição é formada por um conjunto de tubulações, conexões, válvulas e outros acessórios instalados nas vias públicas de uma cidade ou comunidade, que objetiva fornecer água potável de forma contínua, em quantidade e pressões recomendadas para todos os usuários atendidos pelo sistema de abastecimento. Na figura a seguir apresentamos a abrangência da etapa de distribuição de água no Ciclo de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário.

FIGURA 41 – LIMITE DA ETAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA NO CICLO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO SANITÁRIO



FONTE: Philippi (2010)

Na rede de distribuição são dois os principais tipos de condutos que podem ser classificados:

- **Condutos Principais, Tronco ou Mestres:** Canalizações de maior diâmetro, responsáveis pela alimentação dos condutos secundários, utilizados para o abastecimento de extensas áreas da cidade;

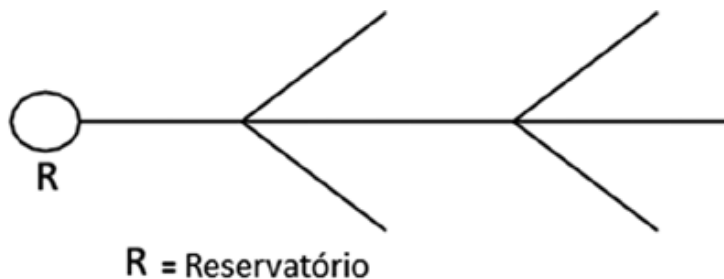
- **Condutos Secundários:** Canalizações de menor diâmetro, responsáveis pelo abastecimento dos pontos de consumo. A alimentação desses pontos depende diretamente dos condutos principais e a área abastecida é restrita às suas vizinhanças.

Conforme a disposição dos condutos principais, as redes de distribuição podem ser ramificadas ou malhadas.

3.1 REDES RAMIFICADAS

Nas redes ramificadas os condutos são dispostos a partir de um conduto principal central. As redes ramificadas são subdivididas em duas alternativas: uma que se assemelha a uma **espinha de peixe**, representada pela figura a seguir. Esse esquema é típico de cidades de menor porte, que apresentam um desenvolvimento linear.

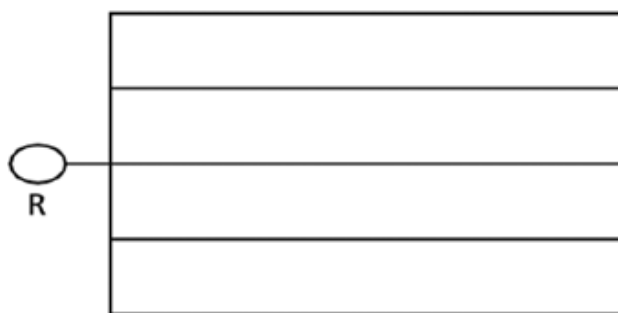
FIGURA 42 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO RAMIFICADA TIPO “ESPINHA DE PEIXE”



FONTE: Camilo (2006)

A segunda alternativa de traçado apresenta os condutos principais distribuídos paralelamente entre si e são ligados em suas extremidades a outros condutos principais, formando uma rede do tipo **grelha**, que está representado na figura a seguir. Nesse esquema, também aplicado para pequenas demandas, os diâmetros das tubulações decrescem na direção do fluxo.

FIGURA 43 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO RAMIFICADA TIPO GRELHA



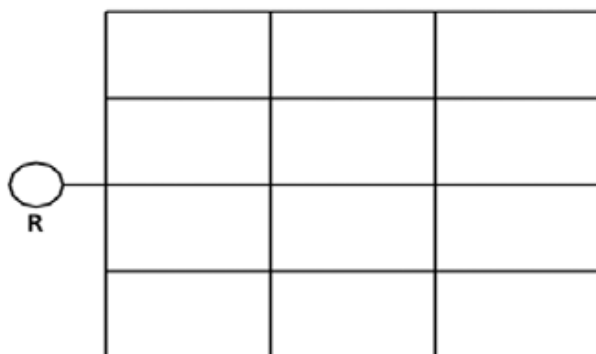
FONTE: Camilo (2006)

Os principais inconvenientes das redes de distribuição ramificadas é que elas requerem uma paralisação da quase totalidade do abastecimento nas ocasiões de eventuais manutenções dos condutos principais, e secundariamente há uma significativa redução das concentrações de cloro residual nas extremidades da rede.

3.2 REDES MALHADAS

Nas redes malhadas os condutos formam circuitos que têm a disposição de anéis ou malhas. Essa disposição é muito mais empregada que a de redes ramificadas. As redes malhadas estão representadas na figura a seguir. A forma de circuitos das redes malhadas permite que uma possível interrupção não necessariamente paralise setores à jusante, já que o escoamento pode ocorrer por sentidos distintos aos condutos principais. (CAMILO, 2006)

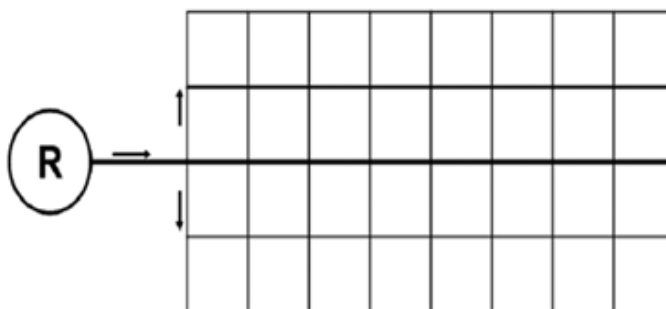
FIGURA 44 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO MALHADA



FONTE: Camilo (2006)

A Funasa (2006) subdivide as redes malhadas em duas subcategorias: redes com e sem anel. Nas redes malhadas sem anel partem tubulações secundárias a partir da tubulação principal que se intercomunicam, evitando extremidades mortas. As redes malhadas sem anel estão representadas pela figura a seguir.

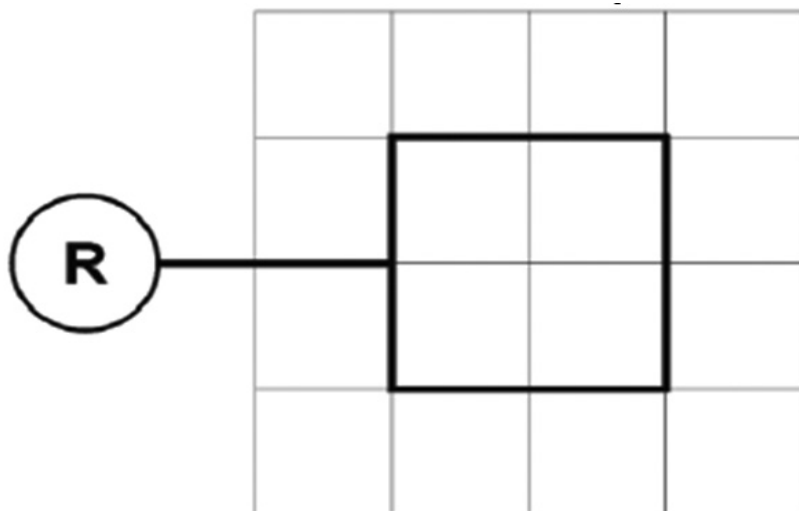
FIGURA 45 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO MALHADA SEM ANEL



FONTE: Funasa (2006)

A rede malhada com anel apresenta um conjunto de tubulações mais grossas, denominadas anéis, que circundam uma determinada área da rede. As redes com anéis permitem a alimentação de um mesmo ponto por diversas vias, reduzindo as perdas de carga (FUNASA, 2006). A rede malhada com anel está representada na figura a seguir.

FIGURA 46 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO MALHADA COM ANEL



FONTE: Funasa (2006)

Na prática, principalmente em grandes cidades, o traçado das redes de distribuição consiste em mesclas dos tipos de redes aqui apresentadas. Geralmente, em regiões centrais ou mais adensadas, predominam as redes malhadas, já nas regiões periféricas ou em expansão são acrescentadas redes ramificadas às primeiras. (CAMILO, 2006)

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

O projeto da rede de distribuição deve prever a instalação de registros de manobra, registros de descarga, ventosas, hidrantes e válvulas redutoras de pressão para que seja possível executar os trabalhos de manutenção da rede. (CAMILO, 2006)

Conforme Funasa (2006), os materiais comumente aplicados na construção de tubulações e conexões são: PVC linha soldável; PVC linha PBA e Vinilfer (DEFOVO); Ferro fundido dúctil revestido internamente com argamassa de cimento e areia; aço; polietileno de alta densidade (PEAD) e fibra de vidro.



Para a implantação adequada de um sistema, o gestor deve estar familiarizado com as vantagens e inconvenientes de cada material, portanto recomendamos como atividade de autoestudo a pesquisa sobre as propriedades destes materiais, diagnosticando vantagens e inconvenientes de suas aplicações em redes de distribuição de água potável. Bons estudos!

As redes devem ser executadas em valas convenientemente preparadas. A rede de água deve ficar sempre num nível superior à da rede de esgoto, para evitar, em casos de possíveis rupturas e vazamentos em tubulações, que a água potável seja contaminada por esgoto e posteriormente consumida. (PHILIPPI, 2010)

A rede de distribuição deve operar sob pressão, evitando-se ao máximo a possibilidade de ocorrência de pressão negativa (vácuo) ao longo da rede, pois as pressões negativas podem acarretar a sucção de despejos, contaminando a água potável. Geralmente tais contaminações ocorrem em pontos extremos, próximos à rede coletora de esgotos. Mesmo em sistemas sob pressão, pressões negativas podem ocorrer pela descontinuidade da pressão decorrente do fechamento de válvulas para manutenção ou pelo subdimensionamento de tubulações, acarretando em elevação da perda de carga da rede. (CAMILO, 2006)



Quando uma tubulação está subdimensionada, significa que ela possui um diâmetro menor do que o diâmetro que ela deveria ter segundo as necessidades demandadas pela rede. Uma tubulação com um diâmetro menor provoca mais perda de carga (perda de pressão da água no interior da tubulação) que as tubulações de diâmetros maiores. Essa perda de carga maior provoca que o bombeamento de água seja realizado numa pressão menor do que a que realmente deveria, ocasionando zonas de pressão negativa na rede de distribuição.

Os vazamentos das redes de distribuição são o principal fator responsável pelas perdas de água em todo o sistema de produção e abastecimento de água potável. Além das perdas de água potável, os vazamentos também facilitam a entrada de água contaminada no interior da tubulação. Em cidades a água contaminada geralmente é proveniente dos vazamentos em galerias de esgotos, águas pluviais e infiltrações da superfície. (CAMILO, 2006)

Com o passar do tempo pode ocorrer a redução da capacidade de escoamento das canalizações. As principais causas dessa redução são:

- Corrosão interna de canalizações metálicas: Devido à presença de ferro em solução que provoca depósitos internos denominados tubérculos. A natureza do tubo, grau de impurezas e características do revestimento interno, pH da água, temperatura, oxigênio dissolvido, gás carbônico e concentrações de sais dissolvidos são parâmetros que podem aumentar a ocorrência da corrosão.
- Incrustações: Frequentes em instalações de água quente, são águas de elevada dureza, ricas em sais de cálcio e magnésio, ferro, alumínio, que podem ser bastante incrustantes. Esses sais podem ser provenientes da água bruta ou devido aos produtos químicos empregados no tratamento. Entretanto, algumas vezes uma camada de incrustação pode ser desejada, formando uma camada que protege a tubulação contra a corrosão.

3.4 FORMAÇÕES DE BIOFILMES

Encerrando os nossos estudos sobre o Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano, iremos comentar brevemente sobre a formação de biofilmes nas redes de distribuição.

Conforme Camilo (2006), ocorre a presença de micro-organismos em sistemas de água tratada, aparentemente isenta de micro-organismos. Com isso se formam comunidades de micro-organismos aderidos às paredes das tubulações no interior dos condutos, formando os denominados **biofilmes**. Acredita-se que isso ocorre devido à sobrevivência dos micro-organismos ao tratamento da água e sua posterior readaptação às condições ambientais no interior dos condutos.

O fluxo de água tratada ainda carrega uma fração de nutrientes essenciais à sobrevivência dos micro-organismos do biofilme. O biofilme pode desenvolver: bactérias, fungos, protozoários, actinomicetos e outros pequenos invertebrados. Tais micro-organismos podem conferir sabor, odor, problemas de saúde e estéticos da água distribuída. Bactérias do grupo coliforme, ao penetrarem acidentalmente na rede de distribuição, podem se desenvolver no interior dos biofilmes, mesmo quando a água apresentar concentração elevada de cloro residual.

As propriedades físico-químicas da interface água-conduto, temperatura da água, aspereza da superfície, velocidade do escoamento, os efeitos dos desinfetantes, zonas de estancamento na rede são fatores importantes que ajudam a minimizar a formação dos biofilmes.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você viu que:

- O sistema de abastecimento de água é um processo que faz parte do ciclo do abastecimento de água e esgotamento sanitário.
- A produção de água tratada se inicia com o processo de captação de água bruta nos mananciais. Os mananciais disponíveis podem ser superficiais (rios, lagos etc.) ou subterrâneos (lençóis freáticos e aquíferos confinados). Vários dispositivos podem ser implantados para executar essa captação: canais de derivação, captação direta, poços profundos etc.
- Sistemas adutores de água são instalados nos pontos de captação de água e a estação de tratamento, ou entre a estação de tratamento e os reservatórios de distribuição a água precisa ser transportada, seja por meio de condutos fechados, ou por meio de canais abertos. A adução pode ocorrer por gravidade, se a geografia da localidade permitir, ou por recalque.
- Após a captação de adução da água bruta a água deve ser tratada até atingir os padrões de potabilidade seguros para a saúde humana. Uma estação convencional de tratamento de água (ETA) é constituída pelas seguintes operações unitárias: mistura rápida e coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. De forma complementar também se realizam etapas de fluoretação para o controle de cáries, e o controle de corrosão e incrustações para preservar a vida útil das instalações.
- A desinfecção é a destruição, eliminação e/ou inativação dos micro-organismos patogênicos, realizadas por intermédio de agentes físicos e/ou químicos. No Brasil os produtos desinfetantes mais utilizados são os produtos de cloro.
- Quando o tratamento anterior à desinfecção por compostos de cloro for ineficiente ou inexistente, ocasionando a eliminação incompleta da matéria orgânica, os compostos de cloro podem reagir com a matéria orgânica da água, formando compostos denominados trihalometanos (THM). Os THM são considerados produtos cancerígenos. Alguns métodos de controle de THM disponíveis são: intensificação da filtração utilizando carvão ativado no meio filtrante ou a substituição do método de desinfecção utilizado.
- Após o tratamento e desinfecção da água, a água tratada passa pela etapa de reservação. Os sistemas de reservação de água possuem como finalidades: atender às variações de consumo durante o dia; dar continuidade no sistema de abastecimento em caso de interrupções da produção de água; manter pressões adequadas na rede de distribuição; reserva estratégica para combate a incêndios.

- Após a reservação a água chega à rede de distribuição. A distribuição é formada por condutos principais e condutos secundários. De acordo com a forma da distribuição, existem redes malhadas e redes ramificadas, sendo que, na prática, soluções mistas são aplicadas.
- Os biofilmes são comunidades de micro-organismos aderidos às paredes das tubulações no interior dos condutos por onde circula a água já tratada e aparentemente isenta de micro-organismos. Acredita-se que isso ocorre devido à sobrevivência dos micro-organismos ao tratamento da água e sua posterior readaptação às condições ambientais no interior dos condutos. Os biofilmes podem conferir sabor, odor, problemas de saúde e estéticos da água distribuída.



- 1 Como funciona a produção de água de sua cidade? Pesquise o local em que você mora, converse com parentes, vizinhos, amigos e identifique:
 - a) A captação é de um manancial único ou a água é captada de mais de um manancial? Esse(s) manancial(ais) é(são) subterrâneo(s) ou superficial(ais)?
 - b) Existe adução de água coletada? Ela é por gravidade ou bombeada?
 - c) Existe um tratamento convencional completo da água bruta? Se não existe, quais são as operações básicas aplicadas? Por que não é aplicado um tratamento convencional?
 - d) Como é feita a desinfecção? São aplicados compostos de cloro? Cloro gasoso?
 - e) Como é a rede de distribuição de sua cidade? É malhada, ramificada ou mista?
 - f) Com as respostas obtidas nas letras de “a” a “e”, elabore um desenho esquemático do sistema de produção e abastecimento de água potável de sua cidade.
- 2 Explique com suas próprias palavras uma forma preventiva e uma forma corretiva de controle de trihalometanos em águas desinfetadas por compostos de cloro.

CASO PRÁTICO: DETERMINAÇÃO DE VAZÕES DE PROJETO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

1 INTRODUÇÃO

Caro(a) acadêmico(a)! Este breve tópico tem como objetivo apresentar os primeiros passos necessários para elaborar projetos de novos sistemas de abastecimento de água. O tópico irá tratar sobre a metodologia aplicada para determinar corretamente as vazões de projeto necessárias para dimensionar as diversas unidades de um Sistema de Abastecimento de Água.

Neste tópico iremos determinar de forma prática as vazões de um sistema de abastecimento de água para atender, por 20 anos, uma cidade hipotética de 100 mil habitantes que cresce 5% ao ano.

As vazões de projeto são as vazões que todo o sistema de abastecimento de água deve suportar ao longo de sua vida útil. A correta determinação das vazões de projeto constitui os dados de partida para o dimensionamento do diâmetro de tubulações, potências de bombas, perda de carga, dimensionamento da ETA, reservatórios, sistema de distribuição, entre outros, e seus respectivos acessórios.

2 ESTUDO DE CONDIÇÕES PRÉVIAS E DEFINIÇÕES

A equipe de profissionais responsáveis pela elaboração do projeto deve realizar uma série de estudos prévios, como: diagnóstico de condições sociais e econômicas, atividades industriais, mananciais, condições pluviométricas, análises físico-químicas, geografia da comunidade que será atendida, análise de registros históricos etc.

O resultado desta série de estudos irá determinar as necessidades reais da comunidade, proporcionando a informação que irá constituir a base de cálculo de todo o dimensionamento do sistema de abastecimento.

Outra finalidade do estudo de condições prévias é a seleção entre as diversas configurações possíveis para o sistema de abastecimento, por exemplo: Nossa cidade terá uma captação direta ou um canal de derivação? O nosso manancial é superficial ou subterrâneo ou um misto de ambos? Será necessário um tratamento

convencional completo ou apenas filtração seguida de desinfecção é suficiente? Há necessidade de recalque ou é possível que a adução seja totalmente por gravidade, economizando custos de bombeamento? Todas essas perguntas devem ser respondidas com o diagnóstico elaborado no estudo de condições prévias.

2.1 VARIAÇÕES DE CONSUMO

O consumo de água varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, dos hábitos da população, entre outros fatores determinados nos estudos prévios. Garcez (1976) verifica a necessidade de se estabelecer coeficientes que traduzam essas variações de consumo para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema público de abastecimento de água, onde se definem os seguintes coeficientes:

- a) Coeficiente do dia de maior consumo (**k1**): É a relação entre o valor de consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo ao mesmo ano;
- b) Coeficiente da hora de maior consumo (**k2**): É a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo.

2.2 PADRÕES DE CONSUMO DA CIDADE HIPOTÉTICA

Os estudos de condições prévias de nossa cidade hipotética concluíram que a cidade possui as seguintes características iniciais:

- a) Uma relação de consumo, conforme a quadro a seguir, é a que será utilizada nos cálculos de vazões necessárias nesse projeto.

QUADRO 14 – PORCENTAGEM ESTIMADA DE CONSUMO PELO ABASTECIMENTO DA REDE

Consumo Industrial	50%
Consumo doméstico	40%
Consumo comercial	6%
Consumo público	4%

FONTE: Os autores

- b) O consumo per capita mais apropriado para o nível de projeto é de 200 litros por habitante por dia.
- c) Coeficientes $k1 = 1,25$ e $k2 = 1,50$.

2.3 DEFINIÇÕES DAS VAZÕES NECESSÁRIAS

Diante dos conceitos até agora definidos, verifica-se que para dimensionar as diversas unidades do sistema de abastecimento de água é necessário definir as vazões. As vazões ficam assim definidas (NETTO, 2003):

- a) Vazão média (**Q**): É a vazão média anual, que para os nossos estudos será expressa em unidades l/s. A equação que permite determiná-la é:

$$Q = \frac{P \times q}{86400} \quad (1)$$

Onde:

P = População considerada no projeto

q = Taxa de consumo per capita = 200 l/hab./dia



Ao multiplicar P por q teremos a vazão média em litros por dia, o número 86400 da Equação (1) corresponde ao número de segundos que possui um dia e sua função na equação é transformar a vazão média nas unidades desejadas, l/s.

- b) Vazão no dia de maior consumo (**Q1**): É a vazão prevista para o dia de maior consumo durante um ano expresso em unidades l/s. A equação que permite determiná-la é:

$$Q1 = k1 \times Q \quad (2)$$

- c) Vazão no dia de maior consumo e na hora de maior demanda (**Q2**): É a vazão prevista para a hora de maior demanda de água no dia de maior consumo durante um ano, expresso em unidades l/s. A equação que permite determiná-la é:

$$Q2 = k2 \times Q1 \quad (3)$$

- d) Vazão Específica (**Qesp**): É a soma dos consumos das indústrias, comércios e do consumo público.

$$Qesp = Qind + Qcom + Qpub \quad (4)$$

3 CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO

Para conhecer as vazões de projeto devemos estabelecer o **Alcance do Projeto**. O alcance do projeto é a determinação dos limites do mesmo. Em nosso caso, o alcance do projeto é determinado através do horizonte do sistema, 20 anos. A população inicial é de 100 mil habitantes. Ao considerarmos um crescimento populacional de 5% ao ano, essa população após 20 anos será de 265.330 habitantes.



Recomendamos que durante todo o estudo desse cálculo você esteja acompanhado de materiais necessários para ir elaborando os cálculos e comprovando os resultados você mesmo. Mãos à obra!

3.1 VAZÕES NECESSÁRIAS

As vazões necessárias para estabelecer as vazões de projeto são:

a) Vazão média que terá que suportar todo o sistema de abastecimento(Q):

$$Q = \frac{P \times q}{86400} = \frac{265.330 \times 200}{86400} = 614,19 \text{ l/s}$$

b) Vazão no dia de maior consumo (Q1):

$$Q1 = k1 \times \frac{P \times q}{86400} = 1,25 \times \frac{265.330 \times 200}{86400} = 767,73 \text{ l/s}$$

c) Vazão na hora de maior consumo (Q2):

$$Q2 = k2 \times k1 \times \frac{P \times q}{86400} = 1,50 \times 1,25 \times \frac{265.330 \times 200}{86400} = 1.151,60 \text{ l/s}$$

d) Vazão Específica (Qesp):

Tomando como base a informação obtida nos estudos prévios, do quadro anterior, temos:

$$Q_{ind} = \frac{50\%}{40\%} \times Q = 1,25 \times Q \quad (5)$$

$$Q_{com} = \frac{6\%}{40\%} \times Q = 0,12 \times Q \quad (6)$$

$$Q_{pub} = \frac{4\%}{40\%} \times Q = 0,10 \times Q \quad (7)$$

Portanto, ao substituir esses resultados na equação (4) temos:

$$Q_{esp} = 1,25Q + 0,12Q + 0,10Q = 1,47 \times Q \quad (8)$$

Agora, em posse de todos os nossos dados, podemos determinar:

$$Q_{esp} = 1,47 \times Q = 1,47 \times 614,19 = 902,86 \text{ l/s}$$

3.2 VAZÕES DE PROJETO

Agora temos todos os dados necessários para obter a vazão do projeto, porém não podemos esquecer que a vazão que passará pelas adutoras não será a mesma em todo o percurso. De fato, é conveniente dividir nosso sistema em três trechos:

- Trecho A: É o trecho que vai desde a captação de água até a estação de tratamento (ETA). Chamaremos essa vazão de projeto de QA. A ETA deve possuir uma margem de segurança, ou seja, ela deve ser capaz de tratar mais água que a demanda real para garantir a não interrupção do serviço. Os estudos prévios de nosso projeto indicam que para a cidade que estamos projetando essa margem deve ser de 5% da vazão específica (Qesp). A vazão de projeto do trecho A tem como base o dia de maior consumo (k1).
- Trecho B: Vai da ETA até o reservatório de distribuição, essa será chamada de QB. A vazão de projeto do trecho B tem como base o dia de maior consumo (k1).
- Trecho C: Vai do reservatório de distribuição até a rede de distribuição, essa vazão é a QC. A vazão de projeto do trecho C tem como base a hora de maior consumo (k2) do dia de maior consumo (k1).



De todo o sistema de abastecimento de água, o setor de distribuição é o único diretamente afetado pelos hábitos de consumo de água da população, portanto o setor de distribuição deve ser capaz de fornecer água à população de forma contínua, mesmo nos momentos onde há maior consumo, por isso as vazões da distribuição dependem tanto do dia de maior consumo do ano (k_1) como da hora de maior consumo nesse dia (k_2). Os demais setores do sistema de abastecimento possuem tanques reservatórios que absorvem as oscilações horárias, por isso dependem somente do dia de maior consumo (k_1).

Assim temos:

- Trecho A:

$$Q_A = Q_1 + Q_{esp} \times \text{Margem de Segurança (5\%)} \quad (9)$$

$$Q_A = 1,25 \times \frac{265.330 \times 200}{86400} + 902,86 \times 1,05 = 1.715,73 \text{ l/s}$$

- Trecho B:

$$Q_B = Q_1 + Q_{esp} \quad (10)$$

$$Q_B = 1,25 \times \frac{265.330 \times 200}{86400} + 902,86 = 1.670,60 \text{ l/s}$$

- Trecho C:

$$Q_C = Q_2 + Q_{esp} \quad (11)$$

$$Q_C = 1,50 \times 1,25 \times \frac{265.330 \times 200}{86400} + 902,86 = 2.054,47 \text{ l/s}$$

Nesse ponto já possuímos as nossas vazões de projeto, Q_A , Q_B e Q_C , e com isso somos capazes de dimensionar nosso sistema de abastecimento de água, ou seja, com essas vazões determinaremos os diâmetros de recalque, diâmetro de sucção, tipo e potências de bombas, volumes dos tanques de tratamento de água, diâmetros das tubulações de distribuição, reservatórios etc.

LEITURA COMPLEMENTAR**ÁGUA E SOCIEDADE**

Dalvino Troccoli Franca
Antônio Cardoso Neto

“Eu sustento que a única finalidade da ciência é aliviar a canseira da existência humana. E se os cientistas, intimidados pela prepotência dos poderosos, acham que basta amontoar saber, por simples amor ao saber, a ciência pode se transformar em um aleijão e as vossas máquinas serão novas aflições e nada mais” (BERTOLT BRECHT).

Esforço humano

No dia 15 de outubro de 1997, a nave europeia Cassini deixava a Terra rumo a Saturno. Após uma viagem solitária de mais de sete anos e cruzar o imenso vazio que separa os dois mundos, a sonda Huygens separou-se da nave-mãe e dirigiu-se a Titã, a mais misteriosa lua do gigantesco planeta. Em meados de janeiro deste ano, numa síntese emblemática de dez mil anos do esforço humano, o primeiro artefato construído pela nossa civilização pousou na superfície de Titã.

A primeira missão da sonda foi analisar a composição da atmosfera. A segunda missão foi verificar a existência de água. Seguiram-se centenas de experimentos, mas os dois primeiros são os que, decididamente, justificaram os 3,500 bilhões de dólares investidos. Mais que buscar satisfazer a curiosidade sobre a possibilidade de existência de vida em outros planetas, a Missão Cassini tem o objetivo pragmático de encontrar um oásis em que as caravanas do futuro possam descansar e se reabastecer a caminho das estrelas.

Embora um tanto visionário, esse exemplo ilustra bem que onde quer que estejamos, para onde quer que nos desloquemos, temos de contar com o nosso ar e a nossa água, e se não existirem, temos que carregá-los conosco.

Dentre os traços mais antigos da civilização, destacam-se os dos sumérios, povo que se estabeleceu na Mesopotâmia. Durante milhares de anos, a região foi seguidamente ocupada por acádios, babilônios, caldeus, assírios, persas, hititas, arameus, gregos, romanos e árabes. Todos atraídos pelas águas do Tigre e do Eufrates. A antiga civilização da Índia desenvolveu-se ao longo do Ganges e do Indo, assim como a riquíssima cultura egípcia surgiu e floresceu nas margens do Nilo e o Império Romano nasceu nas beiras do Tibre.

A implantação de comunidades nas margens dos rios foi aumentando com o decorrer do tempo, pois, além da imposição da satisfação das necessidades humanas básicas, o crescimento da importância da navegação também exigia cada vez mais o acesso aos cursos d'água. Surgiram Paris no Sena, Londres no Tâmisa, Lisboa no Tejo. Ao longo do Danúbio surgiram Viena, Bratislava, Budapeste, Belgrado e Bucareste; Varsóvia e Cracóvia nasceram ao lado do

Vístula. Após o descobrimento da América, continuaram a surgir cidades que acabaram se transformando em enormes megalópoles, todas margeando os rios. No Rio Hudson nasceu Nova Iorque, na foz do Paraná foi fundada Buenos Aires, São Paulo estabeleceu-se ao lado do Tietê. Só para citar algumas grandes cidades do nosso país, lembremo-nos de Recife na foz do Capiberibe e de Porto Alegre às margens do Guaíba.

Rivalidade

Tal é a disputa pela posse dos rios, que o vocábulo latino *rivalis*, ou seja, regato, riacho, gerou o termo rivalidade. Não é à toa que em “o lobo e o cordeiro”, talvez a mais popular de todas as fábulas de Esopo, o álibi usado pelo lobo para atacar o indefeso cordeiro é o fato de que o cordeiro, ou mesmo algum ancestral dele, havia sujado o riacho que o lobo usava para saciar a sede.

É rara, na história da humanidade, a ocorrência de conflitos entre dois povos pelo monopólio de uso do cume das serras e das montanhas. Já as guerras pela posse de algum corpo hídrico no fundo dos vales são incontáveis. Geralmente, dois povos acabavam concordando em se estabelecerem cada um em uma margem de um determinado rio, não sem antes terem se digladiado mortalmente durante décadas. Assim é que muitas fronteiras são delimitadas por rios, o que faz com que um mesmo corpo d’água esteja sujeito a legislações diferentes, deixando evidente a necessidade da presença de organismos suficientemente poderosos para mediar os conflitos decorrentes da multiplicidade de interesses na utilização desse recurso.

Estado e gestão

O Estado é o único organismo com massa crítica suficiente para dar início a processos de gestão nas proporções exigidas pelas dimensões dos recursos hídricos. Uma vez implantados os processos de gestão, é também a única instituição com recursos e poderes suficientes para dar continuidade a esses processos, que envolvem não só a administração físico-financeira como também a fiscalização, a punição de infrações e o desenvolvimento de tecnologias inerentes à complexidade dos usos da água.

Numa determinada ocasião, o grande estadista indiano Jawaharlal Nehru, um dos pilares do chamado **Movimento dos Países Não Alinhados**, disse que, não obstante a opressão do colonialismo inglês, poderia citar algumas realizações do Império Britânico que, em certo sentido, possibilitaram a formação do Estado indiano moderno: a língua do colonizador, como fator de unificação; as ferrovias e o telégrafo, como fatores de comunicação e, finalmente, a estrutura burocrática de gestão do Estado, que permitiu a manutenção e o desenvolvimento da Índia contemporânea. Embora a partir de meados do século passado o termo burocracia tenha passado a designar, de maneira altamente pejorativa, toda estrutura morosa, ineficiente e inoperante na solução de questões as mais variadas, é obrigação do organismo público realizar a gestão de suas atribuições e atividades por meio de uma burocracia legal, impessoal, ética, transparente e eficiente. Como os conceitos de Estado e burocracia são indissociáveis, a regulação do uso dos recursos hídricos deve ser feita por meio da melhor burocracia possível.

Água doce no mundo

Estima-se que o volume total da água disponível em todo o planeta seja de aproximadamente um quintilhão e quatrocentos quatrilhões de metros cúbicos, o que, a primeira vista, parece-nos um número “próximo” do infinito, ou, em outras palavras, um volume inesgotável. No entanto, 97% desse volume gigantesco encontram-se nos mares, nos oceanos e nos lagos salgados. **O Planeta Água** não é doce. A água salgada pode ser usada pela sociedade, mas os custos envolvidos no processo de dessalinização em grande escala tornam seu uso inviável, a não ser em casos extremos, como acontece no Coveite, que, por não possuir rios nem reservatórios de água subterrânea, dessaliniza água do Golfo Pérsico para seu consumo interno. Mesmo assim, essa água é usada quase que exclusivamente para os usos mais elementares.

Assim, somente 3% da água disponível na Terra não é salgada, sendo que três quartos dessa água doce ficam nas geleiras e nas calotas polares. Também em situações limites, poder-se-ia pensar em rebocar geleiras das regiões polares ou derreter gelo das montanhas, mas as despesas seriam ainda maiores que as necessárias para a construção e a manutenção de usinas de dessalinização da água do mar. Quanto à água doce restante, avalia-se que mais de 96% dela ficam nos reservatórios subterrâneos. O volume remanescente é o que se move anualmente na superfície dos continentes e das ilhas. Há, portanto, cerca de 420 trilhões de metros cúbicos nos rios, lagos e pântanos do mundo. Tendo em vista que somos pouco mais de seis bilhões de indivíduos sobre a Terra, cada um de nós teria, teoricamente, direito a setenta mil metros cúbicos de água por ano. Acontece que a distribuição demográfica não é condizente com a distribuição hídrica e, ademais, os recursos financeiros, que, em última instância, são fatores determinantes na obtenção da água, possuem uma distribuição ainda mais desigual.

Água e segurança alimentar

A maior parte do consumo de água se deve à agricultura irrigada. Calcula-se que a agricultura consome mais de 70% da água doce disponível no planeta. Ao irrigar as lavouras, há uma transposição da água de uma bacia hidrográfica para uma outra bacia situada no subsolo. Essa água não desaparece, mas pode permanecer “enterrada” durante décadas ou até mesmo séculos sem retornar à superfície. A água que não infiltra no solo escorre até os rios, podendo carregar até eles altas cargas de agrotóxico. Situação similar acontece com a água usada para fins domésticos e industriais, que, muitas vezes, é devolvida à natureza em condições tão impróprias a ponto de envenenar os rios e até dizimar as criaturas que deles dependem. Pode-se dizer que, a longo prazo, uma das espécies ameaçadas pela deterioração dos corpos d’água é o ser humano. Essa é outra evidência da necessidade de que somente organismos suficientemente grandes e organizados como os Estados nacionais podem se encarregar de administrar o uso da água no mundo.

Segundo um estudo realizado por diversas agências da ONU e coordenado pela Unesco, quase 14% da humanidade padecem de desnutrição e, a cada dia que passa, morrem 25 mil pessoas de fome. O relatório “Água para as pessoas, água para a vida”, produzido a partir do estudo, alerta para a impossibilidade

de se cumprir a meta mundial de erradicar a fome até 2015, devido à falta de água para a produção de alimentos. A produção de um quilograma de grãos consome um metro cúbico de água. A água é, portanto, parte do alimento. O documento também diz que o maior empecilho no combate ao colapso hídrico é a falta de vontade política. Há países no mundo que têm de escolher entre a produção de alimentos e a distribuição de água para as suas populações, como ocorre em algumas regiões do subcontinente indiano, do Oriente Médio e do norte da África. Mais de 70% da humanidade vivem nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, sendo que apenas 40% destes possuem alguma forma de saneamento básico.

O aumento populacional verificado no decorrer do século passado e o conseqüente acréscimo da demanda por alimentos, aliados à crescente acessibilidade às técnicas modernas de irrigação, terminaram por ocasionar a sextuplicação do consumo de água no mundo. Isso fez com que a oferta hídrica para usos elementares como dessedentação, preparo de alimentos e higiene doméstica fosse severamente reduzida.

Embora apenas um quinto da superfície plantada na Terra seja irrigada artificialmente, essa superfície responde por quase metade da produção agrícola mundial. Portanto, pode-se concluir que, mesmo para manter o mesmo quadro de miséria de parte significativa da população mundial, se não fosse a irrigação, seria necessário plantar em uma superfície com quase o dobro da superfície que hoje é coberta por plantações. Acontece que grande parte da superfície dos continentes e das ilhas do mundo é composta de terrenos impróprios para a agricultura, o que faz com que a existência da irrigação seja irreversível. Pode-se argumentar contra a escolha de um método específico de irrigação, mas não contra a irrigação em si. Há métodos de irrigação mais racionais que outros, mas, geralmente, a escolha por este ou aquele método não se baseia no interesse coletivo. Eis aí um outro problema que exige planejamento e gestão adequados por parte do Estado.

O avanço tecnológico da mecanização agrícola, da engenharia genética e das técnicas de irrigação verificado nos últimos sessenta anos nos permite afirmar, com certa segurança, que, no final do século XXI, bastará uma pessoa trabalhando no campo para produzir o alimento necessário à sobrevivência de uma comunidade de cinco mil pessoas. Haverá tecnologia para isso; o que poderá não haver é água. No caso do Brasil, a fronteira agrícola se expande rapidamente e já surgem casos de escassez em algumas regiões que até então dispunham de água em quantidade abundante.

Desde o início da revolução industrial, as cidades vêm se dilatando, as indústrias vêm se multiplicando, a agricultura vem fazendo uso cada vez maior da irrigação e os rios vêm sendo muito maltratados. Como consequência, os rios passam a carregar doenças e a pestilência de suas águas aumenta ainda mais o infortúnio das pessoas. Só muito recentemente é que os poderes públicos de algumas nações perceberam a importância em investir na despoluição das águas.

A manutenção da boa qualidade dos mananciais é uma tarefa gigantesca, que só o Estado, dotado de ferramentas eficazes, pode levar a cabo. A melhoria da qualidade das águas será uma das principais missões do poder público no século XXI. Essa será uma tarefa árdua e longa, cuja eficiência reside muito na ampla divulgação dos diagnósticos e das alternativas de solução, por meio de um grande e sistemático programa de educação ambiental e da participação de vastas camadas da população. Para tanto, é necessário reforçar as instituições democráticas e a participação popular, pois somente com a garantia da participação coletiva em um projeto no qual cada cidadão se reconheça nas ações a serem desenvolvidas e executadas o Estado virá a se tornar o verdadeiro centro de decisão no combate às enfermidades de veiculação hídrica, à desigualdade social e à destruição da natureza.

Surgimento de um pensamento coletivo

O Brasil é o país que possui mais água no mundo. Calcula-se que entre doze e dezoito por cento da água que corre na superfície da Terra esteja no Brasil, o que comumente induz as pessoas a pensarem que não é necessário planejar seu uso. A realidade, porém, é muito diferente, pois a maioria da água superficial do Brasil se encontra na Amazônia, região com baixíssima densidade populacional, ao passo que a maior parte da zona mais árida do País se situa no Nordeste, região densamente povoada. Além disso, a má qualidade da água dos rios, decorrente do uso inescrupuloso dos recursos hídricos, faz com que a água de muitos rios, riachos e lagos não seja aproveitável sem um tratamento prévio adequado, o que exige planejamento e gestão.

Os dados disponíveis dão conta de que apenas um em cada vinte brasileiros vive na região sobre a qual correm quatro quintos da água superficial de que o Brasil dispõe. Os outros dezenove, portanto, têm de se contentar com apenas um quinto da água superficial do Brasil. A disponibilidade hídrica da maioria dos brasileiros é menor que a da Noruega, do Canadá, do Chile, da Nova Zelândia e da Guiné Papua, por exemplo. Em se tratando da nação hidraulicamente mais rica do mundo, podemos considerar escandalosa a distribuição de água, assim como ocorre com a distribuição de renda entre seus cidadãos. É pertinente, portanto, equipar a máquina burocrática do poder público com instrumentos eficientes no trato da gestão dos recursos hídricos.

O maior reservatório de água subterrânea do mundo é o Aquífero Núbio, que abrange o sudeste da Líbia, o nordeste do Chade, o norte do Sudão e grande parte do Egito. De acordo com dados da Unesco, o Aquífero Núbio contém um volume estimado em 540 trilhões de metros cúbicos de água doce. No entanto, trata-se de água fóssil, ou seja, água que se infiltrou numa era geológica muito remota sob condições climáticas e morfológicas diferentes das atuais e que está armazenada, desde então, numa situação similar ao que ocorre com as reservas de petróleo. Isso conduz a certa parcimônia quanto ao uso desse imenso reservatório de água, pois a recarga natural por meio de infiltração da chuva é insignificante. O mesmo não ocorre com o Aquífero Guarani, que compartilhamos com os outros três países do Mercosul, pois, embora o volume da água armazenada

nesse aquífero seja menor que o existente no Aquífero Núbio, há, no Aquífero Guarani, uma recarga que, de acordo com diversos estudos, garantiria um consumo anual permanente de 40 bilhões de metros cúbicos, o que corresponde aproximadamente à vazão ecológica na foz do Rio São Francisco. Porém, para que esse manancial formidável não seja colocado em risco, é urgente que sejam localizadas suas zonas de recarga, com a finalidade de identificar e pôr fim às fontes poluidoras. Essa também é uma tarefa que não poderá ser levada a cabo sem uma enorme participação da sociedade com o Estado.

Transcendência da visão tradicional

Uma característica dos problemas relacionados a recursos hídricos é a sua intrincada inter-relação com todos os segmentos da sociedade e todos os setores produtivos. É evidente que a complexidade dos problemas exige que os enfoques tradicionais devem ser superados e acoplados a abordagens interdisciplinares, com o intuito de identificar conjuntos de soluções que sejam factíveis. Sob esse enfoque, é indispensável que transcendamos a visão mecanicista de que a água não é mais que um fluido sujeito apenas às leis da física, é imperioso que encaremos a água como algo além de uma mera substância química, é forçoso que à água seja dado um valor maior que o econômico, pois além de ser tudo isso, ela também é condição indispensável à vida, inerente à biologia e à cultura, inseparável da civilização e da História.

Além disso, tais abordagens devem ser acompanhadas de uma ampla revisão das políticas públicas, pois, como já foi mencionado antes, a falta de vontade política é o maior obstáculo à busca do manejo mais adequado e da conservação mais racional dos recursos hídricos. Como a pesquisa científica desempenha um papel de extrema importância na identificação dos problemas e no desenvolvimento de ferramentas tanto conceituais como empíricas a serem usadas, o poder público deve estimular as pesquisas que estabeleçam diálogos com os diversos setores da sociedade que podem vir a participar da solução. Para que possam ser implantadas tais políticas, é primordial que a situação da água no Brasil seja considerada um assunto de segurança nacional ao qual se deve conferir alta prioridade. Em resumo, é necessário o surgimento de um pensamento coletivo voltado aos problemas relacionados à água, pois, até o momento, a sociedade tem agido como um organismo que, acometido por uma moléstia fatal e silenciosa, ignora a existência da enfermidade. E não há como renovar o pensamento coletivo sem um mergulho profundo, ousado, desapassionado e sem pré-concepções nas raízes dos nossos problemas sociais, culturais, econômicos e ambientais.

Escassez conjuntural e escassez estrutural

Podemos classificar a escassez de água em duas categorias: a conjuntural e a estrutural. A escassez conjuntural é aquela decorrente de situações desfavoráveis, naturais ou não. Esse tipo de escassez pode ocorrer por diversos fatores. Algumas situações que podem gerá-la são esporádicas, geralmente de duração não muito longa e normalmente restritas a regiões muito específicas. Um exemplo comum é a que ocorre em conflitos armados que cerceiam o acesso às fontes de abastecimento hídrico. Uma estiagem extraordinariamente prolongada que se abate sobre uma

região normalmente não muito seca [...] pode ocasionar uma escassez passageira e localizada, que também pode ser descrita como conjuntural. O combate a esse tipo de escassez consiste no restabelecimento da normalidade da conjuntura adversa, que é, geralmente, pontual e exige que sejam tomadas decisões eficazes e rápidas.

Dentre os diversos fatores que podem ocasioná-la, também podemos citar conjunturas naturais desfavoráveis, como as que ocorrem nas zonas áridas e semiáridas do mundo. A escassez conjuntural também pode ser cíclica, proveniente de fenômenos sazonais como, por exemplo, as secas que ocorrem na região semiárida do Brasil. O arrefecimento desse tipo de escassez exige políticas de convivência com a adversidade causadora do problema e tomadas de decisões programadas com antecedência.

Já a escassez estrutural se deve a um desequilíbrio entre disponibilidades e prioridades. Uma manifestação desse tipo de escassez é, por exemplo, a que acontece em uma região que tenha optado por quase exaurir seus recursos hídricos sem se importar com os seus usos múltiplos, como ocorreu no vale do rio Murray, na Austrália, em meados do século XIX, onde a irrigação foi tão intensiva que inviabilizou a navegação no rio, que era o principal meio de transporte usado para escoar a produção, o que acabou fazendo com que toda a atividade agrícola da região entrasse em colapso. Também é clássico o caso do Mar de Aral, o grande lago salgado do Cazaquistão que forneceu água durante décadas para as plantações de algodão irrigado na região. A falta de escrúpulos foi tamanha que a profundidade média do lago baixou vários metros, a salinidade tornou impossível a existência de qualquer vida lacustre e o sal também destruiu o solo da região que circunda o lago. O Aral, outrora grande produtor de ovas de esturjão com as quais era fabricado um dos melhores caviars do mundo, tornou-se um mar morto rodeado por uma paisagem lunar. Há regiões nas quais tanto a oferta quanto a demanda de água são abundantes, mas a prioridade é favorecer um emprego específico do recurso em detrimento de toda uma multiplicidade de usos. Quando se fala em escassez, não se deve esquecer que se refere à carência de qualidade satisfatória da água. A podridão dos rios que atravessam as cidades brasileiras é uma escassez estrutural com reflexos imediatos devastadores na saúde e na qualidade geral de vida da população.

A escassez que demanda maior esforço para ser debelada é a escassez estrutural, por exigir grande empenho intelectual na sua abordagem, demandar muita determinação da sociedade e requerer enorme coragem política na aplicação das medidas necessárias. A escassez estrutural é uma condição inerente à combinação entre a exclusão social imposta por um modo de produção elitista e o baixo padrão de exigência da população. Em resumo, é implícita às estruturas do subdesenvolvimento.

Cidadania e educação

Essa pequena capacidade de reivindicação da sociedade advém de um exercício bastante reduzido de cidadania que, por sua vez, é fruto da baixa

escolaridade da maioria da população. Não é, portanto, razoável discutir a relação da sociedade com os recursos hídricos sem antes contestar a pouca importância dada à educação do povo brasileiro. Partindo, então, dessa premissa, é imprescindível promover um amplo programa de educação popular que permita a todos participar da busca de soluções de longo prazo para os graves problemas relacionados ao manejo e à sustentabilidade dos recursos hídricos.

Basta existir vontade política para que o poder público possa, a partir de agora, dar início ao estabelecimento de um fluxo sistemático de informação das camadas populares nas quais tenham sido detectadas insuficiências de conhecimento sobre o tema. Somente a partir de então, será possível fomentar discussões com a participação de representantes de todas as camadas da população, no intuito de traçar diretrizes que permitam identificar as melhores ferramentas para enfrentar os problemas que exigem soluções mais duradouras. Essas políticas sociais com relação à água devem ser iniciadas o mais rapidamente possível, pois a água é um recurso muito mais velozmente esgotável que a discussão que dela pode advir.

Comitês de bacia

O arranjo institucional baseado em novos tipos de organização para a gestão compartilhada da utilização da água incorpora a participação dos setores usuários, das organizações civis e dos setores públicos em todas as instâncias. Por se tratarem de organizações inteiramente novas na administração dos bens públicos no Brasil, cumpre destacar os Comitês de Bacias Hidrográficas, que são fóruns de decisões colegiadas no âmbito de cada bacia, refletindo uma alternância de poder e também mudanças na geografia política do país. O reconhecimento desses princípios fundamentais e a aplicabilidade eficiente significam uma sociedade organizada administrando o seu futuro. No contexto de um estado democrático de direito, a gestão dos recursos hídricos pela sociedade não deve se submeter a condições inflexíveis, da mesma maneira como se comporta a própria água, que não mantém sua forma constante. Com relação a como proceder diante dos problemas que surgirão, é conveniente lembrar o grande poeta espanhol Antonio Machado, quando disse que o caminho é construído pelo andar do caminhante.

FONTE: FRANCA, Dalvino Troccoli; CARDOSO N., Antônio. Água e sociedade. Plenarium: Os múltiplos desafios da água, Brasília, ano III, n. 3, p. 20-28, set. 2006. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/edicoes/arquivos-diversos/plenarium3>> Acesso em: 3 abr. 2012.

RESUMO DO TÓPICO 4

Neste tópico você viu que:

- As vazões de projeto são as vazões que deverão suportar o novo sistema de abastecimento de água potável que se está projetando, é a etapa inicial do projeto.
- Para a correta determinação das vazões de projeto deve ser feito um estudo prévio altamente detalhado de condições sociais e econômicas, atividades industriais, mananciais, condições pluviométricas, análises físico-químicas, geografia da comunidade que será atendida, análise de registros históricos etc. Erros cometidos nessa determinação são repassados aos cálculos das vazões de projeto, levando a resultados irreais.
- As vazões de projeto são limitadas pelo alcance do projeto, sendo que este deve ser previamente determinado.
- Para determinar as vazões de projeto é necessário determinar a vazão média anual (Q) e as oscilações, ou seja, é necessário estimar o maior consumo diário anual (k_1) e hora de maior consumo durante esse dia ($k_2 \times k_1$).
- Também deve ser computada a contribuição dos consumos das indústrias, comércios e do consumo público através da vazão específica (Q_{esp}).
- A vazão que passará pelas adutoras não é a mesma em todo o percurso, portanto a vazão de projeto pode ser convenientemente segmentada em três trechos. Trecho A vai da captação no manancial até a ETA. Trecho B vai da ETA até os reservatórios de distribuição. Trecho C vai dos reservatórios até a rede de distribuição.



- 1 Você foi convidado(a) a participar de uma equipe de profissionais que deseja projetar um sistema de abastecimento de água para uma cidade de 35 mil habitantes que cresce 4% ao ano. O estudo prévio da localidade determinou que o consumo de água deverá ser distribuído conforme o quadro a seguir:

QUADRO 15 – PORCENTAGEM ESTIMADA DE CONSUMO DA AUTOATIVIDADE

Consumo Industrial	55%
Consumo doméstico	35%
Consumo comercial	7%
Consumo público	3%

FONTE: Os autores

O consumo *per capita* médio anual da localidade é de 250 litros por habitante por dia. Sendo que no dia de maior consumo do ano se estima que serão consumidos 350 litros por habitante por dia. Na hora de maior consumo se estima um consumo de 500 litros por habitante por dia. A margem de segurança da ETA é de 3% em relação à vazão específica (Q_{esp}). O alcance do projeto é de 30 anos.

Em base nas informações contidas no enunciado, efetue os cálculos necessários e determine:

- A população considerada no projeto.
- Coefficiente do dia de maior consumo (k_1) e coeficiente da hora de maior consumo (k_2).
- Vazão média anual (Q).
- Vazão no dia de maior consumo (Q_1).
- Vazão no dia de maior consumo e na hora de maior consumo (Q_2).
- Vazões do consumo industrial (Q_{ind}), do consumo comercial (Q_{com}) e consumo público (Q_{pub}).
- Vazão específica (Q_{esp}).
- Vazões de projeto: Q_A , Q_B e Q_C .

- 2 Pesquise a cidade em que você mora, determine o número de habitantes, taxa aproximada de crescimento populacional nos últimos anos, presença do setor industrial, comercial e público e tente estimar as vazões de projeto necessárias para um sistema de abastecimento de água em sua cidade, seguindo a mesma ordem de cálculos do exercício anterior, tendo como alcance os próximos 20 anos.

ESGOTO SANITÁRIO, DRENAGEM URBANA E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Com o desenvolvimento do conteúdo desta unidade, o(a) acadêmico(a) estará apto a:

- conhecer os componentes que formam os sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários e sua importância no saneamento ambiental;
- dimensionar sistemas individuais de tratamento de esgotos conforme as normas NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997;
- compreender a problemática da drenagem urbana como consequência da urbanização descontrolada e medidas estruturais e não estruturais de gestão de águas pluviais e sistemas de drenagem urbana;
- relacionar a problemática da geração per capita crescente de resíduos sólidos urbanos com o aumento da qualidade de vida e urbanização, bem como conhecer as técnicas e estratégias mais indicadas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em quatro tópicos. Ao final de cada um deles, encontram-se exercícios para fixação do conteúdo.

TÓPICO 1 – SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

TÓPICO 2 – CASO PRÁTICO: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOSSA SÉPTICA, FILTRO ANAERÓBICO E SUMIDOURO

TÓPICO 3 – ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA

TÓPICO 4 – RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

SISTEMAS DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

1 INTRODUÇÃO

A NBR 9648 de 1986 classifica o esgoto sob as seguintes definições: **Esgoto doméstico**, aquele despejo líquido resultante do uso da água para a higiene e necessidades fisiológicas humanas; **Esgoto Industrial**, despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; **Esgoto sanitário**, despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.

Portanto, os esgotos sanitários são o conjunto de águas residuárias geradas após consumo de água pelo ser humano nas redes de distribuição e dejetos humanos. Conforme visto na Unidade 1, as águas residuárias e dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de várias doenças, como: febre tifoide, diarreias infecciosas, amebíase, ancilostomíase, esquistossomose, teníase, ascaridíase etc. Por isso torna-se necessária a implantação de Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários, para evitar as possibilidades de contato do esgoto sanitário com o homem, as águas de abastecimento e alimentos.

Os Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgoto Sanitário constituem a parte final do Ciclo de Abastecimento e Esgotamento Sanitário apresentado na figura 27 da Unidade 2. Na figura se observa que os lodos e demais resíduos sólidos gerados na etapa de tratamento de água para consumo humano (coagulação, floculação, decantação, etc.) também fazem parte do esgotamento sanitário.

2 CRESCIMENTO POPULACIONAL: INSUFICIÊNCIA DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO

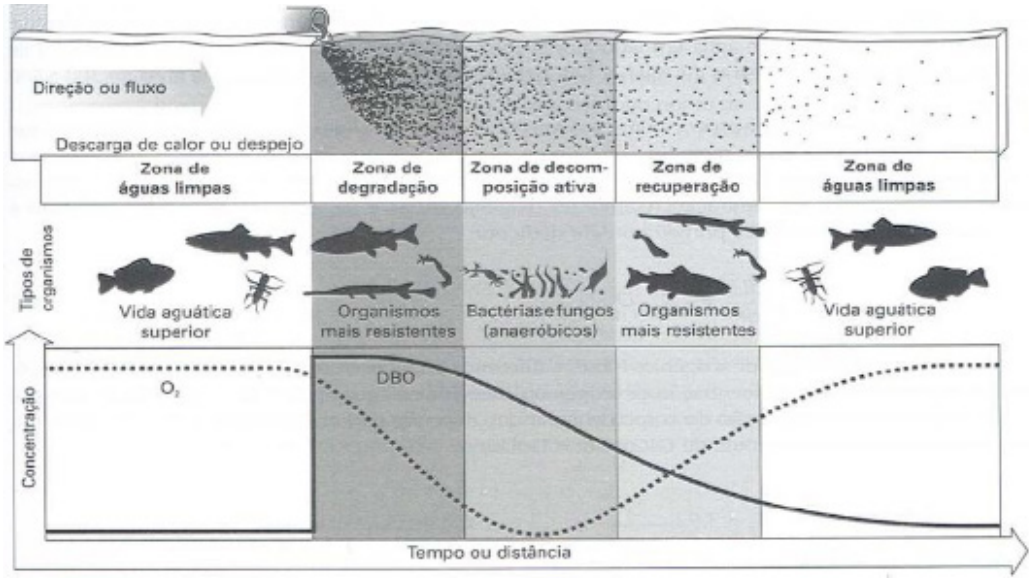
A problemática do esgotamento sanitário se deve ao crescimento populacional. Em pequenas povoações o problema do esgotamento sanitário possui soluções inicialmente fáceis, pois, através de sistemas individuais ou pequenos sistemas coletivos de coleta e transporte até os cursos hídricos, a própria natureza garante uma disposição sanitária através do processo de autodepuração. Veja figura a seguir.



A autodepuração é o processo natural que ocorre numa corrente ou corpo d'água, que resulte na redução bacteriana, satisfação de DBO, estabilização dos constituintes orgânicos, renovação do oxigênio dissolvido consumido e o retorno às características (biota) normais do corpo d'água. Também chamada depuração natural. (ACIESP, 1980).

O problema do despejo “*in natura*” dos esgotos sanitários é que os recursos naturais são capazes de autodepurar os contaminantes apenas até atingirem sua capacidade limite, após isso ocorre a degradação dos cursos d’água que recebem esses contaminantes. O elevado crescimento populacional e a alta concentração demográfica fazem com que a autodepuração seja inviável nos grandes centros urbanos. As altas vazões de esgotos gerados provocariam a poluição das águas.

FIGURA 47 – ZONAS DE AUTODEPURAÇÃO EM CURSOS D’ÁGUA



FONTE: Braga et al. (2007)



DBO é a Demanda Bioquímica de Oxigênio, é a forma mais comum para se medir a quantidade de matéria presente num esgoto ou num rio. Em outras palavras, medir a quantidade de oxigênio necessário para estabilizar a matéria orgânica através da "ajuda" de bactérias aeróbicas. Bactérias aeróbicas são bactérias que precisam de oxigênio e se alimentam da matéria orgânica presente na água contaminada.

3 QUANTIFICAÇÃO - VAZÕES

A vazão de esgotos domésticos é calculada com base no consumo de água de abastecimento e pode variar, pois depende do clima local, cultura, padrão de vida da comunidade, atividades econômicas locais como comércio, indústrias, turismo, entre outros.

Portanto, a vazão de esgotos domésticos é calculada por meio do conceito de vazão de retorno. Philippi (2010) situa essa taxa em torno a 80% da quantidade de água distribuída no abastecimento. Dependendo do tipo de rede coletora de esgoto sanitário, também pode haver uma incorporação de água das chuvas mediante infiltração no subsolo.

Uma parcela de água distribuída não é transformada em vazão de esgotos, como a água de rega de jardins, lavagem de pisos externos, cujos efluentes são, geralmente, despejados na rede de drenagem de águas pluviais. (FERNANDES, 1997)



As redes de drenagem de águas pluviais serão tratadas com mais detalhes no próximo tópico.

4 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS

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

A porcentagem de água na composição dos esgotos domésticos supera os 99%. Conforme Funasa (2006), as fezes humanas são compostas de restos alimentares, alimentos não transformados pela digestão, onde se integram as albuminas, gorduras, os hidratos de carbono, sais e uma série de micro-organismos. As fezes são responsáveis pela geração de 20% da matéria orgânica dos esgotos. Na urina são liberadas substâncias como a ureia, resultante do metabolismo de compostos nitrogenados (proteínas), sendo a urina responsável por 2,5% da matéria orgânica.

Classificaremos as características dos esgotos domésticos em características físicas, químicas e biológicas.

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas relacionadas aos esgotos domésticos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor, turbidez e variação da vazão.

- **Matéria sólida:** Possuem aproximadamente 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos. Segundo Funasa (2006), esse percentual de sólidos (0,1%) é responsável pelos problemas de poluição de águas, trazendo a necessidade de tratamento dos esgotos;
- **Temperatura:** A temperatura do esgoto geralmente é muito superior à das águas de abastecimento. Os processos de decomposição da matéria orgânica provocam o aumento de temperatura;
- **Odor:** Os odores tão característicos dos esgotos são provocados pelos gases gerados na decomposição. O odor de “ovo podre” é devido à liberação de gás sulfídrico (H_2S);
- **Cor e turbidez:** A cor e turbidez são indicadores do estado de decomposição do esgoto. Um tom cinza e pouca turbidez são típicos do “esgoto fresco”, já o “esgoto velho” apresenta cor preta; definir turbidez.
- **Variação da vazão:** É função dos costumes dos habitantes. Na falta de dados concretos ou medições exatas, se recomenda adotar 80 litros de esgoto para cada 100 litros de água consumida (taxa de retorno de 80%).

4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

As características químicas importantes e relacionadas aos esgotos domésticos são: matéria orgânica e inorgânica.

- **Matéria orgânica:** Aproximadamente 70% dos sólidos dos esgotos são constituídos de matéria orgânica, ou seja, compostos formados por carbono

(C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e em menor grau nitrogênio (N) e enxofre (S). Sendo que de 40% a 60% são proteínas, 25% a 50% são carboidratos, 10% são óleos, e o restante são: ureia, fenóis etc;

- **Matéria inorgânica:** É formada principalmente por areias e minerais dissolvidos.

4.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

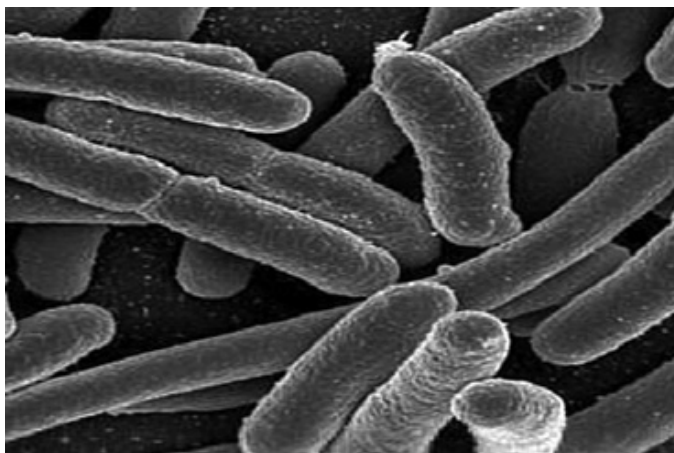
As principais características biológicas são os micro-organismos de águas residuárias. Os principais micro-organismos são: bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas.



As bactérias são micro-organismos importantíssimos dos esgotos sanitários, já que elas são responsáveis pela decomposição e estabilização da matéria orgânica e, conseqüentemente, pela redução da capacidade poluidora e dos perigos para a saúde dos esgotos, tanto na natureza como nas estações de tratamento.

Os organismos do grupo coliformes são utilizados como um indicador de poluição de origem humana nos esgotos sanitários. Há de 100 a 400 bilhões de coliformes por habitante a cada dia (coliformes/hab./dia) nas fezes humanas. Portanto, se identificamos coliformes fecais, figura a seguir, num recurso hídrico, significa que este foi contaminado por esgotos domésticos.

FIGURA 48 – COLIFORMES FECAIS - *Escherichia coli*



FONTE: Disponível em: <<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/12/coliformes-fecais.jpg>>. Acesso em: 15 fev. 2012.



O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais adequado que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais são restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes é indicador da possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças.

4.4 DECOMPOSIÇÃO AERÓBICA E ANAERÓBICA DE ESGOTOS

Acabamos de ver, no item anterior, a importância das bactérias no processo de decomposição e estabilização de esgotos sanitários. A decomposição ocorre porque as bactérias se alimentam da matéria orgânica, mas elas precisam também de oxigênio para respirar e, portanto, manterem-se vivas. As bactérias podem fazer esse processo de decomposição de duas formas: decomposição aeróbica e decomposição anaeróbica.

Na decomposição aeróbica as bactérias utilizam o oxigênio livre na atmosfera ou o oxigênio dissolvido na água para sobreviver. Esse processo também é chamado de oxidação. A decomposição aeróbica é mais rápida que a anaeróbica. Os gases liberados no processo, como o CO_2 , não provocam odores, porém se produz cerca de 20 vezes mais lodos sólidos que na decomposição anaeróbica.

Na decomposição anaeróbica há insuficiência/ausência de oxigênio livre, portanto a decomposição é realizada pelas bactérias anaeróbicas. Estas consomem oxigênio combinado, ou seja, o oxigênio presente em compostos orgânicos ou inorgânicos para sobreviver. Esse processo também é denominado muitas vezes como putrefação. Os gases liberados na decomposição anaeróbica, como o metano (CH_4), gás sulfídrico (H_2S), são mais difíceis de serem assimilados e provocam odores desagradáveis.

No esgoto também temos a presença de bactérias facultativas. Estas são capazes de realizar a decomposição aeróbica quando há presença de oxigênio livre, e decomposição anaeróbica quando não o há. As bactérias facultativas garantem a manutenção da atividade biológica do esgoto mesmo que ele passe de condições aeróbicas para anaeróbicas.

5 GERENCIAMENTO DE ESGOTOS: SOLUÇÕES INDIVIDUAIS E COLETIVAS

Com os conhecimentos adquiridos até este momento na disciplina, concluímos que a utilização da água para abastecimento público gera esgotos domésticos que deverão ter um recolhimento e uma adequada destinação para não causar a poluição do solo, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e para não escoarem a céu aberto e proporcionando a propagação de doenças. Podemos ainda identificar os seguintes objetivos adicionais dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos:

- Remoção rápida e segura de efluentes sanitários e dejetos das atividades humanas;
- Tratamento dos efluentes sanitários, se necessário;
- Proporcionar condições sanitárias suficientes para lançamento dos mesmos em corpos receptores naturais (rios, solo etc.).

Na sequência iremos conhecer os sistemas de coleta, tratamento e destinação final de esgotos comumente aplicados.

5.1 SOLUÇÕES INDIVIDUAIS ONDE NÃO HÁ ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

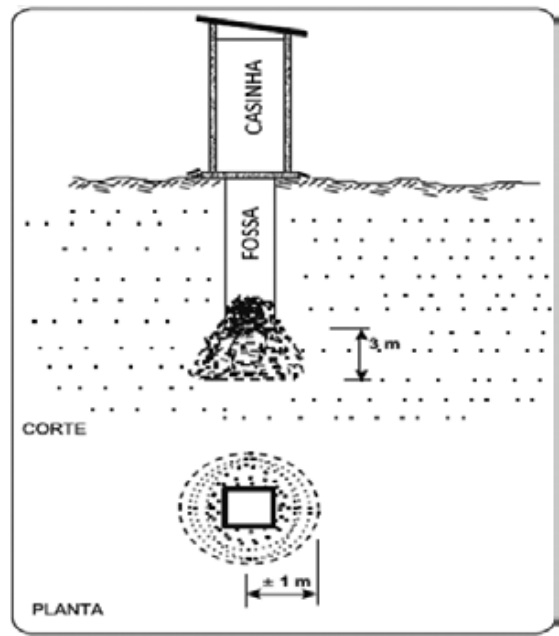
As soluções individuais são aplicáveis quando o saneamento ambiental oferecido pelo poder público é inexistente ou ineficiente. Por exemplo, em casos em que não existe acesso a água de abastecimento público, nem sistema público de coleta e tratamento de esgotos. Nestes casos o gerenciamento de esgotos deve ser feito de forma domiciliar, para garantir condições sanitárias seguras.

a) Privada com fossa seca

Conforme Funasa (2006), a privada de fossa seca é composta pela “casinha” e fossa seca escavada no solo, que é destinada a receber somente excretas (figura a seguir). As fezes retidas no interior se decompõem ao longo do tempo mediante digestão anaeróbica.

No sistema privada com fossa seca as condições sanitárias são alcançadas pelo fato da disseminação das bactérias no solo ser de um metro em direção radial (horizontal) e três metros na vertical. Em casos em que a fossa esteja em contato com uma fonte de água, a contaminação de águas subterrâneas é muito maior, podendo estender-se por todo o recurso hídrico. A privada com fossa seca não é recomendada nesses casos.

FIGURA 49 – PRIVADA CONVENCIONAL COM FOSSA SECA E DISSEMINAÇÃO DE BACTÉRIAS NO SOLO

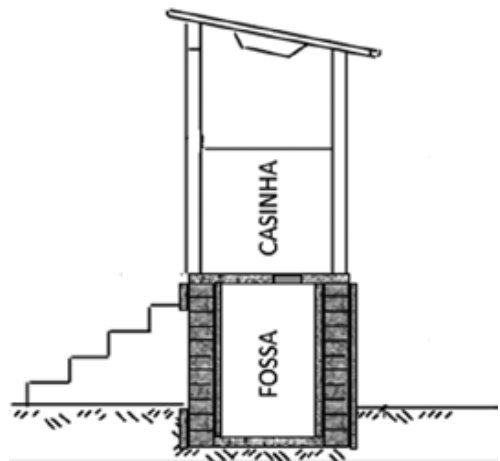


FONTE: Funasa (2006)

b) Privada com fossa estanque

Consiste num sistema semelhante ao anterior, porém a fossa é estanque, construída de concreto ou alvenaria, geralmente (figura a seguir). Portanto, não é possível a descarga de água diretamente no solo. As condições são idênticas à da fossa seca. Essa solução é indicada para: zonas de lençóis superficiais, zonas rochosas ou terrenos duros, terrenos facilmente desmoronáveis e lotes de pequenas proporções onde há perigo de contaminação de poços de abastecimento de água potável.

FIGURA 50 – PRIVADA COM FOSSA ESTANQUE



FONTE: Funasa (2006)

c) Privada química

Tanque cilíndrico, geralmente de aço inoxidável, contendo uma solução de soda cáustica (NaOH), que recebe os dejetos de uma bacia sanitária comum. O tanque é removível. A soda cáustica liquefaz o material sólido e destrói as bactérias e outros micro-organismos. Segundo Camilo (2006), a dosagem recomendada é de 10 kg de soda para cada 50 litros de água. Essa alternativa apenas é aplicada em circunstâncias especiais, como acampamentos, ônibus, aviões e eventos ao ar livre.



Note, acadêmico(a), que essa solução elimina também os micro-organismos responsáveis pela estabilização dos dejetos, de tal modo a garantir a eliminação de patogênicos da privada. O efluente gerado deverá passar por um tratamento químico posterior após sua coleta.

5.2 SOLUÇÕES COLETIVAS

As soluções coletivas vão substituindo as soluções individuais, conforme a concentração humana nas comunidades urbanas vai crescendo. Philippi (2010) aponta que as principais soluções adotadas são os Sistemas Unitários e os Sistemas Separadores Absolutos.

a) Sistema unitário

Nesse sistema, um único conjunto de tubulações recebe todas as águas residuárias: esgotos domésticos, industriais, águas pluviais e de infiltração de rede que posteriormente são encaminhadas para o sistema de tratamento. Pela própria definição do sistema já é possível deduzir que esse sistema exige investimentos iniciais maiores, devidos principalmente ao grande diâmetro das canalizações, sendo esse seu maior inconveniente, entretanto o sistema também apresenta mais desvantagens:

- problemas em regiões onde as precipitações são muito intensas (regiões tropicais);
- poluição dos corpos receptores, porque os sistemas de tratamento não podem ser dimensionados para tratar toda a vazão (vazão dos esgotos e vazão da chuva), logo, uma parcela destes esgotos, em períodos críticos, extravasa para o corpo receptor sem tratamento;
- problemas de mau cheiro em certas partes do sistema (bocas de lobo).

b) Sistema separador absoluto

Constitui o sistema adotado no Brasil. Nesse sistema, o objetivo é coletar

exclusivamente os esgotos sanitários e apresenta como grande vantagem o reduzido custo (canalizações de menor diâmetro), o que já justifica o seu emprego. Mas, além do custo este sistema apresenta outras vantagens:

- afastamento das águas pluviais em separado, pode ser feito através de vários lançamentos ao longo dos cursos de água, evitando-se o transporte das águas pluviais a longa distância, reduzindo assim a extensão da rede pluvial;
- possibilidade de planejamento das obras para a execução em etapas, de acordo com a sua importância e as disponibilidades econômicas da comunidade.

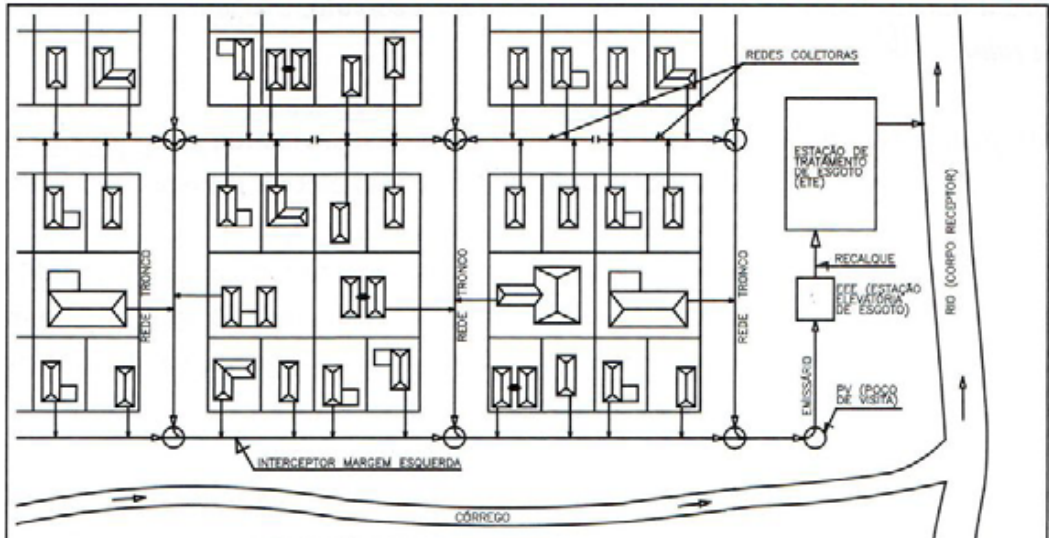
Conforme Philippi (2010), um sistema separador absoluto se constitui das seguintes partes, representadas na figura a seguir:

- **Condutos:** Iniciam-se no interior das residências e edificações e terminam no destino final, variando o diâmetro conforme a área servida pela rede.
- **Poços de Visita:** Permitem a inspeção para fins de limpeza, desobstrução e manutenção.
- **Estações Elevatórias:** Possibilitam bombear o esgoto de pontos mais baixos que a rede, conforme necessidades estabelecidas pelas condições topográficas, pois o escoamento na rede coletora deve ser, sempre que possível, por gravidade.
- **Estações de Tratamento de Esgotos:** Instalações necessárias para o tratamento das águas residuárias.



Para facilitar seus estudos, considere o gerenciamento e tratamento de esgotos como sendo o caminho inverso ao caminho para obter água de abastecimento, estudado na Unidade 2. Por exemplo, na produção de água para consumo humano temos que forçar o transporte de pontos baixos (rios e lençóis freáticos) até pontos altos (residências); já os esgotos são conduzidos por gravidade, isto é, o escoamento é feito em princípio naturalmente dos pontos mais altos para os pontos mais baixos, seguindo a declividade do terreno, logo, o traçado das redes de esgotos deve levar em conta a topografia.

FIGURA 51 – PARTES DO SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO



FONTE: adaptado de Barros et al. (1995)

Acadêmico(a), a figura anterior é bem didática, pois resume completamente o gerenciamento de uma solução coletiva de coleta e tratamento de esgotos, analise-a com atenção!

6 TRATAMENTO DE ESGOTOS

O tratamento de esgotos será abordado de forma semelhante à metodologia empregada na Unidade 2 para o tratamento de água. Portanto, novamente faremos subdivisões em operações unitárias, que podem ser de processos físicos, químicos e biológicos. A diferença é que o tratamento de esgotos possui uma ampla diversidade de sistemas, criando a necessidade de um novo agrupamento em nosso estudo.

6.1 TANQUE SÉPTICO

Conforme Funasa (2006, p. 194), o histórico dessa alternativa de tratamento:

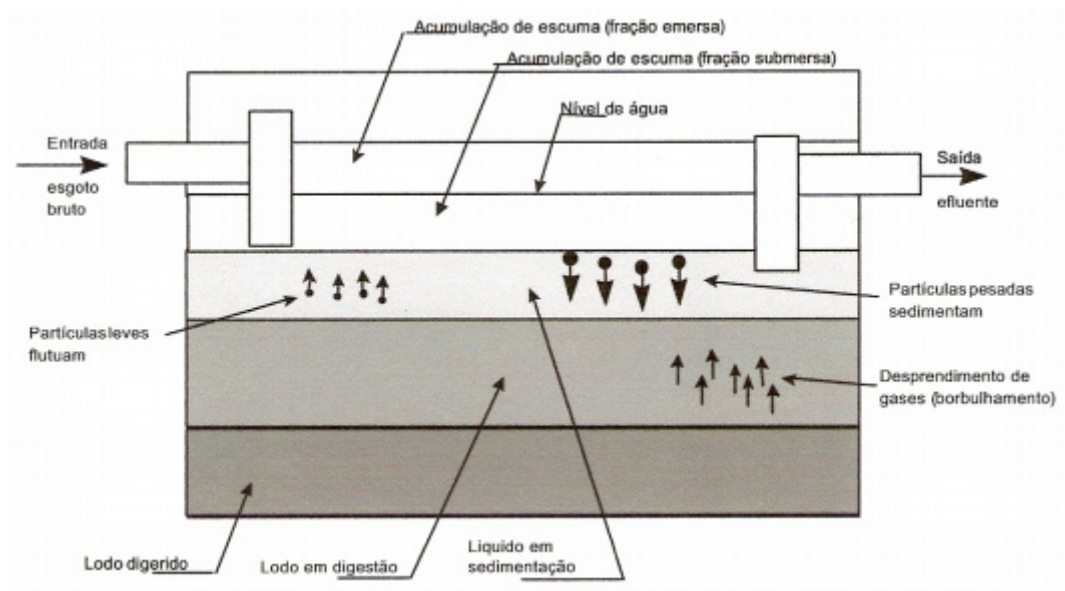
[...] Os registros de caráter histórico apontam como inventor do tanque séptico Jean Louis Mouras, que, em 1860, construiu, na França, um tanque de alvenaria, onde passavam os esgotos, restos de comida e águas pluviais, antes de ir para o sumidouro. Este tanque fora aberto 12 anos mais tarde e não apresentava acumulada a quantidade de sólidos que foi previamente estimada em função da redução apresentada no efluente líquido do tanque [...]

Os tanques sépticos são câmaras fechadas que retêm os rejeitos domésticos por um período de tempo estabelecido, de modo que as operações unitárias de

decantação de sólidos e estabilização por decomposição anaeróbica ocorram no mesmo tanque.

Funasa (2006) sugere que essa solução seja economicamente recomendável para populações pequenas de até 100 habitantes, podendo ser empregada para comunidades de até 500 habitantes.

FIGURA 52 – TANQUE SÉPTICO



FONTE: ABNT – NBR nº 7.299/1993.

Conforme a norma que regulamenta a construção e operação de fossas sépticas, ABNT – NBR nº 7.299/1993, o esgoto é detido na fossa por um período preestabelecido que possa variar de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições de afluentes. Simultaneamente à retenção, ocorre a sedimentação de 60% a 70% dos sólidos contidos nos esgotos, formando-se o lodo. Sólidos não decantados como óleos, graxas e gorduras são retidos na superfície livre do líquido.

Dentro do tanque ocorre a **digestão**, que consiste no processo já comentado anteriormente, a decomposição anaeróbica. A digestão provoca a destruição total ou parcial de organismos patogênicos. Dessa digestão se formam gases, líquidos e uma redução do volume dos sólidos retidos e digeridos, que adquirem características estáveis, capazes de permitir que o efluente líquido que sai do tanque seja considerado tratado e possa ser lançado em corpos hídricos.

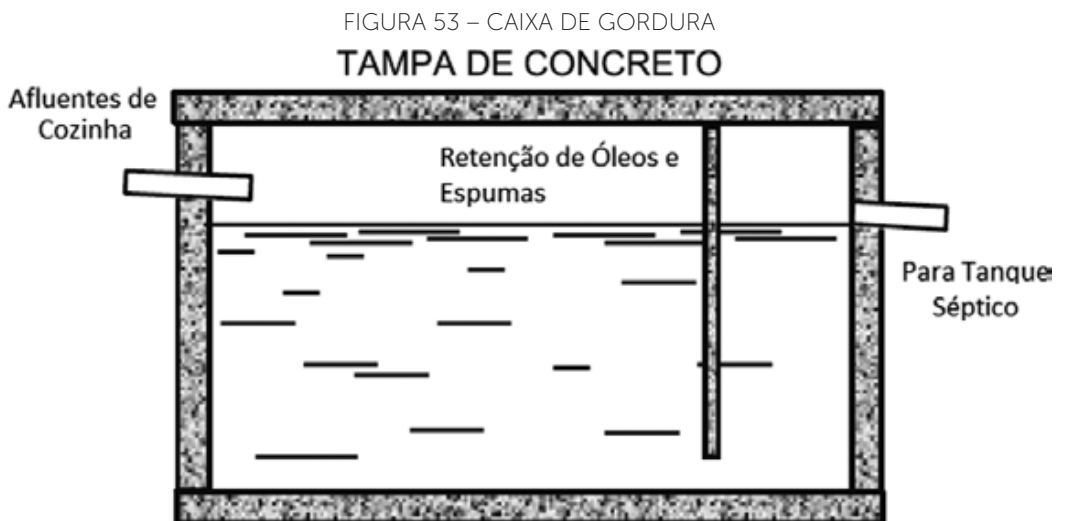


O sistema Fossa Séptica é muito utilizado no Brasil, onde o gerenciamento de esgotos ainda é precário. Vários municípios brasileiros possuem como sistema de tratamento de esgotos uma série de fossas sépticas para cada agrupamento de habitantes como único método de tratamento. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgado em 2011 com dados referentes ao ano 2010, apenas 55,4% dos 57,3 milhões de domicílios estavam ligados à rede geral de esgoto sem nenhum tipo de tratamento. Outros 11,6% utilizavam fossa séptica, forma de saneamento considerada adequada pelo instituto.

Na sequência iremos apresentar dispositivos complementares da fossa séptica, melhorando a eficácia do tratamento.

6.1.1 Caixa de gordura

O tanque séptico é projetado para receber todos os despejos domésticos: cozinhas, lavanderias, lavatórios, vasos sanitários, banheiros, chuveiros, etc. Algumas dessas fontes, como as cozinhas, geram gorduras, e estas gorduras podem causar a colmatação dos sumidouros e obstrução de condutos coletores. Por isso, para esses afluentes é recomendável a instalação de uma caixa de gordura antes da chegada ao tanque séptico (figura a seguir).



FONTE: Funasa (2006)

6.1.2 Filtro anaeróbico

De acordo com a norma ABNT - NBR nº 13.969/1997, o filtro anaeróbico é um processo de tratamento aplicado aos efluentes da fossa séptica. O filtro consiste num leito de brita nº 4 ou nº 5 disposto em um tanque de formato cilíndrico ou retangular, que pode possuir um fundo falso onde o escoamento do efluente é de forma ascendente.

FIGURA 54 – BRITA Nº 4 E 5, FAIXA GRANULOMÉTRICA DE 50 A 100 MM

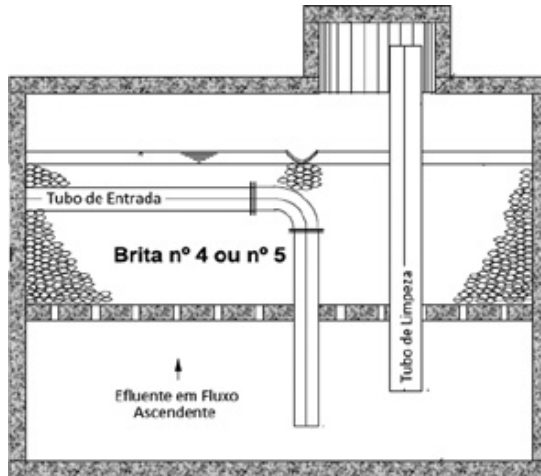


FONTE: Disponível em: <<http://www.mineracaosantiago.com.br/index.php/produtos/brita>>.
Acesso em: 20 fev. 2012.

Mas como pode esse filtro melhorar o processo? Bem, está demonstrado que as britas de tamanho nº 4 ou nº 5 são capazes de reter bactérias anaeróbicas em sua superfície, melhorando o processo biológico, reduzindo ainda mais a Demanda Bioquímica de Oxigênio.

A ABNT considera que os filtros anaeróbicos conseguem aumentar a eficácia até alcançar a remoção de 70% a 90% da DBO. Entretanto, a eficácia somente poderá ser comprovada três meses após o início da operação, tempo necessário para a fixação das bactérias orgânicas na superfície do leito de brita. O tubo de limpeza serve para a remoção de lodos formados mediante um sistema de bombeamento e sucção, porém não deve limpar-se o filtro completamente, caso contrário se eliminam também as bactérias responsáveis pelo tratamento.

FIGURA 55 – FILTRO ANAERÓBICO



FONTE: Funasa (2006)

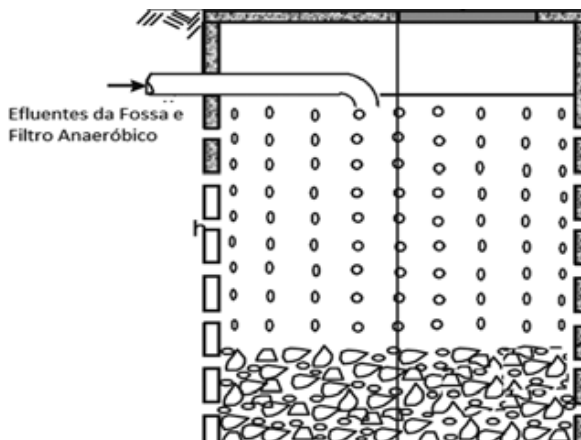
6.1.3 Destino final do efluente da fossa séptica e filtro anaeróbico

Esse item trata das possibilidades de destinação final dada ao tratamento do sistema fossa séptica e fossa séptica/filtro anaeróbico.

a) Sumidouro

São escavações feitas no terreno para a disposição final do efluente do tanque séptico que se infiltra no solo pela área vertical (paredes), conforme a figura a seguir. Seu uso é recomendado nas áreas de aquíferos profundos, pois há risco de contaminação em caso contrário. Deve garantir-se uma distância mínima de 1,50 m entre seu fundo e nível de aquífero máximo (ABNT – NBR nº 13.969/1997).

FIGURA 56 – SUMIDOURO

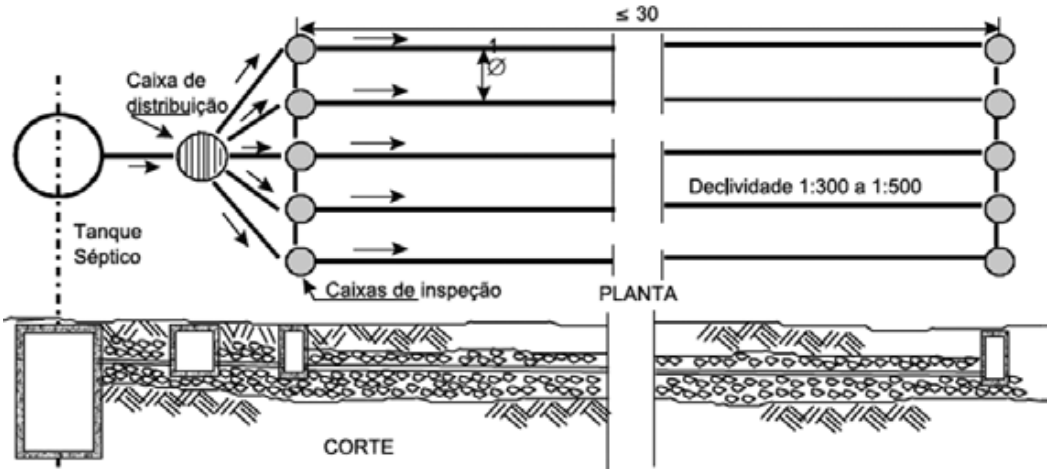


FONTE: Funasa (2006)

b) Vala de infiltração

Conjunto de canalizações (figura a seguir) a uma profundidade determinada num solo cujas características permitam a absorção de esgoto da fossa séptica. A percolação do líquido pelo solo permitirá a mineralização (estabilização) dos esgotos.

FIGURA 57 – VALAS DE INFILTRAÇÃO

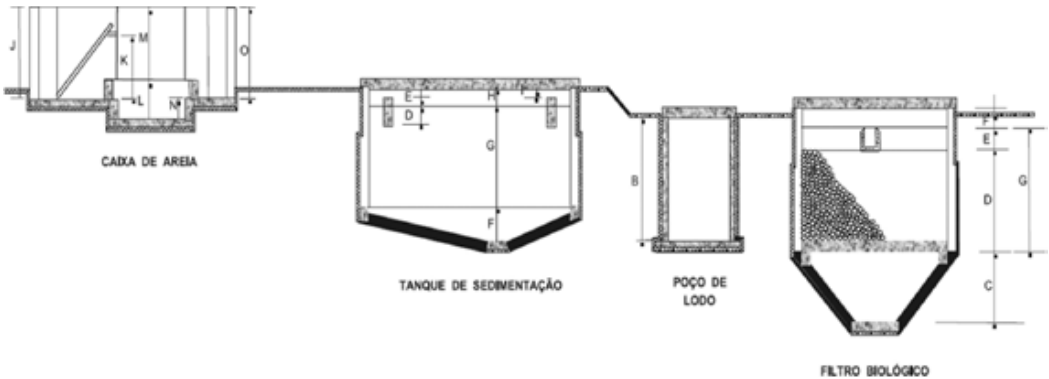


FONTE: Funasa (2006)

6.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) PARA PEQUENAS LOCALIDADES

O esgoto chega à ETE passando pelo pré-tratamento, que consiste num gradeamento e caixa de areia retraindo sólidos grosseiros e lodo. Posteriormente ocorre o tratamento primário, que consiste na sedimentação, ocorrendo a decantação e digestão do lodo. Posteriormente o efluente passa por um filtro biológico (aeróbico), onde ocorre o tratamento secundário, sendo depois lançado num corpo receptor. O processo está esquematizado na figura a seguir.

FIGURA 58 – ETE PARA PEQUENAS LOCALIDADES



FONTE: Funasa (2006)

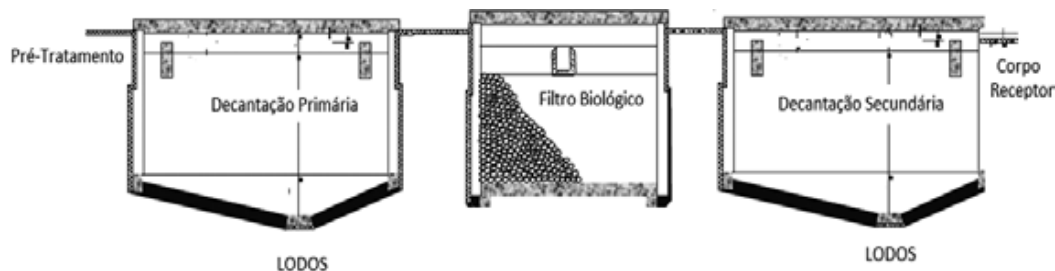


Os tratamentos que envolvem filtro biológico são considerados processos aeróbios, uma vez que o ar pode circular entre os vazios do material que constitui o leito do filtro biológico fornecendo oxigênio para as bactérias.

6.3 TRATAMENTO DE ESGOTOS POR FILTROS BIOLÓGICOS E DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA

O esgoto chega à ETE passando pelo pré-tratamento de forma similar ao sistema anterior, porém, aqui ocorre a decantação primária mediante processos puramente físicos; posteriormente o efluente passa por um filtro biológico (aeróbico), sendo depositado num segundo decantador (decantação secundária) mediante um processo de floculação biológica (lembre-se, a decomposição biológica forma flocos que são susceptíveis de serem decantados). (PHILIPPI, 2010).

FIGURA 59 – DECANTAÇÃO PRIMÁRIA, FILTRO BIOLÓGICO E DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA



FONTE: Os autores

6.4 TRATAMENTO DE ESGOTOS: LODOS ATIVADOS

Lodo ativado é o flocos gerado a partir de um esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias na presença de oxigênio dissolvido. O sistema é amplamente usado em nível mundial para localidades de grande população, pois é indicado para casos de pouca disponibilidade de área e elevadas vazões de efluentes. Entretanto, a necessidade de aeração constante no tanque implica um índice de mecanização superior e maiores consumos energéticos. O processo pode ser apreciado na figura a seguir. Vale ressaltar que em algumas configurações também pode haver uma decantação primária antes do tanque de aeração para o tratamento biológico (PROSAB, 2009).

FIGURA 60 – LODOS ATIVADOS E DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA



FONTE: Os autores

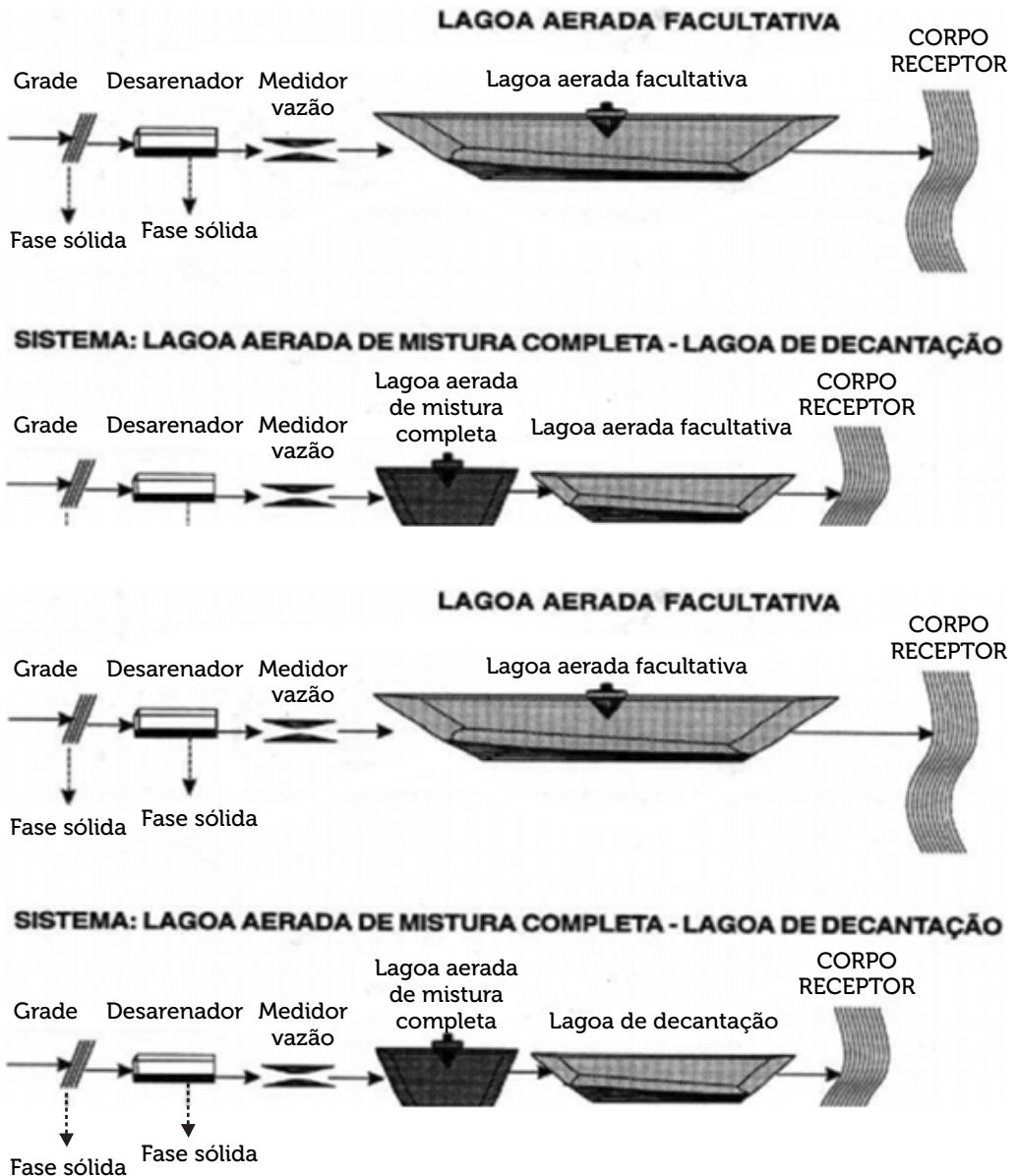
6.5 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

São métodos de tratamento extremamente simples, pois consistem unicamente em escavações no terreno natural, cercado de taludes de terra ou revestidos de placas de concreto. Conforme o tipo de tratamento biológico natural que ocorre, as lagoas podem ser de vários tipos:

- **Lagoas anaeróbicas:** São lagoas que tratam os esgotos mediante decomposição anaeróbica. Para alcançar as condições anaeróbicas, as lagoas devem ser muito profundas e com menores áreas. Geralmente a profundidade oscila entre dois e cinco metros.
- **Lagoas facultativas:** São lagoas que fazem o tratamento aeróbico (algas e bactérias aeróbicas) na região próxima à superfície, onde é possível a aeração pela ação do vento e fotossíntese mediante os raios solares. Já na parte inferior da lagoa ocorre a decomposição anaeróbica dos lodos sedimentados. As condições facultativas podem ser alcançadas para profundidades de um a 2,5 metros e áreas grandes.
- **Lagoas de maturação:** Possuem a função de reduzir os coliformes fecais, são construídas para tratar os efluentes de outro tipo de tratamento convencional prévio, como as lagoas facultativas, por exemplo. As dimensões são semelhantes às lagoas facultativas.
- **Lagoas aeróbicas:** Utilizadas para o tratamento de efluentes mediante algas. É aconselhável para tratar esgotos, viabilizando o reaproveitamento de algas. A profundidade média da lagoa para esse método é de 0,3 a 0,5 metros.
- **Lagoas aeradas:** As lagoas aeradas artificialmente são idênticas às lagoas de estabilização vistas anteriormente, com a diferença de que são providas de aeradores mecânicos de superfície instalados em colunas de concreto, ou do tipo flutuantes e também de difusores.

Exemplos de sistemas de lagoas de estabilização podem ser encontrados na figura a seguir.

FIGURA 61 – SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO



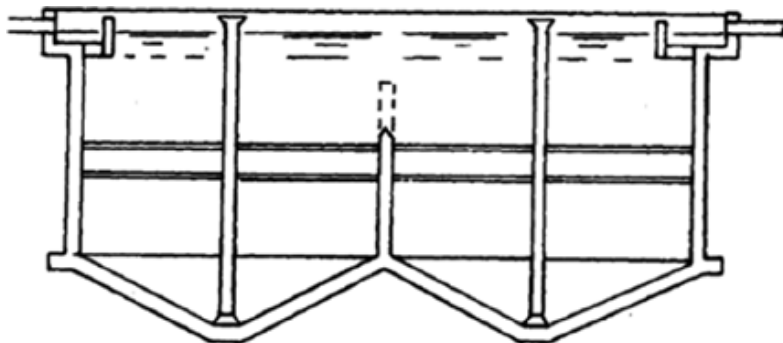
FONTE: Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A6.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2012.

6.6 TANQUES IMHOFF

São processos semelhantes às fossas sépticas comuns, com a diferença de que o tratamento é realizado em dois compartimentos. 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. Figura a seguir.

FIGURA 62 – TANQUE IMHOFF



FONTE: Funasa (2006)

Os tanques Imhoff podem apresentar vantagens em comparação aos tanques sépticos comuns, como, por exemplo: Menores tempos de retenção, tornando-o mais econômico; melhor digestão, pois há menos turbulência no processo; efluente de melhor qualidade e atendimento a populações maiores, para atender até 5.000 habitantes. (FUNASA, 2006).

7 TRATAMENTO DE LODOS

Nos capítulos anteriores vimos como a problemática dos despejos humanos pode ser gerenciada mediante sistemas de coleta, tratamento e disposição final de efluentes em corpos receptores. Entretanto, os processos anteriores geram **lodos** como subprodutos. Os lodos são resíduos sólidos que também apresentam riscos ambientais, portanto devem ser tratados e sofrer uma destinação final adequada.

O lodo é o rejeito do tratamento de esgoto. Contém todas as substâncias que tenham sido alteradas por processos físico-químicos ou biológicos. É uma mistura complexa de sólidos de origem biológica e mineral que são removidos do esgoto. Sua qualidade se modifica com o uso indiscriminado de diversos produtos químicos da sociedade, que certamente serão lançados nas redes coletoras de esgoto e, por consequência, boa parte estará presente no lodo. Apesar de serem considerados rejeitos sólidos, os lodos possuem uma concentração aproximada de 95% de água em sua composição nas operações em que são gerados.

Tanto o processo de produção de água tratada como o processo de tratamento de esgotos geram lodos. Novamente o nosso estudo será orientado de forma a definir as operações básicas que formam o tratamento do lodo. Os sistemas de tratamento do lodo possibilitam diversas combinações de operações

e processos unitários, compondo distintas sequências. As principais etapas do tratamento do lodo são: adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação, disposição final.

7.1 ADENSAMENTO DE LODOS

Consiste na remoção de água, aumentando a concentração de sólidos. Esse adensamento pode ser alcançado por vários métodos, incluindo a gravidade, mediante um processo de sedimentação.

O adensamento também pode ser realizado por flotação, onde a flotação é o processo de separação líquido-sólido através da injeção de bolhas de um gás (como o ar, por exemplo). As bolhas do gás aderem às partículas sólidas, diminuindo a densidade até promover a flutuação até a superfície do líquido.

O adensamento por centrifugação separa os sólidos dos líquidos mediante ação da força centrífuga.

7.2 ESTABILIZAÇÃO DE LODOS

Processo semelhante à estabilização do esgoto. Busca-se reduzir os organismos patogênicos mineralizando o lodo, reduzindo também a redução de odores.

A compostagem é um processo de tratamento biológico onde a mistura inicial de resíduos sofre a ação de micro-organismos biodegradando a matéria orgânica elevando a temperatura, chegando a 60 – 65 °C. Na compostagem deve controlar-se a relação de nitrogênio e carbono (C/N) presente nos sólidos, adicionando, quando necessário, resíduos ricos em carbono, como palhas, podas de árvores, bagaço de cana, serragem, etc. (BVS, 2012). A aeração é fundamental, pois a compostagem é realizada por micro-organismos aeróbicos.

Outra alternativa é optar pelas bactérias anaeróbicas, nesse caso temos um processo de biodigestão. Lembrando que as bactérias anaeróbicas geram metano (CH_4), que pode ser aproveitado energeticamente. O metano liberado nesses processos é denominado **Biogás**. Atualmente existem processos nos quais o metano gerado pela biodigestão é aproveitado energeticamente, gerando energia elétrica que alimenta o funcionamento das próprias instalações de tratamento de esgotos e de lodos.



Recomendamos como material de leitura a obra: "Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento do Biogás". Publicado pela PROSAB em 2003, disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabStulio.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

7.3 CONDICIONAMENTO DE LODOS

O condicionamento envolve tratamentos biológicos, químicos e/ou físicos de lodos para aumentar a remoção de água. Alguns processos de condicionamento também podem desinfetar lodos, afetando os odores e melhorando a recuperação de sólidos. Se objetiva condicionar o lodo para seu deságue.

7.4 DESIDRATAÇÃO DE LODOS

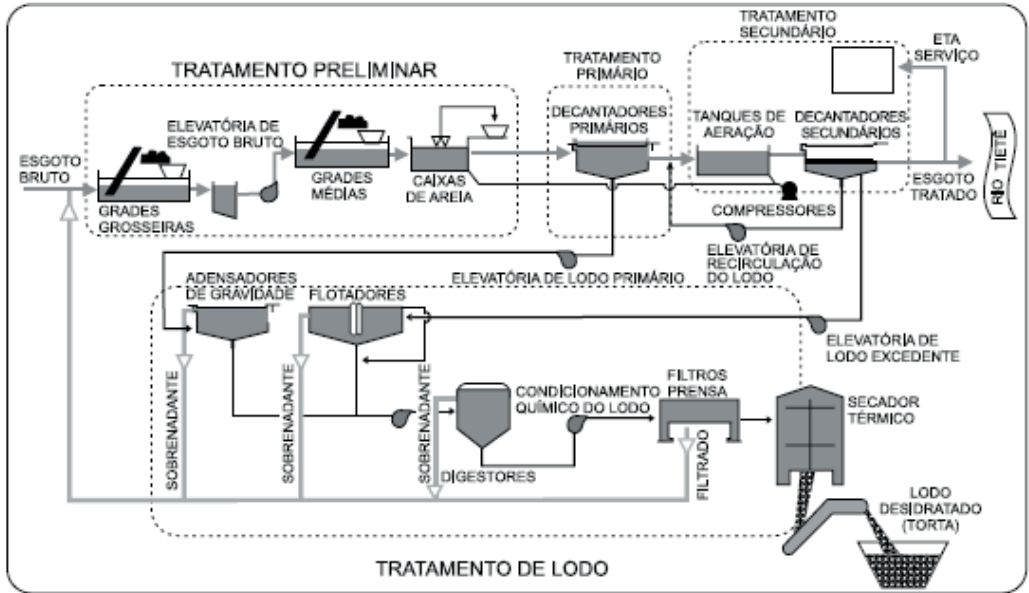
Busca-se uma última remoção de água dos lodos. Para tal fim se empregam centrífugas; Filtro prensa; Prensas; Filtros a vácuo; Leitos de Secagem; Lagoas de Secagem, entre outros.

7.5 DESTINAÇÃO FINAL DE LODOS

Consiste no descarte correto do rejeito sólido resultante do conjunto de operações básicas anteriores. No Brasil se emprega mais a alternativa que consiste na disposição final de lodos em aterros sanitários, porém alternativas como a incineração e o reaproveitamento do lodo como condicionantes de solos para aplicações agrícolas também podem ser utilizadas, já que, dependendo da qualidade dos lodos, este pode formar húmus, preservando a qualidade do solo.

Finalizando o tópico 1 desta unidade, mostramos uma figura que exemplifica um processo de tratamento de esgotos combinado com o seu respectivo tratamento de lodos. Figura a seguir.

FIGURA 63 – TRATAMENTO DE ESGOTO E TRATAMENTO DE LODOS



FONTE: Disponível em: <<http://bit.ly/367NOVI>>. Acesso em: 5 mar. 2012.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você viu que:

- A NBR 9648 de 1986 classifica o esgoto sob as seguintes definições: esgoto doméstico; esgoto industrial e esgoto sanitário.
- A problemática do esgotamento sanitário se deve ao crescimento populacional. Em pequenas povoações o problema do esgotamento sanitário possui soluções inicialmente fáceis, pois a própria natureza garante uma disposição sanitária através do processo de autodepuração.
- O elevado crescimento populacional e a alta concentração demográfica fazem com que a capacidade de autodepuração da natureza se sature e deixe de ocorrer, ocasionando poluição dos recursos naturais.
- O esgoto doméstico é o proveniente principalmente de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou edificações que dispõem de instalações como banheiros, lavanderias e cozinhas. Compõe-se essencialmente da água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem.
- Os esgotos possuem aproximadamente 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos, sendo os sólidos os responsáveis pelas características poluentes e insalubres dos esgotos. Aproximadamente 70% dos sólidos dos esgotos é matéria orgânica, ou seja, compostos formados por carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e em menor grau nitrogênio (N) e enxofre (S). Sendo que de 40% a 60 % são proteínas, 25% a 50% são carboidratos, 10% são óleos, e o restante são: ureia, fenóis etc.
- As principais características biológicas dos esgotos são a presença de micro-organismos como: Bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas. As bactérias são necessárias para tratar biologicamente os esgotos, diminuindo sua carga poluidora mediante a decomposição biológica.
- Na decomposição aeróbica as bactérias utilizam o oxigênio livre na atmosfera ou o oxigênio dissolvido na água para sobreviver. Na decomposição anaeróbica há insuficiência/ausência de oxigênio livre, portanto a decomposição é realizada pelas bactérias anaeróbicas; estas consomem oxigênio combinado, ou seja, o oxigênio presente em compostos orgânicos ou inorgânicos para sobreviver.
- O gerenciamento de esgotos é bastante heterogêneo, pois existem várias alternativas. Devem ser aplicadas soluções individuais em comunidades rurais isoladas sem abastecimento de água, como as fossas secas, fossas estanques e fossas químicas.

- Já as soluções coletivas, aplicadas a centros urbanos, podem ser da tipologia: sistema unitário, que inclui num único sistema de tubulação tanto as águas pluviais como os esgotos, ou o sistema separador único, que é o sistema adotado no Brasil.
- Existem várias alternativas para o tratamento de esgotos, entre os mais importantes podemos destacar: fossa séptica, filtro anaeróbico, decantação primária e filtro biológico para pequenas localidades, sistema decantação primária – filtro biológico – decantação secundária, sistema de tratamento por lodos ativados; lagoas de estabilização e tanques imhoff.
- Os lodos são o rejeito sólido resultante do tratamento de esgotos. Os lodos também devem ser tratados. As alternativas destacadas para o tratamento de lodos são: adensamento, estabilização, condicionamento, desidratação, disposição final.

AUTOATIVIDADE



- 1 Pesquise a localidade em que você mora, pergunte a moradores, prefeitura, etc. e escreva um texto identificando os seguintes pontos:
 - a) Sequência de operações básicas na coleta e tratamento de esgotos.
 - b) Sua localidade trata os esgotos? Ou apenas faz coleta? Qual é o destino final dos esgotos em sua localidade?
 - c) Você possui algum sistema de tratamento de esgotos individual, como, por exemplo, fossa séptica, em sua casa?
 - d) Com base nos conhecimentos adquiridos até agora, faça uma análise crítica do gerenciamento de esgotos em sua localidade. Você a considera adequada? O que poderia ser melhorado?

CASO PRÁTICO: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOSSA SÉPTICA, FILTRO ANAERÓBICO E SUMIDOURO

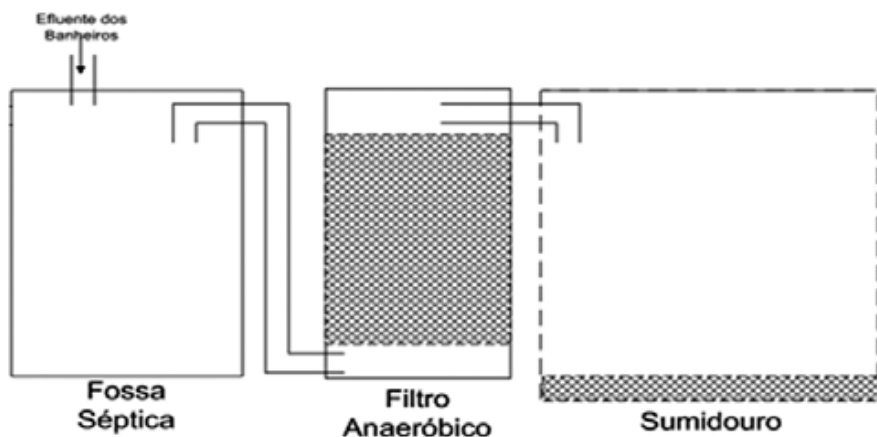
1 INTRODUÇÃO

Caro (a) acadêmico (a)! Este breve tópico tem como objetivo apresentar os primeiros passos necessários para elaborar projetos de novos sistemas de tratamento de esgotos.

De todas as alternativas apresentadas no tópico anterior, selecionamos uma solução baseada nos sistemas Fossa Séptica, Filtro Anaeróbico e Sumidouro, pelo fato desta alternativa ser amplamente recomendada pelos órgãos públicos brasileiros. Adicionalmente acreditamos que a simplicidade intrínseca da solução é positiva sob o ponto de vista didático, sendo um bom ponto de partida para que você aprenda os fundamentos básicos de elaboração de novos projetos básicos.

Neste tópico iremos determinar de forma prática o **Volume Útil** de um sistema de tratamento de esgotos para atender um condomínio hipotético de 89 habitantes de padrão médio, onde a temperatura média no inverno é de 20°C, sendo que a limpeza do sistema ocorre com frequência anual. O sistema de tratamento de esgotos proposto está representado pela figura a seguir.

FIGURA 64 – FLUXOGRAMA DO SISTEMA FOSSA SÉPTICA, FILTRO ANAERÓBICO E SUMIDOURO DO CASO PRÁTICO



FONTE: Os autores

Conforme a NBR 7229/1993, o **volume útil** é o espaço interno mínimo necessário para o correto funcionamento dos dispositivos que integram o sistema de tratamento proposto.

O dimensionamento de todos os dispositivos do sistema de tratamento proposto tem como base as normas NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997.

2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Segundo a NBR 7.229/93 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, as vazões e contribuições na geração de esgotos a ser adotada nos projetos são determinadas conforme a tabela a seguir sempre que não dispormos de dados experimentais mais exatos.

TABELA 1 – CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE ESGOTO (C) E DE LODO FRESCO (Lf)

Unid.: L

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

FONTE: NBR 7229/1993

Outro parâmetro de dimensionamento a ser considerado é o período de detenção dos esgotos na fossa séptica. A NBR 7.229/1993 relaciona esse tempo de detenção em função da contribuição diária, de acordo com a tabela que segue.

TABELA 2 – PERÍODO DE DETENÇÃO DOS DESPEJOS,
POR FAIXA DE CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

FORTE: NBR 7229/1993

A taxa de acumulação total de lodo na fossa séptica no intervalo entre limpezas é outro fator a ser considerado para alcançar o correto dimensionamento. Este parâmetro é determinado conforme a tabela a seguir. Note como a temperatura influi na quantidade de lodo que se forma numa fossa séptica.

TABELA 3 – TAXA DE ACUMULAÇÃO DE LODO EM FUNÇÃO DO INTERVALO ENTRE LIMPEZAS
E EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO MÊS MAIS FRIO

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

FORTE: NBR 7229/1993

3 DIMENSIONAMENTO: DETERMINAÇÃO DO VOLUME ÚTIL

Neste item iremos determinar os volumes úteis propriamente ditos de acordo com as normas. Lembrando que os dados de partida de nosso projeto são:

- Prédio de padrão médio.
- Capacidade para 89 pessoas.
- Temperatura média no inverno de 20°C.
- A limpeza de fossa será feita uma vez por ano.

3.1 FOSSA SÉPTICA

O volume útil total da fossa séptica é determinado mediante a seguinte fórmula:

$$V = 1000 + N(CT + KL_f) \quad (1)$$

Onde:

V = volume útil em litros;

N = número de pessoas;

C = contribuição de despejos, em litros / pessoa x dia;

T = período de detenção em dias;

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de acumulação do lodo fresco;

L_f = contribuição do lodo fresco, em litros / pessoa x dia.

Conhecendo os nossos dados de partida e utilizando as tabelas 1, 2 e 3, encontramos os valores para os parâmetros da equação 1, que são: N = 89 pessoas, C = 130 l/pessoa x dia, T = 0,50 dias (contribuição diária é de 130 * 89 = 11.570 litros/dia, maior que 9.000 conforme tabela 02), K = 65 dias e L_f = 1 litro/pessoa x dia.

$$V = 1000 + N(CT + KL_f)$$

$$V = 1000 + 89 (130 * 0,50 + 65 * 1)$$

$$V = 1000 + 11.570 = 12.570 \text{ litros}$$

3.2 FILTRO ANAERÓBICO

O volume útil do filtro anaeróbico é o volume correspondente ao volume do leito filtrante, este é determinado mediante a fórmula:

$$V_u = 1,6 * N * C * T \quad (2)$$

Onde:

V_u = volume útil em litros do leito filtrante;

N = número de pessoas;

C = contribuição de despejos, em litros / pessoa x dia;

T = período de detenção hidráulica de esgotos em dias.

Os valores para os parâmetros da equação 1 são: $N = 89$ pessoas, $C = 130$ l/pessoa x dia e $T = 0,50$ dias.

$$V_u = 1,6 * N * C * T$$

$$V_u = 1,6 * 89 * 130 * 0,5 = 9.256 \text{ litros}$$

3.3 SUMIDOURO

O sumidouro deve ser dimensionado para receber a mesma vazão que a fossa séptica, portanto deve apresentar como mínimo o mesmo volume útil que a fossa: $V = 12.570$ litros.

Entretanto, além do volume, o sumidouro deve obedecer a um critério de área mínima de infiltração para seu correto funcionamento. Para a determinação da área de infiltração deve-se conhecer os dados de percolação do solo receptor do esgoto tratado.

Em nosso problema adotaremos como taxa de percolação do solo receptor do efluente tratado um valor de $100 \text{ l/m}^2 \times \text{dia}$. Portanto:

$$A_i = \frac{130 \frac{\text{litros}}{\text{pessoa} \cdot \text{dia}} * 89 \text{ pessoas}}{100 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}} = 115,7 \text{ m}^2$$

Portanto, para a taxa de percolação do solo considerada temos como área de infiltração necessária, $A_i = 115,7 \text{ m}^2$.



RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você viu que:

- Como dimensionar um sistema individual, descentralizado, para o tratamento de esgotos sanitários num caso prático.
- O caso prático utilizado como base para o dimensionamento do sistema é um condomínio hipotético de 89 habitantes de padrão médio, onde a temperatura média no inverno é de 20°C, sendo que a limpeza do sistema ocorre com frequência anual.
- O sistema estudado é composto pelas operações: fossa séptica e filtro anaeróbio e sumidouro.
- O dimensionamento consiste na determinação do parâmetro denominado volume útil, ou seja, o espaço interno mínimo necessário para alcançar os níveis de tratamento desejados nos dispositivos que o integram.
- Cada operação foi dimensionada conforme as normas NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997.



- 1 Supondo que a fossa séptica dimensionada ao longo do tópico seja cilíndrica e que ela deve ter uma profundidade de 2,00 metros, determine o diâmetro da fossa.

Lembre-se de que a fórmula do volume de um cilindro é:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

- 2 Se a brita que forma o leito filtrante do filtro anaeróbico dimensionado ao longo do tópico possui a densidade $\rho = 1.400 \text{ kg / m}^3$, determine quantos sacos de brita teremos que comprar para construir o filtro e qual será o custo, sendo que a brita é vendida em sacos de 25 kg e cada saco custa R\$ 8,00.
- 3 Determine o volume útil de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbico para uma fábrica onde trabalham 35 pessoas. Considere que a limpeza seja feita a cada dois anos, e que a temperatura no mês mais frio é de 20°C .

ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA

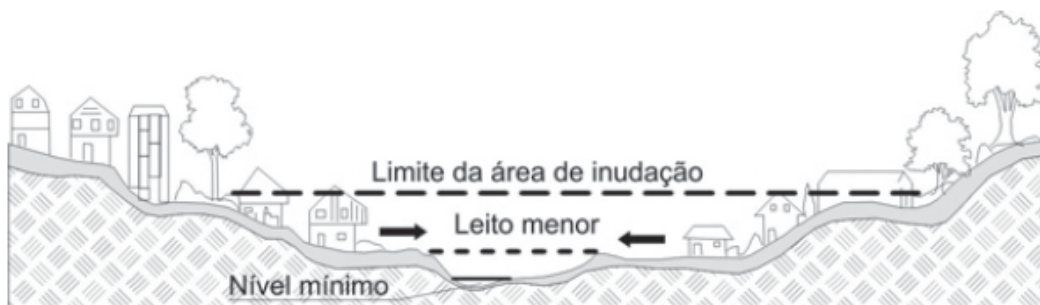
1 INTRODUÇÃO

Este tópico trata de um dos problemas ambientais urbanos mais críticos, a drenagem urbana e gerenciamento de águas pluviais. A falha desse sistema gera inundações, causando danos sociais, econômicos e ambientais de grandes proporções.

Tucci (2005) diferencia dois tipos de inundações:

- As inundações ribeirinhas ou naturais (figura a seguir), ocasionadas em períodos chuvosos, quando os rios saem de seu leito menor e ocupam o leito maior através de um processo natural. Sendo que o problema se origina quando a população ocupa o leito maior devido ao crescimento não planejado das cidades;

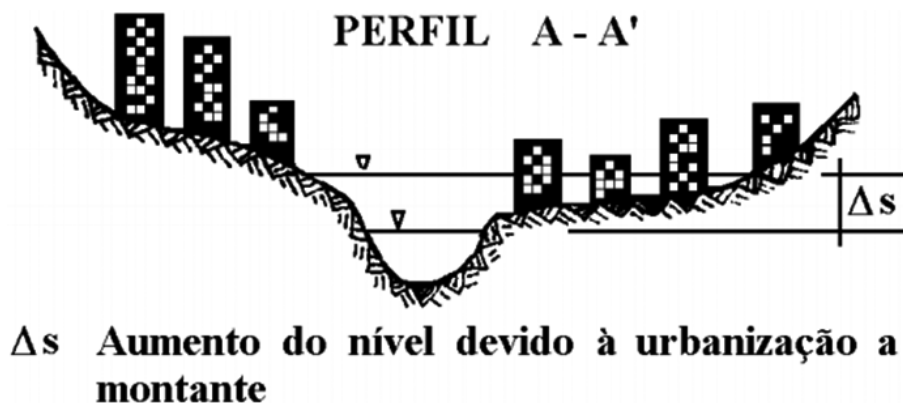
FIGURA 65 – INUNDAÇÕES RIBEIRINHAS



FONTE: Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007\(2005\)](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007(2005))>. Acesso em: 28 out. 2019.

- Inundações urbanas, figura a seguir, devido ao processo de urbanização das cidades que ocasiona a impermeabilização do solo, canalização e obstruções do escoamento das águas das chuvas.

FIGURA 66 – INUNDAÇÕES URBANAS



FONTE: Tucci (2005)

Este tópico tem por finalidade caracterizar a problemática do escoamento urbano e gerenciamento de águas pluviais, apresentando as soluções existentes, numa metodologia semelhante à aplicada nos tópicos anteriores.

2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA: CRESCIMENTO URBANO

A falta de planejamento urbano, juntamente com o crescimento populacional das áreas urbanas, constituem, para Philippi (2010), as principais dificuldades na correta implantação e funcionamento dos sistemas de drenagem urbano das cidades brasileiras.

A respeito dos efeitos da urbanização descontrolada, Philippi (2010, p. 225) exemplifica:

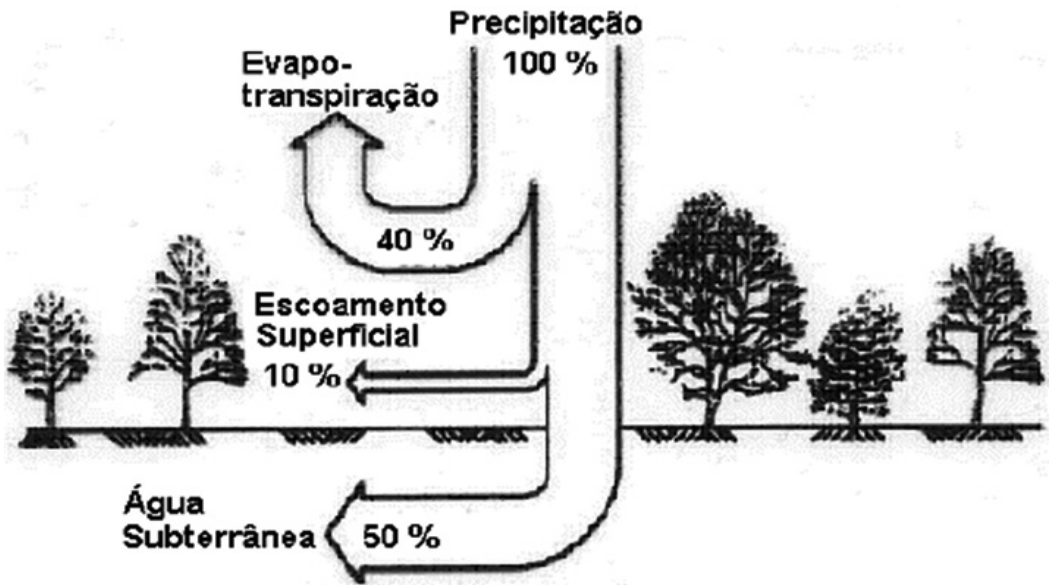
São Paulo possuía no início do século XX 200 mil habitantes; esse número superou os 17 milhões em menos de 100 anos, gerando imensos problemas urbanos... esse quadro é extremamente crítico no que se refere aos recursos hídricos, seja pela ocupação de áreas de produção de água (áreas de mananciais), seja pelos impactos de urbanização, que certamente levam a problemas de inundação e de poluição hídrica na região.

2.1 IMPACTO DO CRESCIMENTO URBANO NO CICLO HIDROLÓGICO

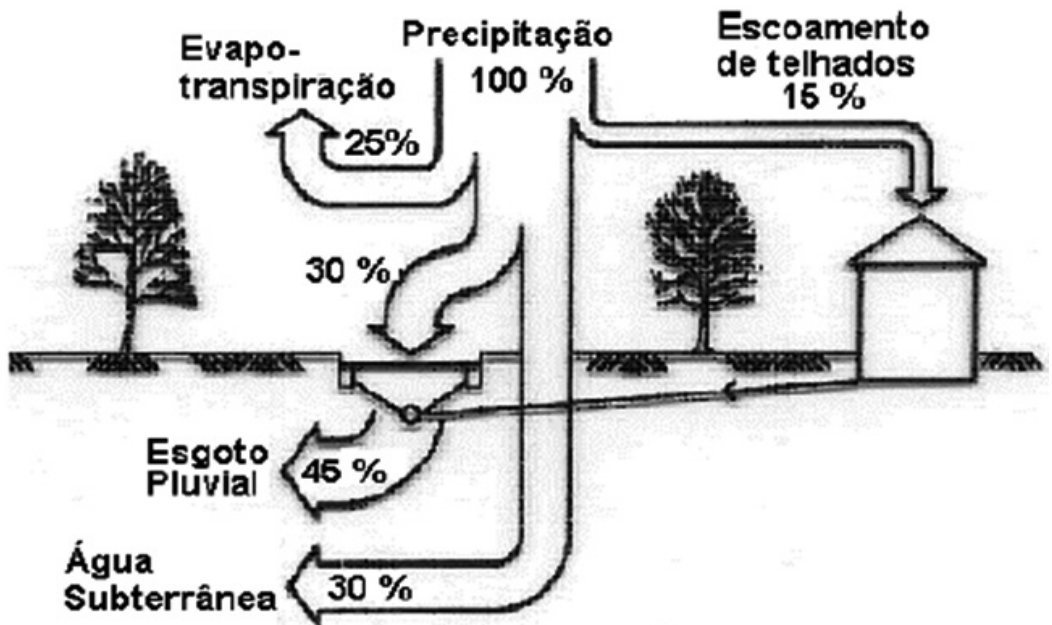
A impermeabilização do solo ocorre através da presença de elementos como: telhados, ruas, calçadas e pátios. A água que infiltrava pelo solo passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial, tornando o solo impermeável.

Esse efeito provocado pela urbanização afeta as variáveis do ciclo hidrológico de maneira representada na figura a seguir.

FIGURA 67 – BALANÇO HÍDRICO NUMA BACIA URBANA



a- cenário de sem urbanização



b – cenário urbanizado

FONTE: OECD (1986)

Por simples análise direta da figura anterior, combinado aos conhecimentos que já adquirimos até este momento da disciplina, podemos concluir os seguintes efeitos ou alterações:

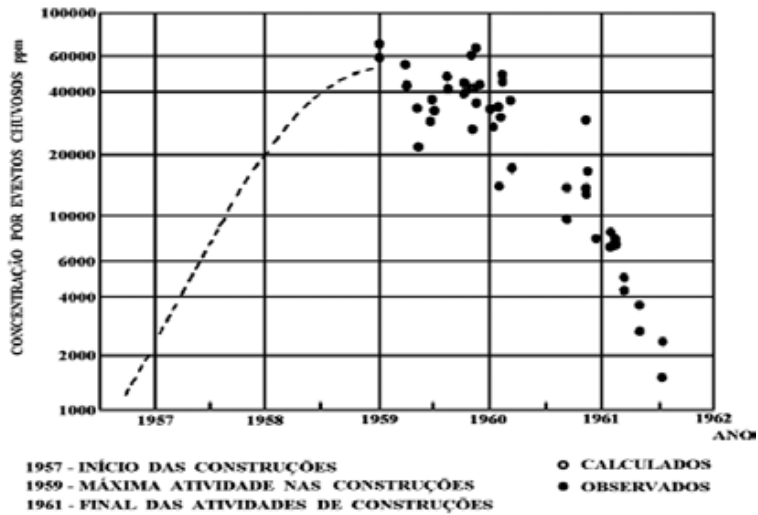
- Redução da infiltração do solo.
- O volume não filtrado fica na superfície, aumentando o escoamento superficial.
- Com a presença de condutos pluviais aumenta a velocidade de escoamento superficial, reduzindo o tempo de deslocamento.
- As vazões máximas acabam aumentando, igualmente antecipando seus picos máximos;
- A combinação de efeitos faz com que as vazões de inundações aumentem. Tucci (2005) afirma que a vazão máxima média de inundação pode aumentar de seis a sete vezes.
- A redução da infiltração diminui o lençol freático por falta de alimentação, reduzindo-se o escoamento subterrâneo.
- A substituição da cobertura natural por áreas impermeáveis provoca uma redução da evapotranspiração, já que a superfície não retém a água da mesma forma que a água é retida pelas folhagens e pelo solo.

2.2 IMPACTO SOBRE O AMBIENTE AQUÁTICO

A urbanização descontrolada provoca a introdução de vários elementos antrópicos na bacia hidrográfica que atua sobre o ambiente, como, por exemplo:

- **Aumento da temperatura**, já que as superfícies impermeáveis, como o asfalto, absorvem parte da energia solar, aumentando a temperatura ambiente; esse aumento de temperatura cria condições de movimento da massa de ar atmosférico, que pode criar um aumento da precipitação. Silveira (1997) enfatiza que as partes centrais de grandes cidades apresentam maior índice pluviométrico que suas periferias, atribuindo essa tendência à urbanização;
- **Aumento de sedimentos** e material particulado, devido às construções, limpeza de terrenos, construção de ruas, avenidas e rodovias; ocorre um aumento dos sedimentos, particulados e outros materiais sólidos na bacia hidrográfica. Essa tendência pode ser observada na figura a seguir.

FIGURA 68 – VARIAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS



FONTE: Dawdy (1967)

As consequências para o saneamento ambiental em centros urbanos, da produção de sedimentos na bacia, são: Erosão das superfícies, gerando áreas degradadas; assoreamento das seções de drenagem, com redução da capacidade de escoamento do conduto; transporte de poluentes agregados aos sedimentos, contaminando águas pluviais;

- **Obstruções do escoamento**, como, por exemplo, os gerados pela produção de resíduos sólidos urbanos (lixo), que obstruem o canal de escoamento;
- **Área de risco de encostas**, caracterizada pela ocupação das áreas de relevo pela urbanização. Tucci (2005) salienta que a ocupação das áreas de relevo nas cidades é uma das principais causas de morte durante um período de chuvas, devido ao deslizamento de terras e encostas, já que há falta de sustentação dos maciços naturais alterados. Figura a seguir.

FIGURA 69 – OCUPAÇÃO URBANA DE ÁREAS DE RISCO (ENCOSTAS)



FONTE: Tucci (2005)

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Devido à urbanização, a qualidade da água pluvial não é superior à de um efluente proveniente de um tratamento secundário, por exemplo, e a quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada nos esgotos domésticos. (TUCCI, 2005).

Os poluentes presentes na água pluvial variam em concentração e composição, apresentando compostos gerados devido às funções realizadas no ambiente urbano, portanto podem ser originados pelo uso de: inseticidas, fertilizantes, chumbo emitido por automóveis, óleos de vazamento de automóveis (caminhões, ônibus etc.), fuligem da emissão de gases de combustão gerados no ambiente urbano, indústrias etc.



Atenção! A água da chuva escoar pelo centro urbano onde é contaminada pelos poluentes, chegando aos rios apresentando possibilidades de contaminar também os recursos hídricos.

Analisando o parágrafo anterior, podemos concluir que as águas pluviais de escoamento urbano terão como principais poluentes: sedimentos, nutrientes, substâncias que consomem oxigênio, metais pesados, hidrocarbonetos de petróleo, bactérias e vírus patogênicos. Esse ciclo de contaminação está representado na figura a seguir.

FIGURA 70 – CICLO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS



FONTE: Tucci (2005)

3 GESTÃO DA DRENAGEM URBANA

Os fatores estudados no item anterior são responsáveis pela ocorrência de inundações urbanas e poluição de recursos hídricos. Isso demonstra a necessidade de que um sistema de drenagem deva ser projetado, executado e operado juntamente com os demais serviços de saneamento ambiental de uma localidade.

Portanto, neste item estudaremos sobre as ferramentas existentes sob o ponto de vista da administração pública, além da composição de um sistema de drenagem e controle de cheias em cidades.

3.1 GESTÃO PÚBLICA DA DRENAGEM URBANA

Tradicionalmente, a drenagem urbana tem sido gerida pelo poder público municipal ou pelo poder estadual ou federal, quando existem vínculos hidráulicos entre municípios. (PHILIPPI, 2010).

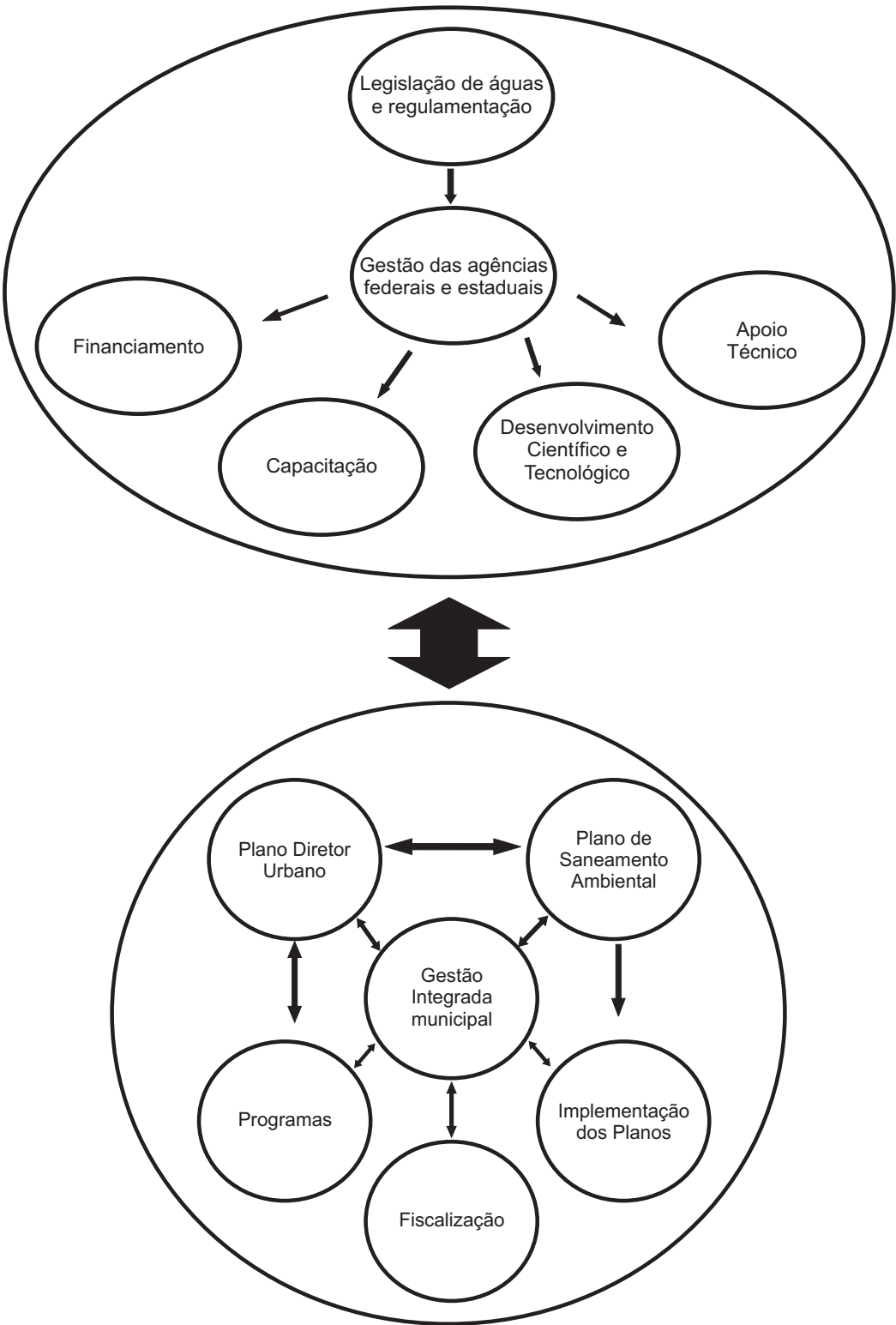
A gestão pública da drenagem urbana deve considerar a bacia hidrográfica como um todo, sendo que esta área é a área de planejamento e controle, ou seja, os problemas ocasionados na bacia hidrográfica são tratados de forma integrada.

O instrumento básico de gestão é o Plano da Bacia Hidrográfica, sendo que a drenagem urbana integrada dos municípios da bacia hidrográfica faz parte desse plano. O sistema de drenagem de uma cidade deve considerar os aspectos legais, institucionais e técnicos envolvidos.

Conforme Tucci (2005), outros instrumentos complementares são o Plano Diretor Urbano, Legislação Municipal e Estadual e o Manual de Drenagem. O primeiro estabelece as linhas principais, a legislação controla e o manual orienta. O mesmo autor salienta que depois que a bacia ou parte dela estiver ocupada, dificilmente o poder público conseguirá responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia. Portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente, as consequências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município. Nesse sentido, o Plano Diretor Urbano deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.

Os elementos que constituem a gestão pública do controle de águas pluviais podem ser apreciados na figura a seguir.

FIGURA 71 – INTEGRAÇÃO DOS ELEMENTOS DA GESTÃO PÚBLICA DE CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAIS



FONTE: Tucci (2005)

3.2 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Os sistemas de drenagem possuem a função de dar vazão ao excesso de chuvas, portanto seu dimensionamento depende da previsão da ocorrência desse fenômeno natural. A forma de abordar esse parâmetro é estimar através de dados históricos o **período de retorno** de uma chuva com a intensidade a qual se pretende proteger a cidade. Por exemplo, uma chuva de certa intensidade possui um período de retorno de 20 anos se ela ocorrer em média a cada 20 anos.



Atenção! Ao longo de nossos estudos, não só dessa disciplina, mas também nas demais disciplinas, temos discutido muito sobre o “efeito estufa”. Não esqueça que esse efeito supostamente está aumentando a temperatura da Terra, ocasionando várias mudanças no clima, entre elas a intensificação de chuvas em certas regiões e secas em outras. O reconhecimento e inclusão desse fenômeno no projeto de drenagem urbana faz com que os critérios para determinar as chuvas de projeto precisem ser revistos.

A bibliografia especializada em drenagem urbana classifica os sistemas em dois tipos:

- Medidas estruturais: Obras hidráulicas necessárias para proporcionar o correto escoamento e drenagem superficial e envolvem grandes custos.
- Medidas não estruturais: São medidas preventivas voltadas para a minimização dos efeitos das chuvas intensas, geralmente são de baixo investimento.

Os sistemas de drenagem são uma combinação de medidas estruturais e não estruturais, sendo que os dois tipos de medidas se complementam.

3.2.1 Medidas estruturais

Podemos citar como principais medidas estruturais para a drenagem urbana:

- a) Coleta da água da chuva no lote e lançamento na rede: Como o nome indica, são dispositivos de coleta de água superficial e transporte até a rede de drenagem, figura a seguir.

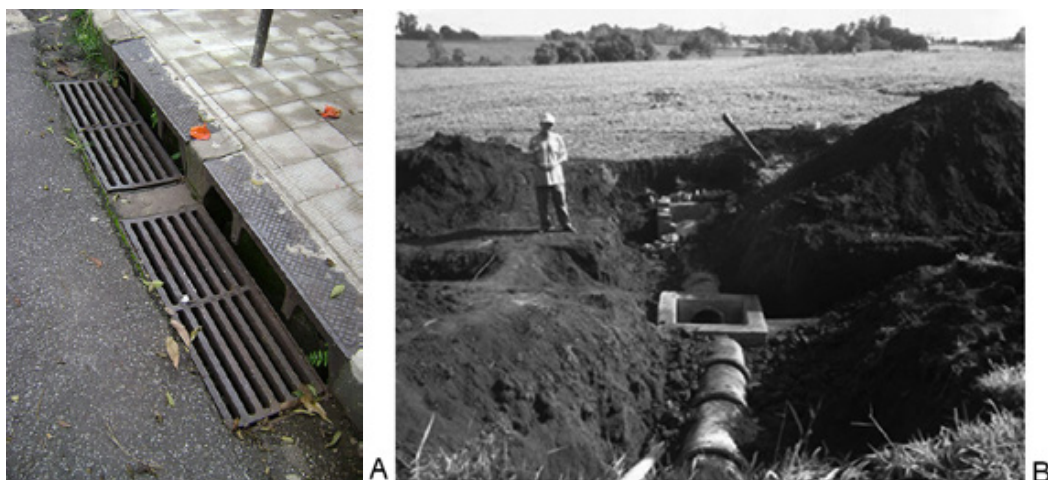
FIGURA 72 – RESERVATÓRIO EM EDIFÍCIO E BOMBEAMENTO PARA A REDE



FONTE: Campana (apud TUCCI, 2005)

- b) Sistema de microdrenagem: Dispositivos instalados em pontos apropriados para alcançar uma boa drenagem de ruas interligando com a rede de coleta de águas pluviais. A captação é feita por bocas de lobo/bueiros, a coleta é feita por rede de galerias (figura a seguir), transportando as águas superficiais até o ponto de lançamento.

FIGURA 73 – A – BOCA DE LOBO. B – REDES DE GALERIAS



FONTE: Disponível em: A – <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Boca_de_lobo.JPG>. B – <http://folharg.blogspot.com.br/2008_03_01_archive.html>. Acesso em: 10 mar. 2012.

- c) Sistema de macrodrenagem: Sistema de canais e rios que recebem a água coletada na microdrenagem. Segundo Philippi (2010), geralmente são obras de grande porte necessárias quando os rios e canais naturais não têm capacidade para dar escoamento à vazão da chuva de projeto. Um exemplo pode ser apreciado na figura a seguir.

FIGURA 74 – EXEMPLO DE MACRODRENAGEM



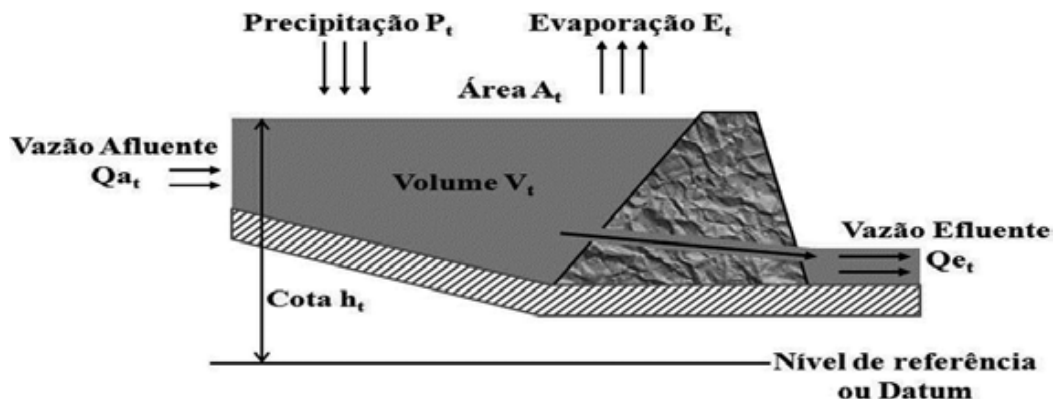
FONTE: Disponível em: <http://www.cobrape.com.br/det_portfolio.php?id=101>. Acesso em: 10 mar. 2012.

- d) Reservatórios para controle de cheias: São barramentos construídos em rios para reter o excesso de chuvas. Os reservatórios de controle de inundações podem ter uso exclusivo ou múltiplos usos, porém muitos deles são conflitantes. Figura a seguir.



Como exemplo de usos conflitantes de reservatórios temos as barragens, que para o controle de cheias devem estar sempre vazias, à espera das chuvas, para que sejam efetivas. Entretanto, uma hidrelétrica, por exemplo, requer que as barragens estejam cheias.

FIGURA 75 – ESQUEMA DE UM RESERVATÓRIO PARA CONTROLE DE CHEIAS



FONTE: Disponível em: <http://antonioguilherme.web.br.com/Arquivos/proj_hidro.php>. Acesso em: 10 mar. 2012.

- e) Reservatórios urbanos de detenção: São reservatórios construídos em pontos estratégicos da cidade para conter as águas pluviais em épocas de chuvas intensas. Popularmente estes reservatórios são conhecidos como “piscinão”. Um exemplo pode ser apreciado na figura a seguir.

FIGURA 76 – RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO



FONTE: Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2011/01/kassab-vistoria-obra-contra-enchentes-no-jardim-romano.html>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

- f) Drenagem forçada: Utilizada para áreas que estão abaixo do nível de água de cheias, consiste na proteção das áreas com diques, evitando a invasão das águas e drenagem de águas por bombeamento. (PHILIPPI, 2010).

3.2.2 Medidas não estruturais

As principais medidas não estruturais, de acordo com Philippi (2010), a serem destacadas são:

- Outorga para controle de cheias: Consiste na obtenção de autorização prévia para executar obras que possam interferir no regime dos rios.
- Leis de uso e ocupação do solo: A importância da medida reside em que o tipo de ocupação/cobertura que será dado ao solo é um dos principais fatores de controle e formação de cheias.
- Fixação de critérios para projetos de drenagem e obras de infraestrutura: Estabelecer critérios técnicos para evitar projetos incompatíveis na mesma região, bem como estabelecimento de critérios e normas para a construção de pontes, passarelas etc.
- Medidas de controle de cheias no próprio lote de forma individual: Consiste numa estrutura que impede a entrada da água de forma individual, seguido de um sistema de esgotamento.
- Restabelecimento parcial da capacidade de retenção de água do lote: Consiste na retenção temporária do escoamento superficial gerando sua intervenção, ou seja, retenção da quantidade de chuva que deixou de filtrar no solo devido à presença de uma estrutura urbana que impermeabiliza o solo.
- Seguro enchente: Fundo criado pela própria comunidade que reside em regiões propensas a inundações, em que cada proprietário contribui com valores fixados em função do risco.
- Sistemas de alerta: Planos de contingência, acionamento da Defesa Civil, bombeiros, polícia, nos casos de ocorrência de chuvas de grande intensidade.
- Educação ambiental e campanhas publicitárias: Objetivam conscientizar a população sobre a problemática e educar a fim de conhecer medidas que podem melhorar o quadro; um dos objetivos dessa medida é fazer a população atuar ativamente na questão da drenagem urbana e lixo urbano.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você viu que:

- A drenagem urbana e gerenciamento de águas pluviais constituem um dos problemas ambientais urbanos mais críticos, as inundações. Estas podem ser naturais ou decorrentes da urbanização.
- Os processos de urbanização descontrolados das grandes cidades, nos últimos anos, estão provocando impactos no ciclo hidrológico e sobre o ambiente aquático, pois há menos infiltração e mais escoamento superficial devido à impermeabilização do solo.
- A gestão de inundações e águas pluviais possui um instrumento básico de gestão, é o Plano da Bacia Hidrográfica, sendo que a drenagem urbana integrada dos municípios da bacia hidrográfica faz parte desse plano.
- Para projetar os sistemas de drenagem urbanos se considera um fator denominado período de retorno, que é a frequência em anos da ocorrência da chuva na intensidade estabelecida do projeto.
- Os sistemas de drenagem urbanos são constituídos conjuntamente por medidas estruturais e não estruturais.
- Como medidas estruturais, as principais são: coleta da água da chuva no lote e lançamento na rede; sistema de microdrenagem; sistema de macrodrenagem; reservatórios para controle de cheias; reservatórios urbanos de retenção; drenagem forçada.
- Como medidas não estruturais se destacam: outorga para controle de cheias; leis de uso e ocupação do solo; fixação de critérios para projetos de drenagem e obras de infraestrutura; medidas de controle de cheias no próprio lote de forma individual; restabelecimento parcial da capacidade de retenção de água do lote; seguro enchente; sistemas de alerta; programas de educação ambiental e campanhas publicitárias.

AUTOATIVIDADE



- 1 Qual é a diferença entre detenção e retenção no controle de inundações de centros urbanos? Pense e responda quais as vantagens e desvantagens de cada medida.
- 2 Descreva as principais estratégias de gestão de drenagem urbana para uma cidade existente e para uma futura nova cidade.
- 3 Quais as vantagens e desvantagens do controle por microdrenagem e macrodrenagem?
- 4 Quais são os tipos de inundações e os impactos relacionados?

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

1 INTRODUÇÃO

O último tópico da disciplina trata sobre Resíduos Sólidos Urbanos, ou seja, o que popularmente denominamos lixo domiciliar.

O processo de geração de resíduos sólidos urbanos pode ser considerado um problema social que surgiu após o abandono da vida nômade pelo homem. A partir do século XX, os hábitos de consumo e de produção da população sofreram alterações, devido principalmente à Revolução Industrial. Essas mudanças ocorreram em função do desenvolvimento tecnológico, com a intensificação da industrialização e com o forte investimento em *marketing* para aumentar o consumo de determinados produtos pela sociedade, aumentando ainda mais a geração de resíduos. O investimento em produtos descartáveis, que se tornam inúteis rapidamente, sofreu grande aumento com a mudança do ritmo de vida da população. O aumento da renda familiar representa um aumento também no padrão de consumo e, conseqüentemente, aumenta a geração de resíduos. Então, há uma relação entre a renda familiar e a geração de resíduos domiciliares no Brasil (PHILIPPI, 1999).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 1004 (ABNT 2004) define resíduos sólidos como:

Resíduos no estado sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados de equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou de corpo de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

2 PROBLEMA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

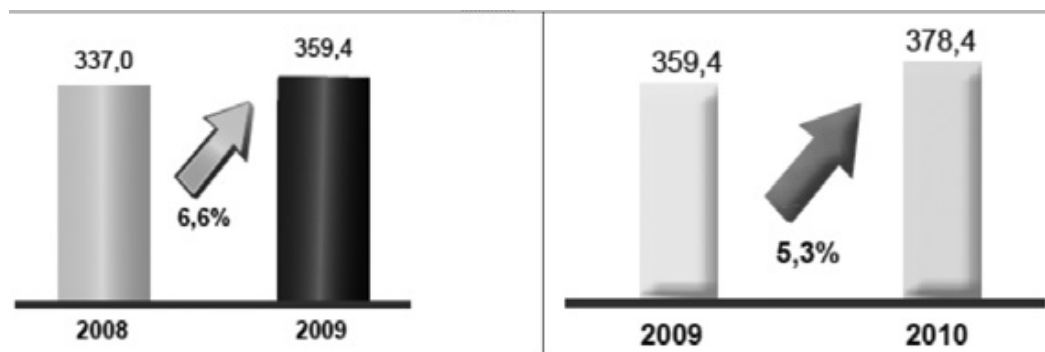
Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada em 2000, estima-se que são gerados no país perto de 157 mil toneladas de resíduos domiciliares e comerciais por dia, sendo que no ano da pesquisa, aproximadamente

80% da população brasileira contava com serviços regulares de coleta. Já o Diagnóstico Analítico da Situação da Gestão Municipal de Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental em 2003, do Ministério das Cidades, analisa comparativamente os números apresentados pelas PNSB de 1989 e de 2000:

Deve-se notar que houve um aumento significativo na quantidade de lixo coletada, em parte decorrente do aumento dos índices de coleta e em parte decorrente de mudanças nos padrões de consumo – se consome, por exemplo, muito mais embalagens e produtos descartáveis atualmente do que há dez anos. A massa de lixo coletada se ampliou de 100 mil toneladas em 1989 para 154 mil toneladas em 2000 - um crescimento de 54%, enquanto entre 1991 e 2000 a população cresceu 15,6%.

Segundo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009 e 2010, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), observou-se um crescimento de 6,6% na geração per capita de RSU em relação a 2008 e 5,3 % em relação a 2009, conforme a figura a seguir.

FIGURA 77 – AUMENTO DA GERAÇÃO PER CAPITA, EM KG/HAB./ANO, DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL DE 2008 A 2009 E 2009 A 2010



FONTE: ABRELPE (2009 e 2010)



Note que o crescimento mostrado na figura anterior é per capita, ou seja, é o crescimento de geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil sem considerar o aumento populacional. Portanto estamos num cenário em que cada habitante gera mais resíduos a cada ano e num cenário em que o número de habitantes como um todo também cresce cada ano, agravando ainda mais o problema dos resíduos sólidos urbanos.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As características do lixo podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades. O quadro a seguir expressa a variação das composições do lixo em alguns países.

QUADRO 15 – COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE ALGUNS PAÍSES (%)

COMPOSTO	BRASIL	ALEMANHA	HOLANDA	EUA
Matéria Orgânica	65	61,2	50,3	35,6
Vidro	3	10,4	14,5	8,2
Metal	4	3,8	6,7	8,7
Plástico	3	5,8	6	6,5
Papel	25	18,8	22,5	41

FONTE: IBAM (2001)

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, os resíduos sólidos podem ser classificados, considerando as características físicas dos mesmos, em: Geração *per capita*, composição gravimétrica, peso específico aparente e compressividade.

3.1 GERAÇÃO PER CAPITA

A "geração per capita" relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Muitos técnicos consideram de 0,6 a 0,97kg/hab.dia como a faixa de variação média para o Brasil (IBAM, 2001 e SNIS 2007). Na ausência de dados mais precisos, a geração per capita pode ser estimada através do quadro a seguir.

QUADRO 16 - GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE ACORDO COM O PORTE DO MUNICÍPIO

PORTE DO MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA (habitantes)	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab./dia)
Pequena	Até 30 mil	0,5
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

FONTE: IBAM (2001)

A geração per capita é um parâmetro fundamental para projetar as quantidades de resíduos a coletar e a dispor, sendo importante para dimensionamento de veículos necessários para a realização dos serviços. A “geração per capita” é um elemento básico para a determinação da taxa de coleta, bem como para o correto dimensionamento de todas as unidades que compõem o Sistema de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos.

3.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada, indicando a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico e/ou estudos de viabilidade técnica de métodos de aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos, bem como, ajuda a se efetuar um cálculo mais justo da tarifa de coleta e destinação final.

Como exemplo, apresentamos os resultados da análise gravimétrica da cidade de São Paulo, ao longo dos anos, realizada pela Prefeitura do Município de São Paulo em 2003, no quadro a seguir.

QUADRO 17 – COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RSU DA CIDADE DE SÃO PAULO EM PORCENTAGEM MÉDIA DE PESO POR ANO DE COLETA

ANO	PORCENTAGEM MÉDIA EM PESO (%)			
	1996	1998	2000	2003
Matéria Orgânica	55,7	49,5	48,2	57,5
Papel, Papelão e Jornal	16,6	18,8	16,4	11,1
Embalagem Longa Vida	—	—	0,9	1,3
Plásticos (Mole e Duro), PET e Isopor	14,3	22,9	16,8	16,8
Metais ferrosos	2,1	2	2,6	1,5
Metais Não Ferrosos (Alumínio)	0,7	0,9	0,7	0,7
Trapos, Panos, Couro e Borracha	5,7	3	*	4,1
Pilhas e Baterias	—	—	0,1	0,1
Vidro	2,3	1,5	1,3	1,8
Terra e Pedra	—	0,2	1,6	0,7
Madeira	—	1,3	2	1,6
Diversos	2,6		9,3	1

FONTE: Prefeitura do Município de São Paulo, 2003.



Pode-se observar que a matéria orgânica é o principal componente nos resíduos sólidos urbanos, fato que está de acordo com a realidade do Brasil e da maioria das sociedades no mundo. Entretanto, a proporção de matéria orgânica tende a diminuir conforme a sociedade se desenvolve, devido principalmente às mudanças de padrões de qualidade de vida, que fazem com que novos hábitos de consumo sejam adotados e mais produtos descartáveis sejam consumidos.

3.3 PESO ESPECÍFICO APARENTE

O Peso específico aparente é o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m^3 . Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações. Sendo que na ausência de dados mais precisos, podem-se utilizar os valores de 230kg/m^3 para o peso específico dos resíduos sólidos domiciliares (IBAM, 2001).



Este índice é fundamental para o correto dimensionamento da frota de coleta, assim como de contêineres e caçambas estacionárias e dimensionamento de estações de tratamento.

3.4 TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade representa a quantidade de água presente nos resíduos sólidos urbanos, medida em percentual do seu peso. Esse parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 40% a 60%.

Este índice tem influência direta sobre vários aspectos, sendo eles: a velocidade de decomposição da matéria orgânica no processo de tratamento por compostagem; poder calorífico e o peso específico aparente do lixo; e cálculo da produção de chorume e o correto dimensionamento do sistema de coleta de percolados (IBAM, 2001).

3.5 COMPRESSIVIDADE

A compressividade é o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada. Se o mesmo for submetido a uma pressão de 4kg/cm², o volume do lixo pode ser reduzido de um terço (1/3) a um quarto (1/4) do seu volume original, sendo muito importante para o dimensionamento de veículos coletores, estações de transferência com compactação e caçambas compactadoras estacionárias (IBAM, 2001).

3.6 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

As características químicas dos resíduos sólidos urbanos são um reflexo das propriedades químicas que estes materiais apresentam. Dentre as propriedades químicas dos resíduos sólidos urbanos, as que apresentam maior interesse na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos são:

- Poder calorífico: Quantidade de calor desprendida quando o material é submetido à queima. Conforme ABES (2003), dos resíduos urbanos são aproximadamente 10.000 kJ/kg;
- Potencial Hidrogeônico (pH): O potencial hidrogeônico indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos, sendo que em geral situa-se na faixa de 5 a 7 (IBAM, 2001).
- Composição química: A composição química consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras nos resíduos sólidos urbanos. Um exemplo pode ser visto no quadro a seguir.

QUADRO 18 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE SÃO PAULO EM 2003.

Elemento / Propriedade	%
Cádmio (mgCa/Kg)	----
Carbono (%C)	19,7
Cálcio (gCa/Kg)	46,8
Chumbo (mgPb)/Kg)	72
Cinzas a 600° C(%)	6,4
Cobre (mgCu/KG)	85,4
Cromo total (mgCr/Kg)	35,5
Fósforo Total (mgP/Kg)	759,2
Hidrogênio (%H)	9,6

Manganês (MgMn/Kg)	52,4
Mercurio (mgHg/Kg)	----
Nitrogênio (%N)	0,4
Níquel (mgNi/Kg)	13,7
Ph	6,3
Potássio (gK/Kg)	8,6
Voláteis a 600° C (%)	----
Umidade (%)	51,9
Zinco (mgZn/Kg)	92,4

FONTE: Prefeitura do Município de São Paulo, 2003.

- Relação carbono/nitrogênio (C:N): A relação carbono/nitrogênio indica o grau de decomposição da matéria orgânica do lixo nos processos de tratamento/ disposição final. Em geral, essa relação encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1. (IBAM, 2001).

3.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Em época de chuvas fortes o teor de umidade no lixo cresce. Há um aumento do percentual de alumínio (latas de cerveja e de refrigerantes) no carnaval e no verão. Portanto, é preciso tomar cuidado com os valores que traduzem as características dos resíduos, principalmente no que concerne às características físicas, pois os mesmos são muito influenciados por fatores sazonais, que podem conduzir o projeto a conclusões equivocadas.

Feriados e período de férias escolares influenciarão a quantidade de lixo gerada em cidades turísticas. Tais fatores se fazem mais perceptíveis e estão presentes de forma mais intensa conforme diminui o número de habitantes da localidade. Os principais fatores que exercem forte influência sobre as características dos resíduos estão listados no quadro a seguir.

4 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A Lei nº 12.305, de agosto de 2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos como: “Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável”.

O conceito de gerenciamento de Resíduos Sólidos, segundo a mesma PNRS, é:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei.

Neste capítulo apresentaremos a descrição e contextualização das técnicas consideradas corretas perante a legislação de gestão integrada de resíduos sólidos.

QUADRO 19 – FATORES QUE INFLUENCIAM AS CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

FATORES	INFLUÊNCIA
1. Climáticos	
Chuva	▪ aumento do teor de umidade
Outono	▪ aumento do teor de folhas
Verão	▪ aumento do teor de embalagens de bebidas
	(latas, vidros e plásticos rígidos)
2. Épocas especiais	
Carnaval	▪ aumento do teor de bebidas
	(latas, vidros e plásticos rígidos)
Natal / Ano Novo/ Páscoa	▪ aumento de embalagens (papel/papelão, plásticos maleáveis e metais)
Dia dos Pais/Mães	▪ aumento embalagens (papel/papelão e plásticos maleáveis e metais)
Férias escolares	▪ esvaziamento de áreas da cidade em locais não turísticos
	▪ aumento populacional em locais turísticos
3. Demográficos	
População urbana	▪ quanto maior a população urbana, maior a geração per capita
4. Socioeconômicos	
Nível cultural	▪ quanto maior o nível cultural, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica
Nível educacional	▪ quanto maior o nível educacional, menor a incidência de matéria orgânica
Poder aquisitivo	▪ quanto maior o poder aquisitivo, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica
Poder aquisitivo (no mês)	▪ maior o consumo de supérfluos perto do recebimento do salário (fim e início do mês)

Poder aquisitivo (na semana)	▪ maior consumo de supérfluos no fim de semana
Desenvolvimento tecnológico	▪ introdução de materiais cada vez mais leves, reduzindo o valor peso específico aparente dos resíduos
Lançamento de novos produtos	▪ aumento de embalagens
Promoção de lojas comerciais	▪ aumento de embalagens
Campanhas ambientais	▪ redução de materias não-biodegradáveis (plásticos) e aumento de materiais recicláveis e/ou biodegradáveis (papéis, metais e vidros)

FONTE: IBAM (2001)

4.1 ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO

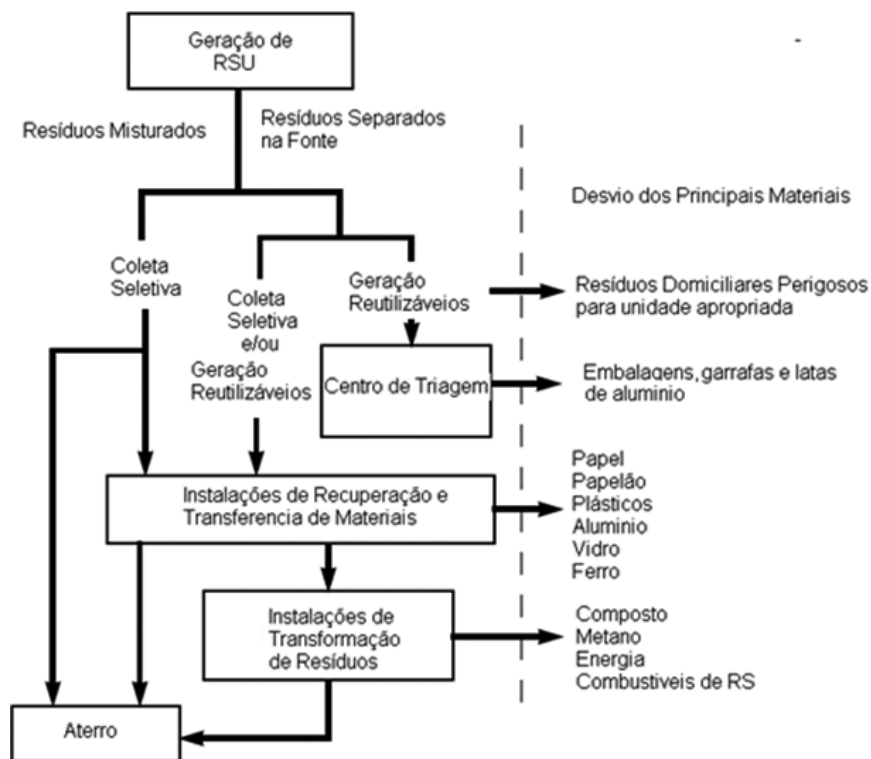
A Lei nº 12.305 estabelece as seguintes estratégias para gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil:

Art. 9º Na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

Sob essa ordem de prioridade podemos esquematizar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos conforme o fluxograma da figura a seguir.

FIGURA 78 – FLUXOGRAMA DA GESTÃO INTEGRADA DE RSU



FONTE: Tchobanoglous e Kreith (2002)

Obedecendo à ordem de prioridade estabelecida legalmente, Tchobanoglous e Kreith (2002) diferenciam oito estratégias para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, sendo elas:

a) Não geração

A não geração ocorre quando não são realizadas as etapas de extração de matéria-prima, confecção, transporte e o consumo final de bens de consumo. São observados aspectos de não geração de RSU em pequenas comunidades rurais onde o consumo, na maioria dos casos, restringe-se a alimentos naturais. As embalagens em quantidades restritas são reutilizadas para outros fins, enquanto os restos de alimentos são incorporados ao solo. Nesses casos a não geração é alcançada através de uma série de estratégias de gestão integrada (redução, reutilização, reciclagem etc.) realizada em pequena escala, “in situ”.

b) Redução

A redução na geração de RSU é possível quando for priorizado o consumo de bens duráveis, como, por exemplo, a preferência por garrafas de vidro em substituição às garrafas plásticas. Isto requer incentivo e políticas públicas para produção de itens retornáveis. A redução na fonte requer o redimensionamento dos processos, a incorporação de circuitos fechados de produção, estudo e implantação de novas matérias-primas, aumentando a durabilidade de produtos e bens de consumo.

c) Reutilização

A reutilização pode ser considerada como uma técnica onde o resíduo sólido é usado para uma finalidade igual ou distinta àquela que foi concebida originalmente, porém, sem que o resíduo sofra qualquer tratamento que inclua uma transformação química ou tratamento térmico.

d) Reciclagem

A reciclagem é, provavelmente, dentre todas as estratégias, a mais popular e representativa da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. A reciclagem consiste na reutilização de um resíduo sólido para a mesma ou diferentes finalidades daquelas que foram concebidas originalmente, porém com uma transformação físico-química no processo. Segundo, a reciclagem aumenta a eficácia das demais estratégias de um Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos, pois materiais não aptos para compostagem ou alternativas de aproveitamento energético, como vidros e metais, são segregados dos resíduos para reciclar.



Um exemplo é a reciclagem de pneus para obtenção de manta asfáltica.

e) Compostagem

A compostagem é uma técnica controlada e estruturada de provocar a decomposição aeróbica incompleta de matéria orgânica mediante a ação de microrganismos. O produto final é denominado “composto”, material sólido com aproximadamente 50% do volume inicial, rico em húmus e nutrientes como fósforo e nitrogênio.



Lembre-se, acadêmico(a), de que a compostagem também pode ser aplicada aos lodos resultantes do tratamento de esgotos, conforme visto nos tópicos anteriores.

Apesar de a compostagem ser amplamente praticada em alguns países, Tchobanoglous e Kreith (2002) citam que essa técnica apresenta os seguintes problemas operacionais se aplicada aos RSU:

- Geração de chorume que pode contaminar lençóis freáticos;
- Possibilidade da biomassa a ser compostada estar contaminada por pesticidas e fungicidas, contribuindo para a periculosidade do chorume;
- Contaminação atmosférica devido à liberação de compostos orgânicos voláteis;
- Necessidade de grandes áreas para sua implantação;
- Baixa aceitação comercial do “composto” gerado a partir de RSU.

φ) **Aproveitamento energético**

Consiste em considerar os resíduos sólidos urbanos como fonte de energia renovável, podendo obter, aparentemente, várias vantagens ambientais e socioeconômicas, como: Geração de energia elétrica; vapor; combustíveis gasosos; líquidos e sólidos; redução de consumo de fontes não renováveis de energia, redução de emissões de gases etc.

γ) **Tratamentos físico-químicos**

Essa técnica compreende uma série de tratamentos físico-químicos aos resíduos sólidos que são quimicamente instáveis, perigosos, de grande volume e que não são aptos para a reutilização, reciclagem e/ou aproveitamento energético. Exemplos de tratamentos são: a inertização de cromo em cimento, incineração de medicamentos vencidos, incineração visando à redução de volume dos resíduos, entre outros. Desta maneira, estes tipos de resíduos passam a ter um poder poluidor minimizado.

η) **Disposição final ambientalmente adequada**

A Disposição Final Ambientalmente Adequada é a estratégia a ser aplicada aos rejeitos das etapas anteriores com a distribuição ordenada em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

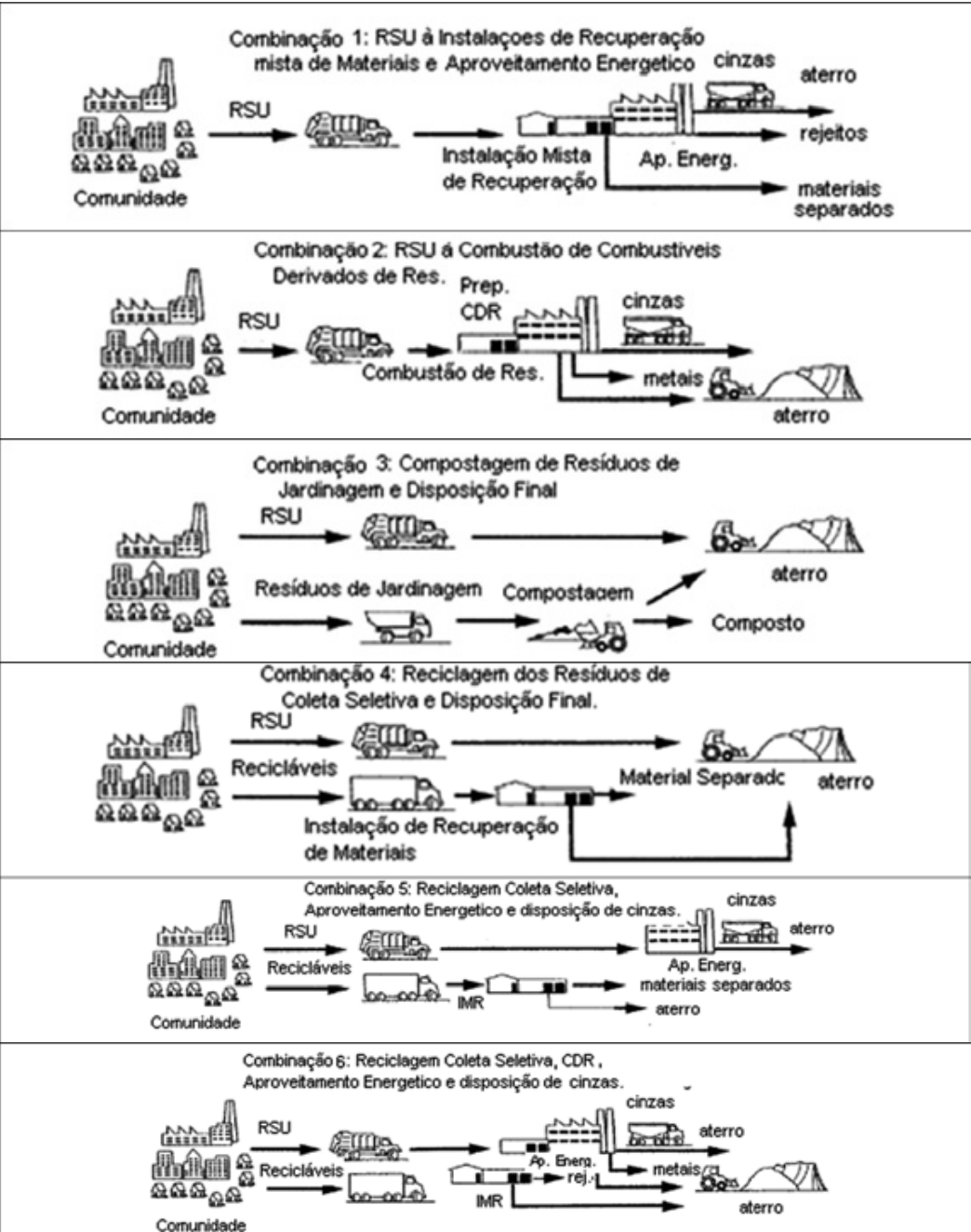


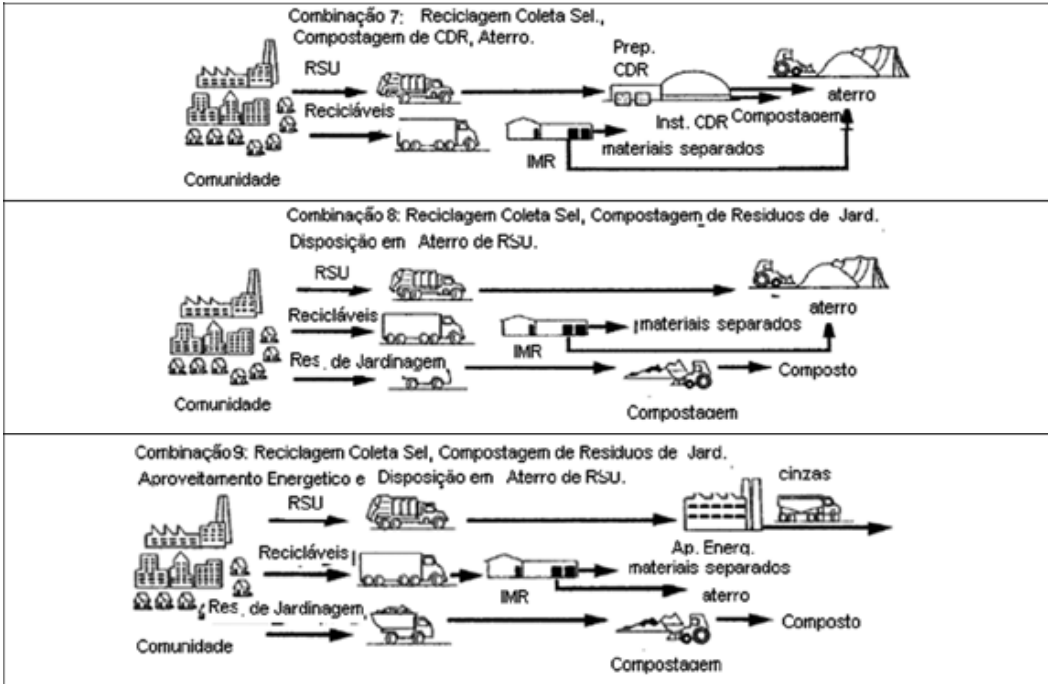
Recordamos que um lixão não é considerado como “disposição final ambientalmente adequada”, pois consiste numa área de disposição final de resíduos sólidos sem nenhuma preparação anterior do solo. Não possui um sistema de tratamento de efluentes líquidos, o chorume penetra pela terra transportando substâncias contaminantes para o solo e para o lençol freático, sendo que o lixo fica exposto a céu aberto, sem nenhum procedimento que evite as consequências ambientais e sociais negativas, como vetores transmissores de doenças. Além do mais, num lixão os resíduos podem ser arrastados pelas chuvas, obstruindo os sistemas de drenagem urbana. A presença de lixões em centros urbanos representa graves problemas de saneamento ambiental.

4.2 COMBINAÇÕES DE ESTRATÉGIAS

As estratégias e alternativas de gerenciamento de resíduos urbanos apresentadas anteriormente podem ser combinadas de várias formas, dependendo de características intrínsecas de cada região ou localidade. As combinações de gerenciamento mais comuns estão representadas no quadro a seguir.

QUADRO 20 - COMBINAÇÕES MAIS COMUNS DAS ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS





FONTE: Tchobanoglous e Kreith (2002)



Legenda para interpretação do quadro anterior:

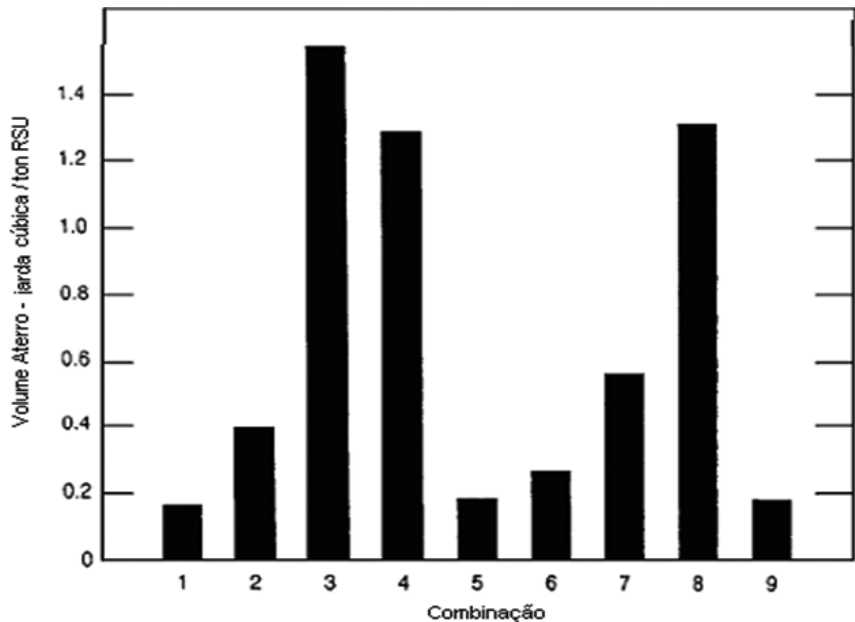
- RSU: Resíduos Sólidos Urbanos;
- Ap. Energ.: Aproveitamento Energético;
- Prep. CDR: Preparação de Combustíveis Derivados de Resíduos;
- Combustão de Res.: Combustão de Resíduos Sólidos;
- IMR: Instalação mista de recuperação;
- Res. De Jardinagem: Resíduos de poda, varrição pública e jardinagem.



Os Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR) são partículas sólidas usadas como fonte de energia em máquinas térmicas de aproveitamento energético. Os CDR são produzidos através da trituração, pressurização e/ou tratamento com vapores de resíduos sólidos urbanos.

Provavelmente o principal objetivo de uma Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos é diminuir ao máximo o volume de resíduos que chegam ao aterro, diminuindo com isso ao máximo o impacto ambiental de ocupação de solos. Nesse sentido, a figura a seguir representa o tamanho equivalente de aterro necessário para depositar os rejeitos resultantes de cada uma das nove combinações de gerenciamento apresentadas no quadro anterior.

FIGURA 79 – VOLUME DE ATERRO NECESSÁRIO PARA CADA UMA DAS NOVE COMBINAÇÕES DE ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO



FONTE: Tchobanoglous e Kreith (2002)

LEITURA COMPLEMENTAR

SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL



Números mais importantes:

- Apenas 44,5% da população brasileira está conectada a uma rede de esgotos.
- Do esgoto coletado, somente cerca de 37,9% é tratado.

Fonte: SNIS 2009 (Ministério das Cidades).

- Cada R\$ 1 investido em saneamento gera economia de R\$ 4 na área de saúde.

Fonte: Organização Mundial da Saúde, 2004.

- O Brasil é o 9º colocado no *ranking* mundial “da vergonha”, com 13 milhões de habitantes sem acesso a banheiro.

Fonte: Estudo Progress on Sanitation and Drinking Water – OMS/UNICEF, 2010.

- Entre 2003 e 2008 houve um avanço de 4,5% no atendimento de esgoto e de 14,1% no tratamento de esgoto das 81 maiores cidades do país, com mais de 300 mil habitantes.
- 72 milhões é o número de habitantes dessas cidades.
- 129 litros de água por dia é o consumo médio desta população.
- 150 litros de água por dia é o consumo médio do brasileiro.
- 80% em média da água consumida se transforma em esgoto.

- 9,3 bilhões de litros de esgoto é o total gerado todos os dias por essa população
- Essas cidades despejam, diariamente, 5,9 bilhões de litros de esgoto sem tratamento algum, contaminando solos, rios, mananciais e praias do país, com impactos diretos à saúde da população.
- Em média, apenas 36% do esgoto gerado nessas cidades recebem algum tipo de tratamento.

Fonte: Ranking Trata Brasil com avaliação dos serviços de saneamento nas 81 maiores cidades do país, 2010.

- Em 2009 a participação dos domicílios atendidos pelo serviço de rede coletora ou por fossa séptica à rede coletora foi de 59,1%;
- As regiões Norte e Nordeste tiveram as menores parcelas de domicílios atendidos por este serviço, com 13,5% e 33,8%, respectivamente, do total de domicílios da região, equivalentes a, respectivamente, 555 mil e 5,2 milhões de domicílios;

Fonte: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Síntese dos Indicadores de 2009 – IBGE, 2010.

- Investe-se muito pouco em saneamento, o que torna a universalização muito distante. Deveriam ser investidos 0,63% do PIB, mas efetivamente são investidos apenas 0,22%.
- Menos de 30% das obras do PAC Saneamento foram concluídas até 2010 (Ministério das Cidades).
- Estudo do Trata Brasil “De Olho no PAC”, que acompanha a execução de 101 grandes obras de saneamento em municípios acima de 500 mil habitantes, mostra que somente 4% de obras foram finalizadas. Cerca de 60% destas obras estão paralisadas, atrasadas ou ainda não iniciadas.

Fonte: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Síntese dos Indicadores de 2009 – IBGE, 2010.

Impactos à sociedade:

- Por ano, 217 mil trabalhadores precisam se afastar de suas atividades devido a problemas gastrointestinais ligados à falta de saneamento. A cada afastamento perdem-se 17 horas de trabalho.
- A probabilidade de uma pessoa com acesso a rede de esgoto faltar às suas atividades normais por diarreia é 19,2% menor que uma pessoa que não tem acesso à rede.
- Considerando o valor médio da hora de trabalho no país de R\$ 5,70 e apenas os afastamentos provocados apenas pela falta de saneamento básico, os custos chegam a R\$ 238 milhões por ano em horas-pagas e não trabalhadas.
- De acordo com o DATASUS, em 2009, dos 462 mil pacientes internados por infecções gastrointestinais, 2.101 faleceram no hospital.
- Cada internação custa, em média, R\$ 350,00. Com o acesso universal ao saneamento, haveria uma redução de 25% no número de internações e de 65% na mortalidade, ou seja, 1.277 vidas seriam salvas.

Fonte: Pesquisa Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro – Trata Brasil/ FGV, 2010.

- A diferença de aproveitamento escolar entre crianças que têm e não têm acesso ao saneamento básico é de 18%;
- 11% das faltas do trabalhador estão relacionadas a problemas causados por esse mesmo problema;
- Apesar do relevante aumento de arrecadação e renda resultantes de maior fluxo de pessoas em 20 destinos turísticos indicados pela Embratur, essas localidades acusam ainda um subinvestimento das necessidades básicas;
- Cada 1 milhão investido em obras de esgoto sanitário gera 30 empregos diretos e 20 indiretos, além dos permanentes quando o sistema entra em operação. Com o investimento de R\$ 11 bilhões por ano reivindicado pelo setor de saneamento, calcula-se que sejam gerados 550 mil novos empregos no mesmo período;
- Se os investimentos em saneamento continuarem no mesmo ritmo, apenas em 2122 todos os brasileiros teriam acesso a esse serviço básico.
- As 81 maiores cidades do país, com mais de 300 mil habitantes, despejam, diariamente, 5,9 bilhões de litros de esgoto sem tratamento algum, contaminando solos, rios, mananciais e praias do país, com impactos diretos à saúde da população.

Fonte: Pesquisa Saneamento, Educação, Trabalho e Turismo – Trata Brasil/FGV, 2008.

Ganhos ao cidadão e ao país:

- Ao ter acesso a rede de esgoto, um trabalhador aumenta a sua produtividade em 13,3%, permitindo assim o crescimento de sua renda na mesma proporção.
- Com a universalização do acesso a rede de esgoto, a estimativa é que a massa de salários, que hoje gira em torno de R\$ 1,1 trilhão, se eleve em 3,8%, provocando um aumento na renda de R\$ 41,5 bilhões por ano.
- A universalização do acesso a rede de esgoto pode ainda proporcionar uma valorização média de até 18% no valor dos imóveis.
- A valorização dos imóveis pode alcançar R\$ 74 bilhões, valor 49% maior que o custo das obras de saneamento avaliado em R\$ 49,8 bilhões (considerando apenas novas ligações).
- Em longo prazo, o acesso à rede de esgoto implicaria um aumento na arrecadação do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) na mesma proporção do valor médio dos imóveis, um ganho estimado de R\$ 385 milhões ao ano. Já no Imposto Sobre Transferência de Bens de Imóveis (ITBI) o crescimento esperado é superior a R\$ 80 milhões por ano.

Fonte: Pesquisa Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro – Trata Brasil/FGV, 2010.

O Brasileiro conhece o tema do Saneamento?

- Pesquisa feita com 1.008 responsáveis por domicílios nos municípios com mais de 300 mil habitantes (79 cidades), em 2008, revelou que 31% da população desconhecem o que é Saneamento e somente 3% o relacionam à saúde;
- Pouco mais de $\frac{1}{4}$ dos entrevistados desconhece o destino no esgoto da sua cidade, percentual similar aos que acreditam que os resíduos seguem para uma estação de tratamento. Para $\frac{1}{3}$ dos entrevistados o esgoto segue direto para os rios;

- 84% consideram sua qualidade de vida melhor ou muito melhor em função da maneira como seu esgoto é coletado;
- A maioria dos entrevistados, 68%, entende que a administração municipal é a responsável pelos serviços de saneamento básico;
- Quase metade dos entrevistados (41%) não pagaria para ter seu domicílio ligado à rede coletora de esgotos. O julgamento em relação à qualidade dos serviços justifica este posicionamento: 1/4 estão insatisfeitos ou muito insatisfeitos com os serviços de coleta e de tratamento de esgoto;
- Seja na cidade ou nas escolas, a maioria dos entrevistados afirma que não houve campanha eleitoral para divulgar a importância da coleta e do tratamento do esgoto. Entre os que não estão ligados à rede, 85% e 70% não presenciaram as campanhas na cidade ou nas escolas, respectivamente, deflagrando a demanda por informação e esclarecimento nestes âmbitos.

Fonte: Percepções dos Brasileiros sobre Saneamento Básico – Trata Brasil/Ibope, 2009.

FONTE: Texto publicado pelo Instituto Trata Brasil, uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público – que tem como objetivo coordenar uma ampla mobilização nacional para que o país possa atingir a universalização do acesso à coleta e ao tratamento de esgoto. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/detalhe.php?secao=20>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

RESUMO DO TÓPICO 4

Neste tópico, você viu que:

- A problemática dos resíduos sólidos urbanos se intensifica no século XX, onde os hábitos de consumo e de produção da população sofreram alterações, devido principalmente à Revolução Industrial e produção de produtos descartáveis que ficam obsoletos cada vez mais rapidamente. Adicionalmente, o aumento da renda familiar representa um aumento também no padrão de consumo e, consequentemente, aumenta a geração de resíduos.
- No Brasil observou-se um crescimento de 54% na geração de resíduos sólidos urbanos, enquanto entre 1991 e 2000 a população cresceu 15,6%.
- As características do lixo podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos. No Brasil, uma composição aproximada dos resíduos apresenta aproximadamente 65% de matéria orgânica, 25% de papel e o restante é composto por vidros, metais e plásticos.
- Os principais parâmetros físicos de caracterização de resíduos, úteis para determinar estratégias de gerenciamento, são: geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente e compressividade.
- Os principais parâmetros químicos de importância dos resíduos sólidos urbanos são: o pH; o poder calorífico e sua composição química.
- Na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- Observando a prioridade legal, classificamos oito estratégias para a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, sendo elas: Não geração, redução, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação energética, tratamento (físico-químico) e disposição final ambientalmente adequada.
- As estratégias e alternativas de gerenciamento de resíduos urbanos apresentadas anteriormente podem ser combinadas de várias formas, dependendo de características intrínsecas de cada região ou localidade.
- O objetivo de uma gestão integrada eficiente é diminuir ao máximo o volume de rejeitos que são destinados a aterros sanitários.



- 1 Como é o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em sua cidade? Há coleta seletiva? Existe algum tipo de tratamento químico ou térmico realizado? Em qual das nove estratégias do Quadro 6 o gerenciamento de sua cidade se enquadra?
- 2 Conhecendo o gerenciamento de resíduos de sua cidade e observando a Figura 78, responda: Quais estratégias e técnicas poderiam ser aplicadas em sua cidade para diminuir o volume de lixo que é depositado em aterros sanitários?
- 3 Com base nos conhecimentos adquiridos na disciplina, observe o Quadro 20 e responda:
 - a) Quais são as três combinações de estratégias que menos geram rejeitos destinados a aterros sanitários?
 - b) Quais estratégias essas três combinações têm em comum?
 - c) Aplicar essas combinações de estratégias traz somente impactos positivos, como a redução de volume dos aterros, ou também possui impactos negativos?
 - d) Identifique quais poderiam ser esses impactos negativos.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Glossário de Termos Usuais em Ecologia. ACIESP: São Paulo. 1980. 159p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2009. ABRELPE, 2010. 210p. Disponível em: <[http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2009 .pdf](http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2009.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010. ABRELPE, 2011. 202p. Disponível em: <http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2010 .pdf>. Acesso em: 3 mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação: NBR 13969. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: NBR 7229. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento: NBR 9648. Rio de Janeiro, 1986.

BARROS, R.T.V. et al. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BRAGA ET AL. Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2007. 318p.

CAMILO, Fabiano. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde. 2006. 286p. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/manual_procedimentos_agua _b.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/manual_procedimentos_agua_b.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2012.

CAMILO, FABIANO. Vigilância e controle da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde. 2006. 213p. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). Os trihalometanos na água de consumo humano. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

DAWDY, D. R. Knowledge of sedimentation in urban environments. Journal of the hydraulics division ASCE V 93 N. HY 6 p. 235-245. 1967.

DEMOLINER, Karine Silva. Água e saneamento básico: Regimes Jurídicos e Marcos Regulatórios no Ordenamento Brasileiro. São Paulo: Livraria do Advogado, 2008.

FERNANDES, C. Esgotos sanitários. Paraíba: Universitária, 1997.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). Manual de saneamento. Brasília: Núcleo de Editoração e Mídias de Rede/Ascom/Presi/Funasa/MS. 2006. 409p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). Manual de saneamento. Brasília: Núcleo de Editoração e Mídias de Rede/Ascom/Presi/Funasa/MS. 1999. 373p.

GARCEZ, LUCAS NOGUEIRA. Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1976. 356p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

LIBÂNEO, et. al. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Vigilância e controle da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde. 2006. 212p.

MACÊDO, J. A. B. Determinação de trihalometanos em águas de abastecimento público e de indústria de alimentos. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 3, n. 1, p. 7, março 1997.

MANAHAN, Stanley E. Environmental Chemistry. 6th Edition. Lewis Publishers, 1994.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Control of Water Pollution from Urban Runoff. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris. 1986. 96p.

PHILIPPI JR., ARLINDO. Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2010. 832p.

PHILLIPI JUNIOR, Arlindo. Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Manole, 2004.

PHILIPPI JR., ARLINDO. Reuso de água. Barueri, SP: Manole, 2003. 550p.

PHILIPPI JR., A. Agenda 21 e resíduos sólidos. In RESID'99, 1999, São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 30 set. 1999. p.15-25.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Caracterização gravimétrica e físico – química dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo. São Paulo. 2003. 133p. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/RelatorioGeral2003.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428p.

SILVEIRA, A.L.L. Provável efeito urbano nas relações IDF das chuvas de Porto Alegre. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. vol. 2, n. 2, p. 93-107. jul./dez.1997. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v2/v2n2/v2n2093-107.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

SOUZA. Adilson Luiz de Paula Souza, et. al. Toxicologia dos trilhaometanos formados em águas de abastecimento. In: VI Semana de Estudos de Engenharia Ambiental. Unicentro. Paraná. 2008. 8p.

TCHOBANOGLOUS, George; KREITH, Frank. Handbook of solid waste management. 2. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2002. 950p.

TUCCI, CARLOS E.M. Gestão das inundações urbanas. Porto Alegre. 2005. 200p. Disponível em: <http://www.sedur.ba.gov.br/pemapes/pdf/material_tecnico/Manual_Gestao_Inundacoes_Urbanas_Tucci_2005.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2012.

VARGAS, Lidia de. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría. v. 1. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 2004.

Sites consultados:

<<http://www.ana.gov.br>>.

<<http://www.anvisa.gov.br>>.

<<http://bvsms.saude.gov.br>>.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/História_das_cidades>.

<<http://www.cnpma.embrapa.br>>.

<<http://www.fiocruz.br/ccs/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=6&infoid=290>>.

<<http://www.limpabrasil.com>>.

<<http://www.observatorioeco.com.br>>.

<<http://dc351.4shared.com/doc/p9482T5v/preview.html>>.

<<http://www.rio20.info/2012/sobre>>.

<www.feg.unesp.br>.

<www2.pucpr.br>.

<http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_1683724298_A%20%C3%A1gua%20e%20sua%20qualidade.pdf>.

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>.

<<http://www.mma.gov.br>>.

<<http://www.brasile scola.com>>

<www.feg.unesp.br>.

<<http://www.ibama.gov.br>>.

<<http://pnqa.ana.gov.br>>.

<http://www.fozdo brasil.com.br/fozwp/santa-gertrudes/files/2011/10/Portaria_MS_2914-11.pdf>.

ANOTAÇÕES

[illegible]