

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

[modalidade a distância]

Princípios de hidrologia ambiental

Parceria Acadêmica:



Universidade Federal de Alagoas



Universidade Federal de Santa Catarina

Financiamento:



ÍNDICE

PRINCÍPIOS DE HIDROLOGIA AMBIENTAL	1
1. HIDROLOGIA	3
1.1 Introdução	4
1.2 Climatologia	4
1.3 Ciclo Hidrológico	7
1.4 Balanço Hídrico	8
2. BACIA HIDROGRÁFICA	15
2.1 Definições introdutórias	16
2.2 Delimitação de uma Bacia Hidrográfica	19
2.3 Caracterização de bacias hidrográficas	21
2.3.1 Características do Relevo de uma Bacia	24
3. PRECIPITAÇÃO	31
3.1 Precipitação	32
3.2 Preenchimento de falhas	35
3.3 Verificação da homogeneidade dos dados	36
3.4 Precipitações médias sobre uma bacia hidrográfica	38
3.4.1 Método da Média Aritmética	38
3.4.2 Método dos Polígonos de Thiessen	39
3.4.3 Método das Isoietas	41
4. EVAPORAÇÃO, TRANSPIRAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO	47
4.1 Evaporação	48
4.2 Transpiração e Evapotranspiração	51
5. INFILTRAÇÃO	57

5.1	Infiltração e conceitos relacionados ao processo	58
5.2	Quantificação da infiltração	60
6.	ESCOAMENTO SUPERFICIAL	67
6.1	Formação e classificação do escoamento superficial	68
6.1.1	Fatores que intervêm no Escoamento Superficial	69
6.1.2	Medição de níveis de água e vazão em rios	71
6.2	Curva-chave	80
7.	CONSEQUÊNCIAS DAS AÇÕES ANTRÓPICAS NOS ESCOAMENTOS	87
7.1	Escoamento superficial	88
7.2	Escoamento subterrâneo	92
8.	FONTES, DISPONIBILIDADE E USO DA ÁGUA	101
8.1	Fontes de água	102
8.2	Disponibilidade hídrica versus qualidade da água	109
8.3	Usos da água	115
9.	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	127
9.1	Definição de poluição	128
9.2	Poluição nos mananciais superficiais	130
9.2.1	Poluição química das águas	132
9.3	Quantificação dos poluentes em mananciais superficiais	133
9.3.1	Esgotos domésticos e industriais	133
9.3.2	Esgotos domésticos	133
9.3.3	Esgotos industriais	133
9.4	Poluição dos mananciais subterrâneos	134
9.4.1	Formas de poluição das águas subterrâneas	136
9.4.1.1	Poluição urbana e doméstica	136
9.4.1.2	Poluição agrícola	137
9.4.1.3	Poluição industrial	137
9.4.1.4	Intrusão salina	138
10.	QUALIDADE DA ÁGUA	143
10.1	Variáveis físicas e organolépticas	145

10.1.1 Cor	146
10.1.2 Temperatura	147
10.1.3 Sabor e Odor	148
10.1.4 Turbidez	148
10.1.5 Sólidos	150
10.1.6 Condutividade elétrica	151
10.2 Variáveis Químicas	152
10.2.1 pH (potencial hidrogeniônico)	152
10.2.2 Constituintes Orgânicos	152
10.2.3 Fenóis	153
10.2.4 Fósforo Total	153
10.2.5 Manganês	154
10.2.6 Oxigênio Dissolvido (OD)	155
10.2.7 Nitrogênio - (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico)	156
10.2.8 Sódio	157
10.2.9 Sulfactantes	158
10.3 Variáveis Microbiológicas	159
11. COLETA DE ÁGUA PARA MONITORAMENTO E CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA	163
11.1 Procedimento adequado para coleta em rios	166
11.2 Procedimento adequado para coleta em torneira	167
11.3 Coleta de amostra de água em poço raso	168
11.4 Cuidados na amostragem para análise microbiológica	168
12. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	173
13. BIBLIOGRAFIA	191

Princípios de hidrologia ambiental

Cleuda Custódio Freire, Dra.

Dra. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH/UFRGS

Sylvia Paes Farias de Omena, MSc

MSc. Hidráulica e Saneamento, EESC/USP

Esta disciplina foi desenvolvida utilizando como material de apoio os conteúdos elaborados para o Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos UFSC/UFAL, com financiamento do CNPq, no ano de 2005.

INTRODUÇÃO À DISCIPLINA

OBJETIVOS DA DISCIPLINA



Esta disciplina tem por objetivo apresentar e discutir 6 temas ligados à hidrologia ambiental:

- definir Hidrologia;
- discutir a importância do ciclo hidrológico na Gestão dos Recursos Hídricos; apresentar climatologia e suas relações com a Hidrologia, o ciclo hidrológico e o balanço hídrico;
- estudar os processos hidrológicos e os meios de quantificação;
- identificar as fontes de água e as relações entre disponibilidade e qualidade de água;
- identificar os poluentes e a forma de monitoramento para estudos relacionados à qualidade da água;
- apresentar e discutir as doenças de veiculação hídrica.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Reconhecer e/ou identificar os problemas de gestão de recursos hídricos associados às questões hidrológicas e ambientais e conhecer as técnicas e instrumentos para resolver, sob o ponto de vista hidrológico, as questões relacionadas à Gestão de Recursos Hídricos.

A disciplina de **Princípios de hidrologia ambiental** está estruturada em 12 capítulos que tratarão de aspectos referentes à quantidade e à qualidade das águas.

Os 12 capítulos da disciplina Princípios de Hidrologia Ambiental

- Hidrologia
- Bacia Hidrográfica
- Precipitação
- Evaporação, Transpiração e Evapotranspiração
- Infiltração
- Escoamento Superficial
- Consequências das ações antrópicas nos escoamentos
- Fontes, disponibilidade e uso da água
- Poluição das águas
- Qualidade da água
- Coleta de água para monitoramento e controle de qualidade de água
- Doenças de veiculação hídrica

Os conteúdos dos seis primeiros capítulos abordam os aspectos conceituais que estruturam a disciplina da hidrologia e os demais 6 capítulos buscam oferecer elementos de qualificação dos impactos das ações antrópicas sobre os recursos hídricos.

Assim como nas primeiras disciplinas do Curso, também estão definidos aqui três instrumentos de apoio para sua construção de **sínteses**, de **conhecimento teórico-prático** e de **sistematização dos aprendizados**.

Em cada capítulo você encontrará um tópico final que destacará os **Principais Temas Estudados**. Estes elementos servem de apoio para que você estruture os registros e a sistematização de seu processo de estudo da disciplina. Além disso, você dispõe de atividades de fixação dos conteúdos e de aproximação de sua realidade que são as chamadas "**Ligando as Ideias**" e "**Construindo Conceitos**".

Ao final de cada capítulo estão as folhas específicas para que você faça suas anotações cotidianas de estudo e que lhe auxiliarão a compor seu "**Caderno de estudos e práticas**". Neste instrumento de sistematização você poderá também registrar os processos de reflexão e amadurecimento conceitual que ocorreram em suas interações no **Campus Virtual**, seja com os **colegas** ou com a **tutoria do Curso**.

Agora é hora de avançar no estudo desta nova disciplina do curso.

Bons estudos e boas práticas virtuais!

1 HIDROLOGIA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- definir Hidrologia.
- discutir sua importância na Gestão dos Recursos Hídricos.
- apresentar climatologia e suas relações com a hidrologia, o ciclo hidrológico e o balanço hídrico.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer as definições e conceitos de suporte que dão estrutura à ação da Hidrologia no ambiente.

1.1 INTRODUÇÃO

A Hidrologia é a ciência que estuda a **água na Terra**, sua **ocorrência, circulação, distribuição**, suas **propriedades físicas e químicas** e sua **relação com o meio ambiente**. É uma ciência que está voltada para a representação dos processos físicos que ocorrem na **bacia hidrográfica**, baseando-se na observação dos processos envolvidos (Tucci, 2001).

A água é um mineral presente em toda a natureza, nos estados sólido, líquido e gasoso. Além de ser essencial para a sobrevivência de homens e animais, a água pode exercer a função de **receber, diluir e transportar efluentes**. É considerada um recurso natural peculiar, pois se renova pelos processos físicos do **ciclo hidrológico**.

No entanto, pelas suas mais diversas potencialidades de uso, a água passou a ser um recurso escasso. As demandas de uso para as mais diversas finalidades, a partir do século XX, passaram a ter um aumento significativo em relação à disponibilidade. Foi reconhecido, ainda, o fato político lamentável de que 47% da área do globo são compostos por bacias hidrográficas compartilhadas por mais de um país. Essa constatação justifica vários conflitos internacionais no mundo inteiro, tendo como tema principal a água (Villiers, 2002).

Considerando uma menor escala político-administrativa, em áreas localizadas dentro de um mesmo País, Estados e até mesmo Municípios, os conflitos também ocorrem. A água, em determinadas regiões, está praticamente indisponível, seja por motivos de quantidade ou de qualidade.

A gestão da água se faz necessária para que os conflitos sejam discutidos, minimizados e possivelmente sanados e a água possa ser utilizada de forma racional por todos e para os mais diversos fins.

1.2 CLIMATOLOGIA

É o ramo da ciência que estuda o **clima**. Inclui dados climáticos, a análise das causas das diferenças no clima e a aplicação de dados climáticos na solução de objetivos específicos ou problemas operacionais.

A **Climatologia** está diretamente relacionada com a **Hidrologia** em função dos principais fatores que influenciam o clima. São eles:

- **Temperatura** – é a quantidade de calor que existe no ar. Corresponde à quantidade de energia absorvida pela atmosfera após a propagação do calor absorvido pelo planeta nas porções sólidas e líquidas.
- **Umidade** – corresponde à quantidade de vapor de água encontrada na atmosfera.
- **Pressão Atmosférica** – pressão exercida pela atmosfera sobre qualquer superfície, em virtude de seu peso. Pode variar de acordo com a altitude e latitude.
- **Vento** – ar atmosférico em movimento.
- **Chuvas** - são resultados da saturação do vapor d'água que se condensa passando do estado gasoso para o líquido.

Tipos de chuvas:

Frontais - quando duas massas com temperatura e pressão opostas e proporcionais se encontram, ocorre a condensação do vapor e a precipitação da água em forma de chuva. Comuns no litoral nordestino. Esses choques ocasionam, no verão, chuvas intensas e de menor duração, e, no inverno, chuvas mais longas e de menor intensidade (Figura 1.1).

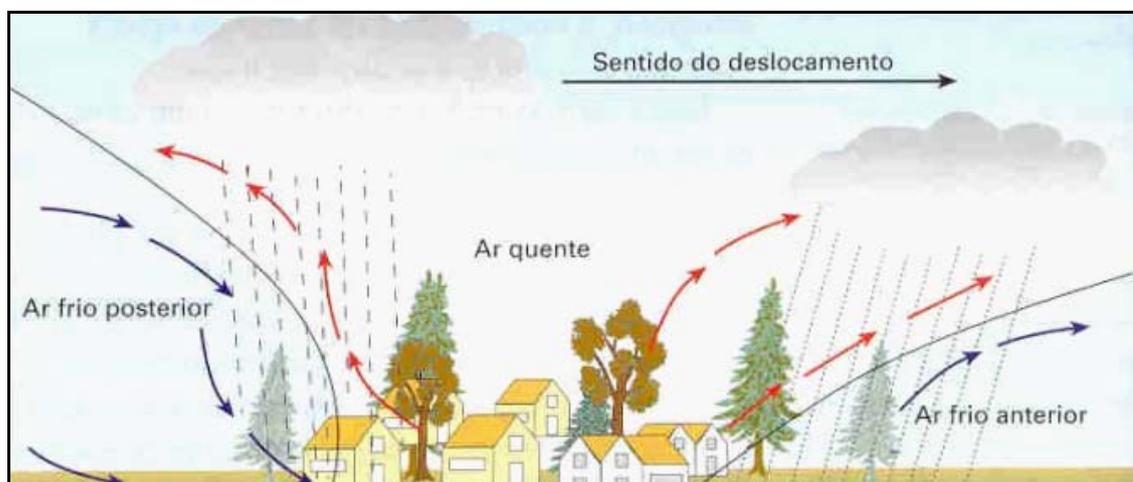


Figura 1.1 Chuvas frontais.
Fonte: RCTS, 2009.

Convectivas - ocorre em função da subida do ar contendo muito vapor d'água e que ao ganhar altitude entra em contato com as camadas frias e sofre

condensação e posterior precipitação. O ar quente e úmido sobe e desce frio e seco. São chuvas de grande intensidade e pequena duração, podendo ocasionar inundações em pequenas bacias (Figura 1.2).

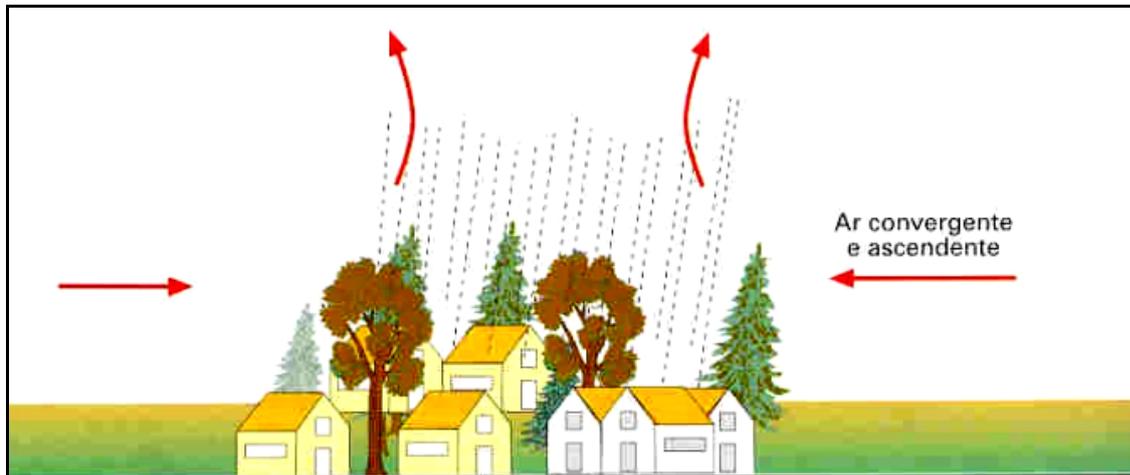


Figura 1.2 Chuvas convectivas.
Fonte: RCTS, 2009.

Orográficas – quando a massa de ar encontra uma barreira natural (montanha) é obrigada a ganhar altitude onde pode ocorrer a queda de temperatura e a condensação do vapor. São chuvas comuns no Nordeste continental (Chapada Diamantina) e no Sudeste (Serra do mar). Estas são de menor intensidade e maior duração (Figura 1.3).



Figura 1.3 Chuvas orográficas.
Fonte: RCTS, 2009.

LIGANDO AS IDEIAS

Qual o tipo de chuva predominante em sua região, em cada estação do ano? Na região onde você reside ocorrem inundações resultantes de chuvas convectivas?

Verifique estas questões e anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

1.3 CICLO HIDROLÓGICO

A água, existente em praticamente todo o planeta, na atmosfera, na superfície dos continentes, nos mares, oceanos e subsolo, encontra-se, nos seus diferentes estados físicos, em permanente circulação, desenvolvendo um processo denominado **ciclo hidrológico**, conforme apresentado na Figura 1.4 (Santos et al., 2001).

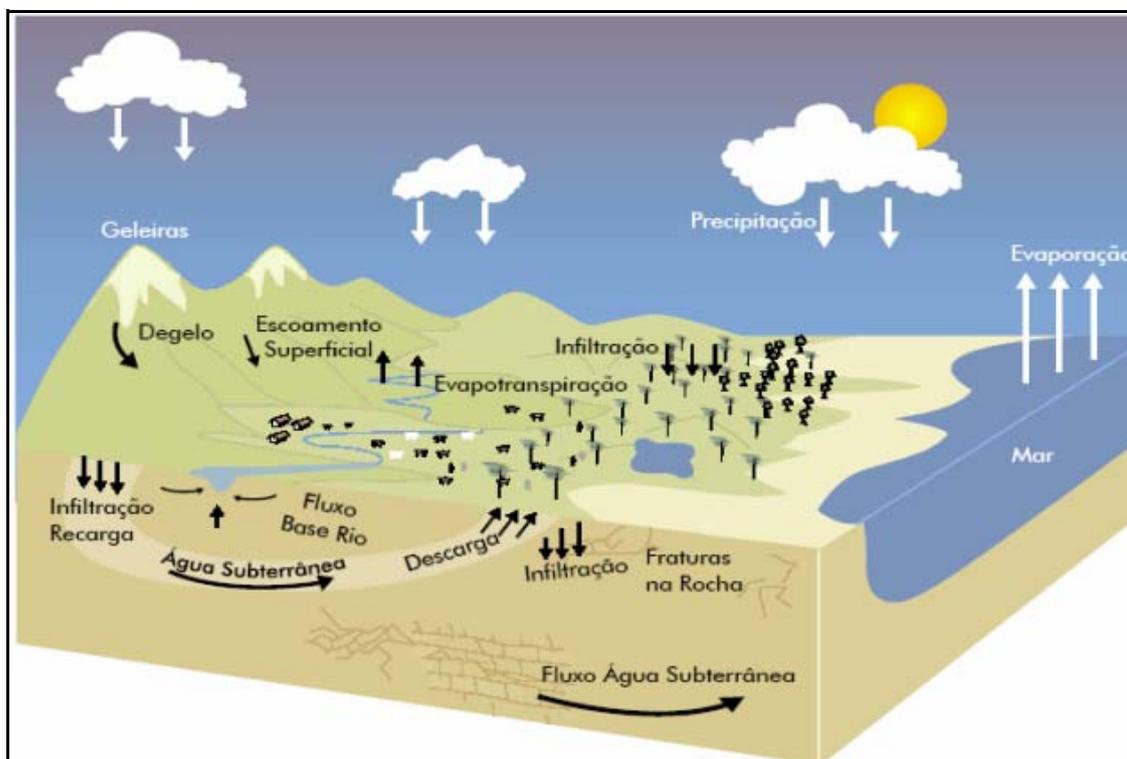


Figura 1.4

Ciclo hidrológico.
Fonte: MMA, 2007.

O processo desse ciclo se dá a partir da radiação solar e do metabolismo dos seres vivos (evapotranspiração), os quais fornecem energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação). Somando-se este processo à força da gravidade, a água condensada nas nuvens se precipita (precipitação). Uma vez na superfície terrestre a água perpassa pelo solo e circula através de linhas de água que se reúnem em córregos e rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltra nos solos e nas rochas entre os poros, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo).

Em síntese, o ciclo hidrológico envolve 5 processos:

- a evapotranspiração;
- a evaporação;
- a precipitação;
- o escoamento superficial; e
- o escoamento subterrâneo

A precipitação média anual sobre a parte terrestre do planeta é de 800 mm, em torno de dois terços da precipitação média anual sobre os oceanos.

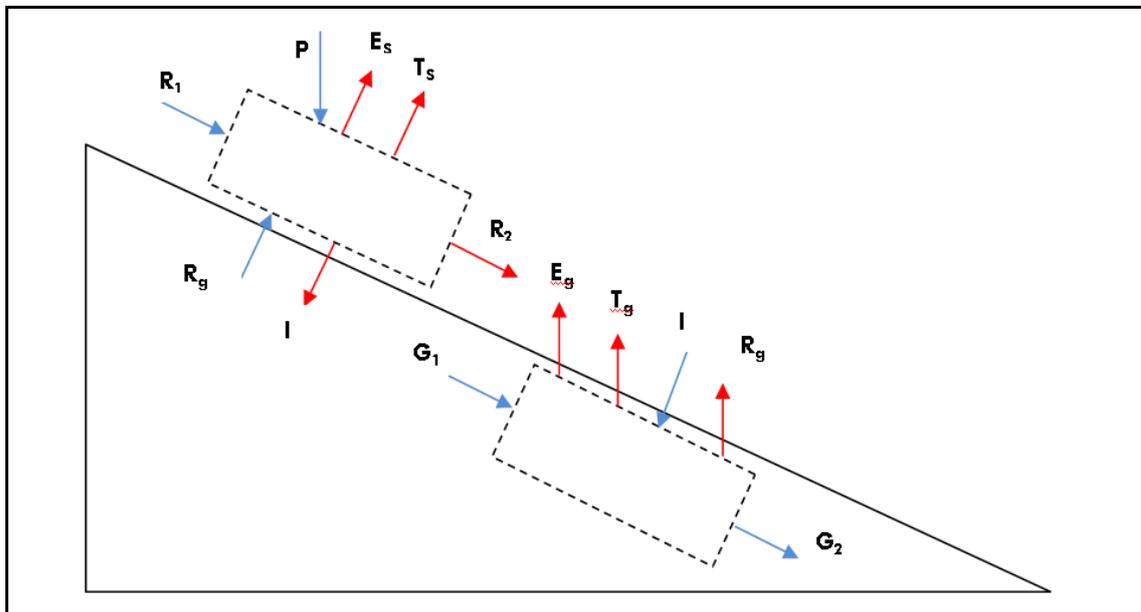
Nesta conta observa-se que a evapotranspiração da superfície terrestre é de 480 mm em torno de um terço da evaporação dos oceanos e o escoamento que atinge os oceanos responde pelos 320 mm restantes (MAIDMENT, 1992 apud LIMA, 2008).

1.4 BALANÇO HÍDRICO

O conceito de ciclo hidrológico pode ser traduzido quantitativamente sob a forma de uma relação matemática denominada **equação hidrológica** ou equação do balanço hídrico.

A equação hidrológica representa a quantificação da água presente nas fases do ciclo, para um intervalo de tempo escolhido, denominada de balanço hídrico. Conforme será discutido mais adiante, para a elaboração do balanço hídrico é necessário que se defina o espaço físico onde se realiza este balanço que, neste momento, será simplesmente denominado de sistema hidrológico. Considerando-se isoladamente os

processos acima e abaixo da superfície do solo é possível descrever o balanço hídrico como se segue.



Para o cálculo são considerados o balanço hídrico acima da superfície e balanço hídrico abaixo da superfície com as seguintes fórmulas:

BALANÇO HÍDRICO ACIMA DA SUPERFÍCIE

$$[P + R_1 - R_2 + R_g - E_s - T_s - I = \Delta S_s]_t$$

BALANÇO HÍDRICO ABAIXO DA SUPERFÍCIE

$$[I + G_1 - G_2 - R_g - E_g - T_g = \Delta S_g]_t$$

A soma destas equações irá fornecer o balanço hídrico global para o sistema considerado:

$$[P - (R_2 - R_1) - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_2 - G_1) = \Delta(S_s + S_g)]_t$$

em que:

- P : Precipitação total
- R₂, R₁ : Escoamento superficial total
- E : Evaporação total
- T : Transpiração

G_2, G_1 : Escoamento subterrâneo total

ΔS : Variação de armazenamento

I : Infiltração

Os índices G e S indicam a origem do escoamento abaixo e acima da superfície respectivamente. O índice 1 representa uma entrada e o índice 2 representa uma saída ao sistema hidrológico. As unidades são expressas em volume por tempo.

Tomando-se os valores totais, a equação do balanço hídrico pode ser simplificada, obtendo-se a equação hidrológica em sua apresentação básica:

$$[P - R - G - E - T = \Delta S]_t$$

Considerando-se ainda que em um sistema hidrológico simplificado os termos G , E e T não são aplicados, esta equação reduz-se para:

$$[P - R = \Delta S]_t$$

ou

$$I - O = \frac{ds}{dt}$$

em que:

I : fluxo afluente

O : fluxo efluente

ds / dt : variação no armazenamento por unidade de tempo.

A equação diferencial final é a forma básica da representação de qualquer sistema hidrológico e a aplicação da equação geral está condicionada à complexidade do problema estudado.

Conforme discussão anterior, os estudos hidrológicos têm por finalidade avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos de uma região para os processos de planejamento e manejo destes recursos, ou ainda, atender a requisitos específicos em projetos de engenharia. De forma simplificada, estes dois casos podem ser entendidos por intermédio da aplicação da equação geral do balanço hídrico ou simplificada de acordo às características do estudo.

Nos estudos de disponibilidade de recursos hídricos, o balanço hídrico deve ser elaborado a intervalos de tempo longos (anuais, bianuais), considerando-se os processos sob a forma de totais mensais. Processos que se desenvolvem a intervalos

curtos, a exemplo da infiltração, não têm interesse direto ao balanço; a este caso interessam os processos dominantes como a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento superficial e os armazenamentos superficial e subterrâneo, analisados sob a forma de totais.

Os estudos hidrológicos destinados às aplicações diretas em engenharia referem-se, em muitos casos, à estimativa de vazões de cheia - ou descargas de projeto, em seções determinadas de cursos d'água. Nestes casos, os processos dominantes, a precipitação, infiltração e o escoamento superficial são analisados sob a forma de taxas de ocorrência a curtos intervalos de tempo (minutos, horas ou dias).

Nas duas situações acima, é necessário estabelecer os limites físicos da área considerada nos estudos. Na grande maioria dos casos, estes limites são definidos pelo critério geográfico de bacia hidrográfica.

São exemplos de aplicação do balanço hídrico:

- a identificação de locais em que uma determinada cultura agrícola possa ser melhor desenvolvida ou bem explorada;
- as estimativas de parâmetros climáticos (meteorologia);
- os estudos de viabilidade que antecedem a construção de represas, entre outras utilidades.

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A Hidrologia é a ciência que estuda a água na Terra, sua ocorrência, circulação, distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente.
- 2.- A água pode exercer a função de receber, diluir e transportar efluentes e ela se renova pelos processos físicos do ciclo hidrológico.
- 3.- A Climatologia está diretamente relacionada com a hidrologia em função dos principais fatores que influenciam o clima.
- 4.- São fatores de influência do clima: a temperatura; a umidade; a pressão atmosférica; o vento; e as chuvas.
- 5.- Os tipos de chuvas são: frontais; convectivas; e orográficas.
- 6.- O ciclo hidrológico está intimamente ligado aos processos físicos, tais como: aquecimento, evaporação, condensação, solidificação, etc.
- 7.- O ciclo hidrológico envolve processos de evapotranspiração, evaporação, precipitação, escoamento superficial e escoamento subterrâneo.
- 8.- O balanço hídrico se expressa por uma equação hidrológica que representa a quantificação da água presente nas fases do ciclo hidrológico, para um intervalo de tempo escolhido e em um espaço físico definido, sendo este normalmente a bacia hidrográfica.
- 9.- O balanço hídrico deve ser elaborado em estudos que consideram intervalos de tempo longos (anuais, bianuais), sob a forma de totais mensais.
- 10.- Os estudos que consideram intervalos de tempo curtos, por exemplo, sobre infiltração, não têm interesse direto no balanço hídrico. Seu interesse será pelos processos dominantes na bacia, como a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento superficial e os armazenamentos superficial e subterrâneo, analisados sob a forma de totais.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Os processos de movimento de água representados no ciclo hidrológico podem sofrer variações, em termos quantitativos, segundo o tipo de uso e ocupação do solo.

A partir da revisão de seus aprendizados na disciplina responda a seguinte questão:

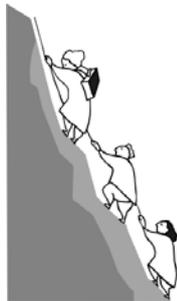
De que forma a transformação de uma área natural em área agrícola altera cada um destes processos? O que ocorre com estes processos quando a área natural recebe ocupação urbana?

Não deixe de registrar esta atividade, suas ideias, reflexões e considerações no "Caderno de Estudos e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

2 BACIA HIDROGRÁFICA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- definir, identificar e caracterizar fisicamente as bacias hidrográficas.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer a forma de determinar os índices que possibilitem as comparações entre as bacias.

2.1 DEFINIÇÕES INTRODUTÓRIAS

Bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, tal que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, é drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, e toda vazão efluente é descarregada em uma seção fluvial única, denominada seção exutória ou exutório (Figura 2.1).

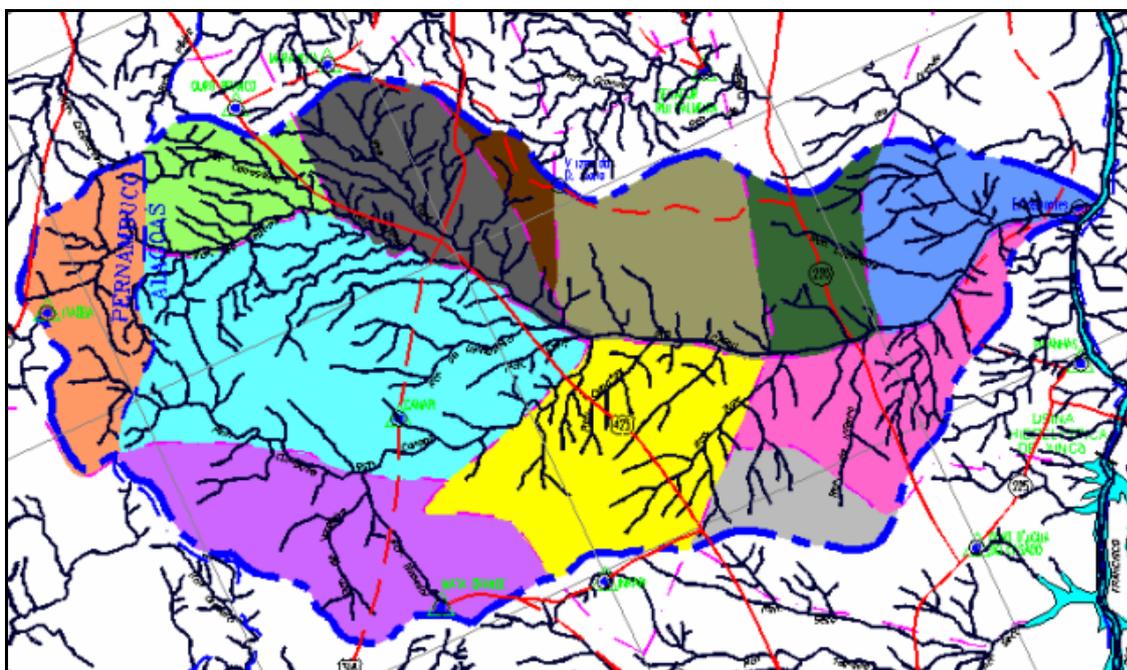


Figura 2.1 Bacia hidrográfica do rio Capiá/AL com destaque para os municípios com área inserida em seus limites.
Fonte: PDRH/Capiá, 1998.

Os **divisores topográficos** são condicionados pela topografia e limitam a área de onde provém o **deflúvio superficial** da bacia.

O **deflúvio superficial** é a quantidade de água que chega aos leitos fluviais (álveos), depois de ter escoado superficialmente.

Os divisores topográficos necessariamente contornam a Bacia Hidrográfica e consistem na **linha de separação** que divide as precipitações que caem em bacias

vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial. O **divisor de águas freático** determinado, geralmente, pela estrutura geológica do terreno, estabelece os limites dos reservatórios de água subterrânea, de onde se pode determinar o deflúvio básico da bacia (Figura 2.2).

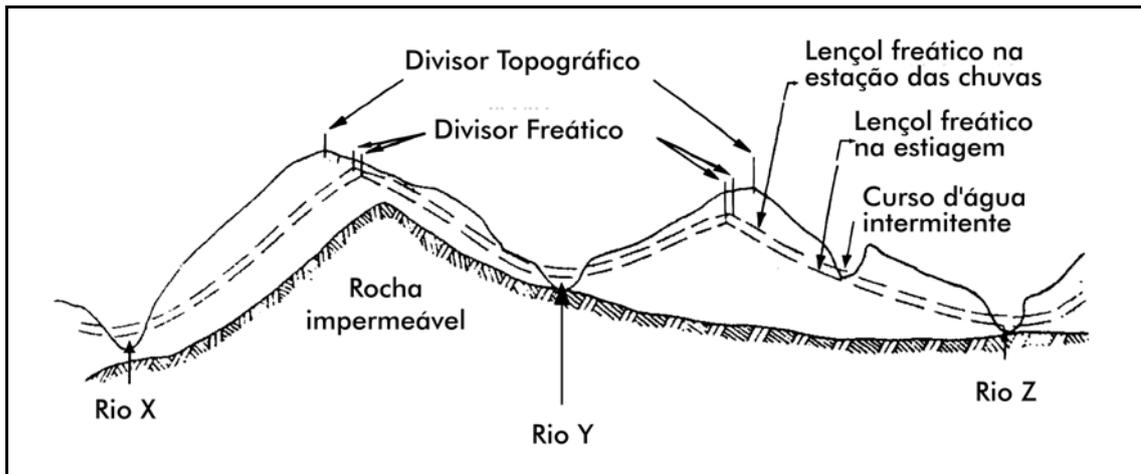


Figura 2.2 Corte transversal através de 3 bacias adjacentes hipotéticas.
Fonte: Villela e Mattos, 1975.

Na mesma Figura 2.2, é apresentado esquematicamente um corte transversal através de 3 bacias adjacentes hipotéticas. Nela mostra-se a posição relativa dos divisores topográficos e freáticos.

Nota-se que, quanto mais alto estiver o nível do lençol freático, tanto mais próximos entre si estarão os divisores. Com o rebaixamento do lençol, subterrâneo, durante a estiagem, o divisor freático distancia-se do topográfico (Villela e Mattos, 1975).

Apesar de ambas as medidas estabelecerem pontos de divisão de bacias, a área de drenagem é determinada pelo divisor topográfico.

O **divisor topográfico** segue uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída. Esse divisor une os pontos de máxima cota entre bacias, o que não impede que no interior de uma bacia existam picos isolados com cota superior a qualquer ponto do divisor (Villela e Mattos, 1975). A Figura 2.3 caracteriza essa situação.



Figura 2.3 Bacia Hidrográfica.
Fonte: BRASIL, 2009.

De acordo com o **escoamento global**, as bacias de drenagem podem ser classificadas em (Christofoletti, 1974 apud Lima, 2008):

- a) **exorreicas**: quando o escoamento da água se faz de **modo contínuo até o mar**, isto é, quando as bacias deságuam diretamente no mar;
- b) **endorreicas**: quando as drenagens são internas e não possuem escoamento até o mar, desembocando **em lagos**, ou dissipando-se nas **areias do deserto** ou perdendo-se nas **depressões cársticas**;
- c) **arreicas**: quando **não há qualquer estruturação em bacias**, como nas áreas desérticas;
- d) **criptorreicas**: quando as **bacias são subterrâneas**, como nas áreas cársticas.

LIGANDO AS IDEIAS

Em qual(is) bacia(s) hidrográfica(s) o seu município está inserido?
Faça um breve levantamento sobre esta questão e anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

2.2 DELIMITAÇÃO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

A delimitação de uma bacia hidrográfica se dá a partir de uma **planta planialtimétrica** na qual é traçada uma linha divisora de águas separando a bacia hidrográfica considerada das vizinhas (Figura 2.4).

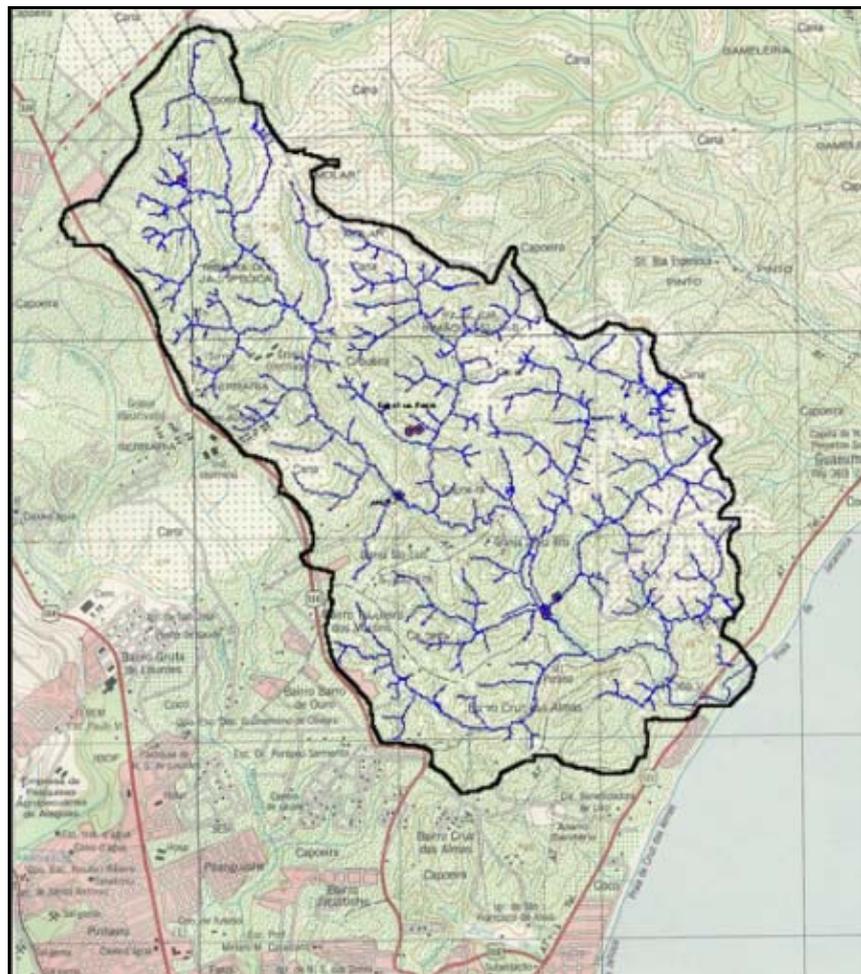


Figura 2.4 Localização da bacia do rio Jacarecica em Maceió.
Fonte: SEMARHN/COHIDRO, 2006.

Para o traçado do **divisor de águas** (D.A) de uma bacia hidrográfica, deve-se considerar (Pedrazzi, 2004):

- o D.A. não corta nenhum curso d'água;
- os pontos mais altos ("pontos cotados") geralmente fazem parte do D.A.;
- o D.A. deve passar igualmente afastado quando estiver entre duas curvas de mesmo nível;
- o D.A. deve cortar as curvas de nível o mais perpendicular possível (Figura 2.5).

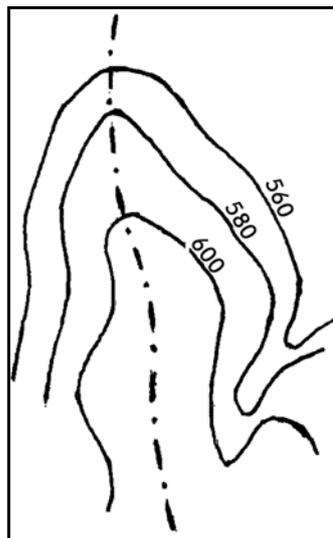


Figura 2.5 Traçado do divisor de bacia.

LIGANDO AS IDEIAS

Verifique junto ao IBGE ou órgãos da prefeitura municipal se existem cartas (plantas) planialtimétricas disponíveis para seu município. Em caso afirmativo delimite a bacia hidrográfica na qual se encontra sua residência ou seu local de trabalho, seguindo as orientações fornecidas no texto. Caso negativo, execute a tarefa em outra região da qual você possa obter a mapas.

Não deixe de registrar esta atividade e também suas impressões e comentários no "Caderno de Estudo e Práticas".

2.3 CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

As **características morfológicas**, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo, cobertura vegetal, etc., predizem o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. A fim de entender as inter-relações existentes entre esses **fatores de forma** e os **processos hidrológicos** de uma bacia hidrográfica, torna-se necessário expressar as características da bacia em termos **quantitativos** (Lima, 2008).

Área de drenagem – considerada a característica mais importante da bacia, consiste na área plana inclusa entre os divisores topográficos que a limitam. É o elemento básico para o cálculo das outras características físicas.

Fator de Forma - influencia no escoamento superficial. Existem vários índices utilizados para relacionar a forma das bacias, procurando relacioná-los com formas geométricas conhecidas:

Coefficiente de compacidade (círculo) – é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que:

K_c é o coeficiente de compacidade;

P é o perímetro da bacia; e

A a área da bacia.

Fator de Forma (retângulo) – é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia .

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L}$$

ou

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Em que:

K_f é o fator de forma;

\bar{L} é a largura média da bacia; e

L é o comprimento axial (desembocadura até a cabeceira mais distante).

Em outras palavras, o fator de forma nos dá a ideia do quanto a Bacia Hidrográfica tem o formato alongado. Quanto menor K_f , menos alongada a bacia; quanto maior K_f , mais alongada será a bacia (Figura 2.6).

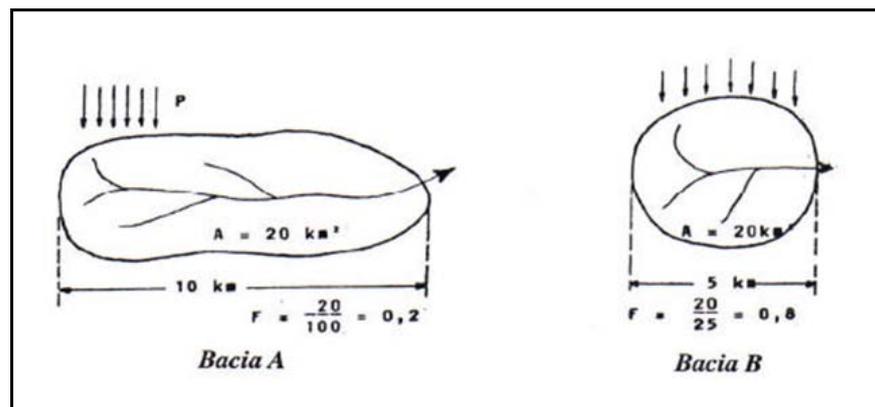


Figura 2.6 Representação do Fator de Forma para duas bacias de mesma área.
Fonte: Lima, 2008.

Sistema de Drenagem – indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

Ordem dos Cursos de Água - reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. A ordem do rio principal mostra a extensão de ramificação da bacia. Conforme o Método de Sthraler (Lima, 2008), os canais primários (nascentes) são designados de 1ª ordem. A junção de dois canais primários forma um de 2ª ordem, e assim sucessivamente. A junção de um canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste. A ordem do canal à saída da bacia é também a ordem da bacia (Figura 2.7).

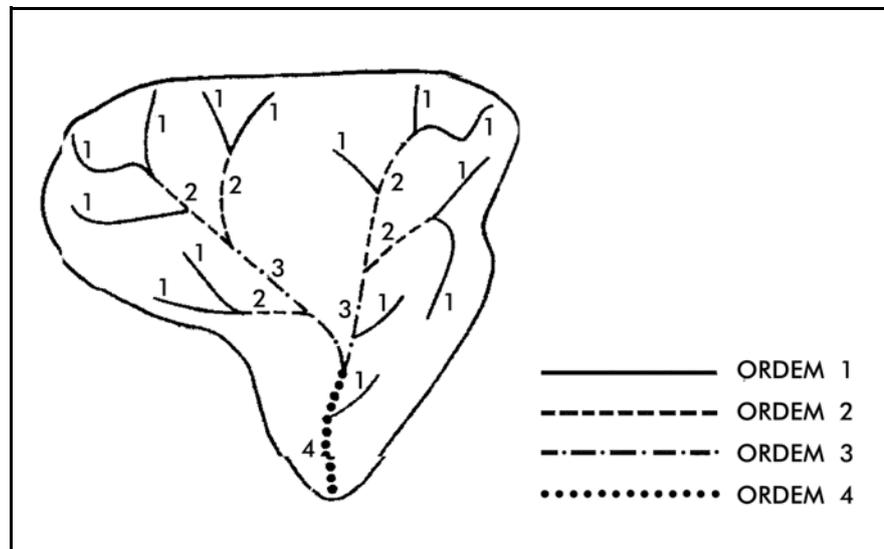


Figura 2.7 Ordem dos cursos d'água.

Densidade de Drenagem – fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Quanto maior esta relação, mais eficiência de drenagem tem a bacia. Apesar da pouca informação existente a respeito deste índice, pode-se afirmar que varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

$$D_d = \frac{L_{\text{Total}}}{A}$$

Em que:

L_{Total} – comprimento total dos cursos d'água de uma bacia.

LIGANDO AS IDEIAS

Na bacia hidrográfica que você já delimitou anteriormente, determine a ordem dos cursos d'água, aplicando o método de Sthraler.

Registre esta atividade em seu "Caderno de Estudo e Práticas".

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO DE UMA BACIA

As características do relevo de uma bacia são dadas a partir dos seguintes elementos: a **curva hipsométrica**, a **declividade do álveo** e o **tempo de concentração**.

A **curva hipsométrica** é a representação gráfica do relevo médio da bacia. Representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível do mar (Figura 2.8).

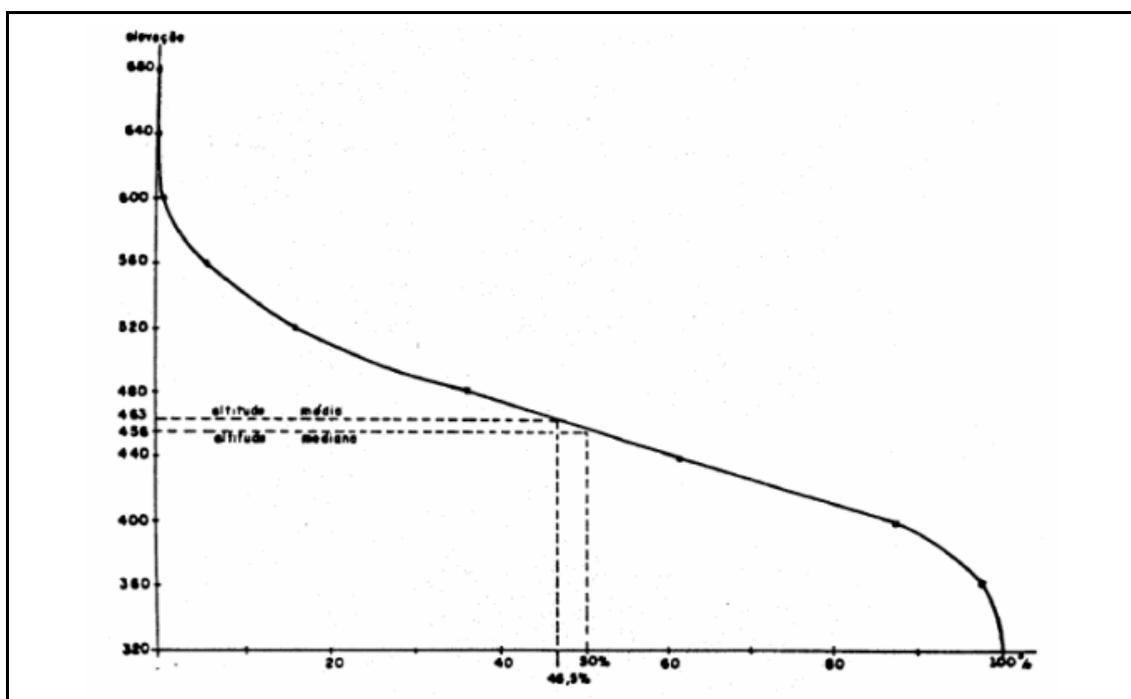


Figura 2.8 Curva Hipsométrica de uma bacia hidrográfica.

A **declividade do álveo** estabelece que quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento (Figura 2.9).

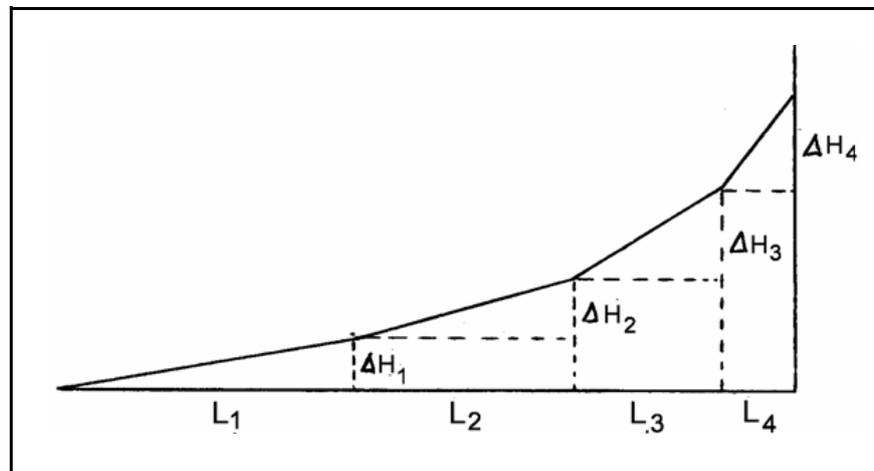


Figura 2.9 Declividade do álveo.

IMPORTÂNCIA DE SE CONHECER A DECLIVIDADE DO ÁLVEO

A água da precipitação concentra-se nos leitos fluviais da bacia após escoar superficial e subterraneamente. Como a velocidade de escoamento de um rio depende da declividade de seus leitos, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento de suas águas.

O método da **Média Harmônica** é o mais utilizado para verificar a declividade equivalente do álveo, e é calculada a partir da seguinte equação:

$$I_{eq} = \left[\frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right]^2$$

Em que:

I_{eq} - declividade equivalente (m/m ou m/km)

L - extensão horizontal do perfil (dividido em n trechos);

L_i e I_i – extensão horizontal e a declividade média em cada trecho, respectivamente.

Considera-se como **tempo de concentração** o tempo necessário para que toda a água precipitada na bacia hidrográfica passe a contribuir na seção considerada. O cálculo do tempo de concentração pode ser realizado através da **Fórmula de Kirpich**:

$$t_c = 57 \left(\frac{L}{I_{eq}} \right)^{0,385}$$

Em que:

I_{eq} – declividade equivalente em m/km;

L – comprimento do curso d'água em km.

LIGANDO AS IDEIAS

É fácil observar que as bacias com maiores declividades possuem tempos de concentração reduzidos. Mas, e quanto ao uso e ocupação do solo? O que ocorre com o tempo de concentração de uma bacia em estado natural quando ela se transforma em área agrícola? E se esta bacia passar por processo de urbanização?

Verifique estas questões e anote suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- Bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos que age como um reservatório de água e sedimentos. É drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, e toda vazão efluente é descarregada em uma seção fluvial única.
- 2.- Os divisores topográficos são condicionados pela topografia e limitam a área de onde provém o deflúvio superficial da bacia.
- 3.- As bacias hidrográficas podem ser: a) exorreicas; b) endorreicas; c) arreicas; d) criptorreicas.
- 4.- Para traçar o divisor de águas (D.A) de uma bacia hidrográfica, deve-se considerar que: a) o D.A. não corta nenhum curso d'água; b) os pontos mais altos ("pontos cotados") geralmente fazem parte do D.A.; c) o D.A. deve passar igualmente afastado quando estiver entre duas curvas de mesmo nível; e d) o D.A deve cortar as curvas de nível o mais perpendicular possível.
- 5.- As características morfológicas predizem o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica.
- 6.- Em termos quantitativos as características morfológicas são dadas por: a área de drenagem; o fator de Forma; e o sistema de drenagem.
- 7.- As características do relevo de uma bacia são dadas a partir dos seguintes elementos: a curva hipsométrica, a declividade do álveo e o tempo de concentração.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Com uso de mapas que possam ser obtidos junto ao IBGE ou prefeitura municipal, identifique os limites políticos-administrativos de seu município e indique também os divisores das bacias hidrográficas. De posse dessas informações e a partir de seu estudo na disciplina responda as seguintes questões:

Estes limites são coincidentes? Utilizando seus conhecimentos em outros assuntos, quais as implicações desta situação?

Não deixe de registrar esta atividade, suas ideias, reflexões e considerações no "Caderno de Estudos e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

3 PRECIPITAÇÃO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- definir o processo de precipitação.
- apresentar as peculiaridades e propriedades do processo de precipitação.
- apresentar os meios para sua quantificação.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer o processo de precipitação e suas peculiaridades e propriedades, aproximando-a dos processos hidrológicos.

3.1 PRECIPITAÇÃO

A precipitação consiste na água que chega à superfície terrestre, proveniente do vapor d'água na atmosfera, sob a forma de chuva, granizo, neve, orvalho, etc. As grandezas características das medidas pluviométricas são (Pedrazzi, 2004):

- **Altura pluviométrica** – medidas realizadas nos pluviômetros e expressas em milímetros. Representa a lâmina d'água que se formaria sobre o solo como resultado de uma certa chuva, caso não houvesse escoamento, infiltração ou evaporação da água precipitada;
- **Duração** – período de tempo contado desde o início até o fim da precipitação, expresso geralmente em horas ou minutos;
- **Intensidade da precipitação** – é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da chuva expressa em mm/h ou mm/min.

Para as condições climáticas do Brasil, onde a absoluta maioria da precipitação cai sob a forma de chuva (mais de 99%), mede-se convencionalmente a precipitação, pontualmente, por meio de aparelhos chamados **pluviômetros** e **pluviógrafos** (Santos et al., 2001).

O **pluviômetro** é um recipiente metálico, dotado de uma superfície de captação horizontal delimitada por um anel metálico, com volume capaz de conter as maiores precipitações possíveis em um intervalo de 24 horas. Há vários modelos de pluviômetros em uso no mundo, que diferem pelos detalhes construtivos. No Brasil o mais difundido é o do tipo “*Ville de Paris*” (Santos et al., 2001; Naghettini, 1997).

O pluviômetro “*Ville de Paris*” possui uma área de captação de 400 cm^2 , de modo que um volume de 40 ml corresponde a 1 mm de precipitação, é geralmente instalado a 1,5 metros do solo. O volume de chuva acumulado no aparelho é retirado por meio de uma torneira situada no fundo do aparelho em horários prefixados (estações da ANEEL às 7:00 h) e, em seguida, é transformado em altura diária de precipitação (mm), através de provetas especificamente graduadas para a superfície de 400 cm^2 (Santos et al., 2001; Naghettini, 1997).



Figura 3.1 Foto de um Pluviômetro Ville de Paris.
Fonte: SONDATERRA, 2009.

A relação apresentada na Equação 10 pode ser utilizada, quando não se dispõe de uma proveta calibrada, para calcular o total diário da precipitação:

$$P = 10 \frac{V}{A}$$

Em que:

P é a altura diária de chuva em mm;

V é o volume recolhido no recipiente em cm³ e a área da superfície de captação em cm².

No entanto, o maior problema dos pluviômetros é não ser adequado para medir chuvas de pequena duração. Na prática o mínimo que se consegue são precipitações de seis horas de duração. Para contornar essa limitação, são utilizados os pluviógrafos. O pluviógrafo possui uma superfície que capta os volumes precipitados e acumula-os em um recipiente, sendo capaz de registrar continuamente de forma analógica ou digital a precipitação em um local.



Figura 3.2 Foto de um Pluviômetro.
Fonte: FAEM-UFPEL, 2009.

Nos aparelhos de **registro analógico** existe um mecanismo que registra graficamente a chuva acumulada (nas ordenadas) contra o tempo (nas abscissas), conforme pode ser observado no pluviograma da Figura 3.3.

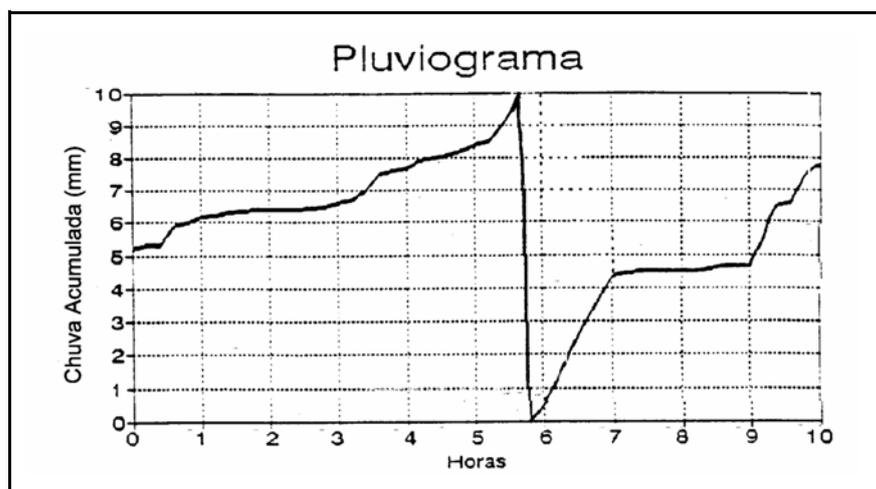


Figura 3.3 Pluviograma.
Fonte: Pedrazzi, 2004.

Em geral, cada pluviograma tem a extensão de um dia (pluviógrafo diário) ou de uma semana (pluviógrafo semanal).

“Existe ainda um mecanismo que faz, se a chuva acumulada atingir o limite da escala vertical, a pena voltar automaticamente ao zero, quando se diz que o pluviógrafo sifonou” (Santos et al. 2001).

Para a medição espacial do radar meteorológico ou imagens de satélite são indicados, mas os erros associados a esses métodos, quando se deseja a quantificação exata, ainda são relativamente grandes. Porém, pelo fato de apresentarem medidas em um contínuo espacial, são excelentes ferramentas para interpolar espacialmente a precipitação entre os locais de instalação de pluviômetros (Santos et al., 2001).

LIGANDO AS IDEIAS

Nesta atividade vamos identificar os postos pluviométricos na região de sua residência ou local de trabalho: código, nome, sub-bacia e bacia hidrográfica, operadora. Para isso, siga o roteiro abaixo:

- Acesse o site da ANA - Agência Nacional de Águas: www.ana.gov.br
- Clique em: Informações Hidrológicas - Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb). Também é possível fazer acesso direto pelo endereço: hidroweb.ana.gov.br
- Em Dados Hidrológicos, acesse Estações.
- Escolha o tipo de Estação como sendo Pluviométrica e escreva o nome de seu município, ou de seu estado, e clique em *Listar*.

Pronto, você já terá encontrado a relação de estações pluviométricas da região que você selecionou. Selecione a estação mais próxima de sua residência ou local de trabalho, anote o código, e procure detalhes sobre ela na seção "Séries Históricas" do portal HidroWeb.

Faça outros exercícios de consulta no portal **HidroWeb** e anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas"..

3.2 PREENCHIMENTO DE FALHAS

No processo de **aquisição dos dados de precipitação**, especialmente naqueles casos cujos equipamentos necessitam de operadores para efetuar as leituras, podem ser detectados erros grosseiros tais como:

- a) quando acontecem **eventos de precipitação com grande magnitude**, em que mais de uma proveta seja necessária para quantificar, pode-se confundir o número de vezes em que a proveta foi cheia, ocasionando erros;
- b) registro de dados em **dias inexistentes** (ex.: 30 de fevereiro); e
- c) **vazamento na torneira do pluviômetro**.

Ressalta-se, ainda, que a ausência de precipitação também é um valor observado, devendo ser registrado e não pode ser confundido com uma falha.

Caso ocorram problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador que resultem em dias sem observação ou mesmo intervalo de tempo maiores, os dados falhos são preenchidos com os dados de 3 postos vizinhos, localizados o mais próximo possível, da seguinte forma:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right)$$

Em que:

P_x é o valor de chuva que se deseja determinar;

N_x é a precipitação média anual do posto x;

N_A , N_B e N_C são, respectivamente, as precipitações médias anuais dos postos vizinhos A, B e C;

P_A , P_B e P_C são, respectivamente, as precipitações observadas no instante que o posto x falhou.

3.3 VERIFICAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DOS DADOS

Segundo Pedrazzi (2004), mudanças na locação ou exposição de um pluviômetro podem causar um efeito significativo na quantidade de precipitação que ele mede, conduzindo a dados inconsistentes (dados de natureza diferente dentro do mesmo registro).

O Método da Dupla Massa é utilizado para verificar a homogeneidade dos dados de uma determinada estação, comparativamente às estações de referência, sendo estas localizadas em região climatologicamente semelhante.

O método da dupla massa compara os valores acumulados anuais (ou sazonais) da estação X com os valores da estação de referência, que é usualmente a média de diversos postos vizinhos.

A Figura 3.4 apresenta um exemplo de aplicação desse método, no qual a curva obtida apresenta uma mudança na declividade, o que significa que houve uma anormalidade.

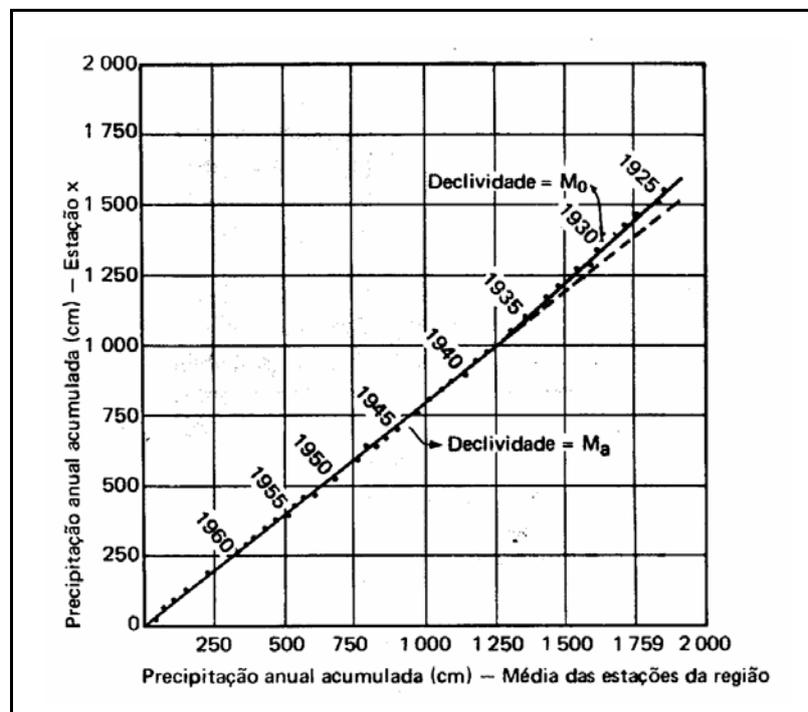


Figura 3.4 Verificação da homogeneidade dos dados.

A correção dos dados inconsistentes pode ser feita da seguinte forma:

$$P_a = \frac{M_a}{M_o} P_o$$

Em que

P_a são os valores corrigidos;

P_0 são dados a serem corrigidos;

M_a é o coeficiente angular da reta no período mais recente;

M_0 é o coeficiente angular da reta no período anterior a sua inclinação.

3.4 PRECIPITAÇÕES MÉDIAS SOBRE UMA BACIA HIDROGRÁFICA

Para calcular a **precipitação média** de uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dos postos dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças.

Existem três métodos para o cálculo da precipitação média:

- método da **Média Aritmética**;
- método de **Thiessen**; e
- método das **Isoietas**.

Para o cálculo da precipitação média são utilizadas observações dos postos dentro da bacia e nas suas vizinhanças.

3.4.1 MÉTODO DA MÉDIA ARITMÉTICA

Consiste na **soma das precipitações** observadas nos postos que estão dentro da bacia e dividir o resultado pelo número deles.

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

Em que

\bar{h} é chuva média na bacia;

h_i é a altura pluviométrica registrada em cada posto;

n é o número de postos na bacia hidrográfica.

Este método só é recomendado para **bacias menores que 5.000 km²**, com postos pluviométricos uniformemente distribuídos e a área for plana ou de relevo suave.

Em geral, o Método da Média Aritmética é usado apenas para comparações (Pedrazi, 2004).

3.4.2 MÉTODO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN

Polígonos de Thiessen são áreas de “domínio” de um posto pluviométrico. Considera-se que no interior dessas áreas a altura pluviométrica é a mesma do respectivo posto.

Os polígonos são traçados da seguinte forma:

- 1º. dois postos adjacentes são ligados por um segmento de reta;
- 2º. traça-se a mediatriz deste segmento de reta. Esta mediatriz divide para um lado e para outro, as regiões de “domínio” (Figura 3.5).

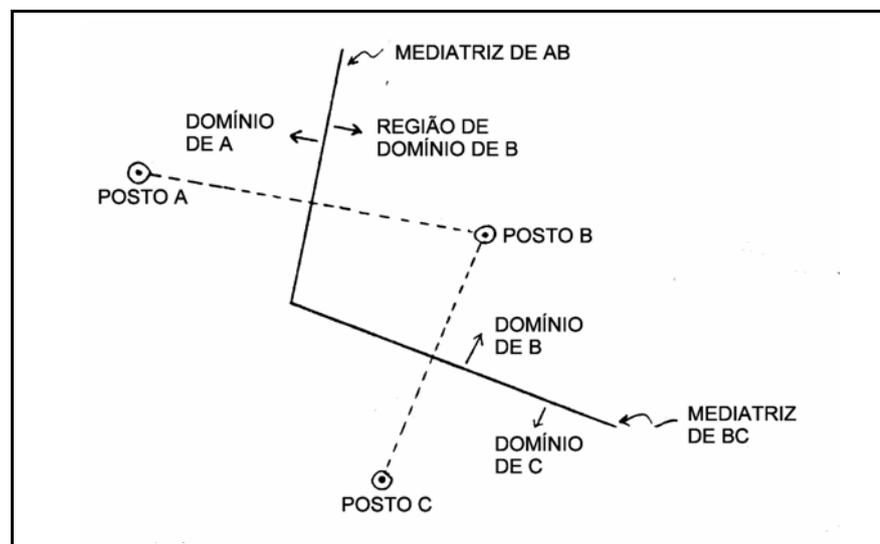


Figura 3.5 Delimitação da área de influência dos postos.

- 3º. Este procedimento é realizado, inicialmente, para um posto qualquer (ex.: posto B), ligando-o aos adjacentes. Define-se, desta forma, o polígono daquele posto (Figura 3.6).

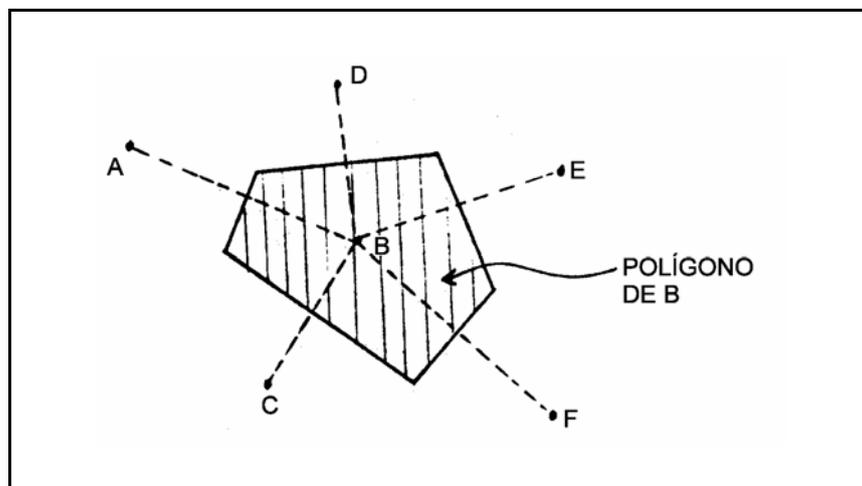


Figura 3.6 Polígono de Thiessen.

- 4º. Repete-se o mesmo procedimento para todos os postos.
 5º. Desconsideram-se as áreas dos polígonos que estão fora da bacia.
 6º. A precipitação média na bacia é calculada pela seguinte equação:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A}$$

Em que

\bar{P} é a precipitação média na bacia (mm);

P_i é a precipitação no posto i (mm);

A_i é a área do respectivo polígono, dentro da bacia (km²);

A é a área total da bacia (km²).

3.4.3 MÉTODO DAS ISOIETAS

Isoietas são linhas indicativas de mesma altura pluviométrica. O espaçamento entre as linhas pode ser definido com base no tipo de estudo a ser desenvolvido, podendo ser de 5 em 5 mm, 10 em 10 mm, etc. (Pedrazzi, 2004).

A partir das precipitações em alguns postos levantados, traçam-se as isoietas da mesma maneira que se procede em topografia para desenhar curvas de nível.

Descreve-se a seguir o procedimento de traçado das isoietas (Pedrazzi, 2004):

- 1º. definir qual o espaçamento desejado entre as isoietas;
- 2º. liga-se por uma semi-reta, dois postos adjacentes, colocando suas respectivas alturas pluviométricas;
- 3º. interpola-se linearmente determinando os pontos onde vão passar as curvas de nível, dentro do intervalo das duas alturas pluviométricas (Figura 3.7);

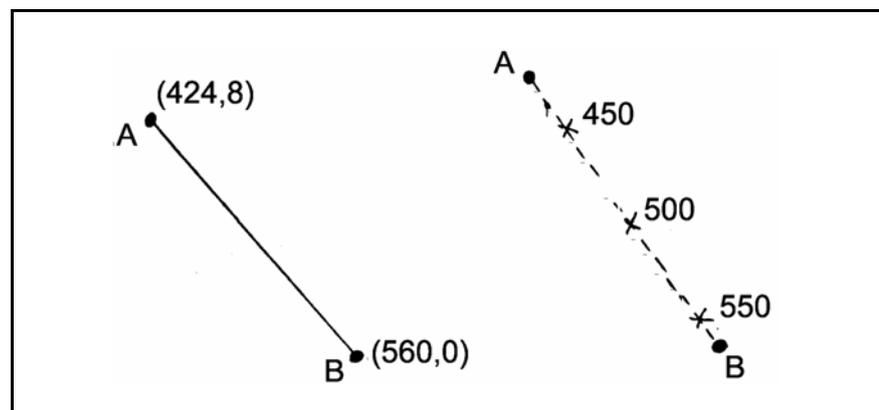


Figura 3.7 Traçado das isoietas.

- 4º. procede-se dessa forma com todos os postos pluviométricos adjacentes;
- 5º. ligam-se os pontos de mesma altura pluviométrica, determinando cada isoietas;
- 6º. a precipitação média é obtida pela seguinte equação:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{P}_i \cdot A_i}{A}$$

Em que

\bar{P} é a precipitação média na bacia (mm);

\bar{P}_i é a média aritmética das duas isoietas seguidas i e $i + 1$;

A_i é a área da bacia compreendida entre as duas respectivas isoietas (km²);

A é a área total da bacia (km²).

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- Considera-se como precipitação toda a água que chega à superfície terrestre, proveniente do vapor d'água na atmosfera, sob a forma de chuva, granizo, neve, orvalho, etc.
- 2.- São grandezas das medidas pluviométricas: a) a altura pluviométrica; b) a duração; e a intensidade da precipitação.
- 3.- Para calcular a precipitação média, é necessário utilizar as observações dos postos dentro da superfície que se quer medir e nas suas vizinhanças. Esse cálculo pode ser feito utilizando-se 3 métodos: 1) da Média Aritmética; 2) de Thiessen; e 3) das Isoietas.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Neste tópico foram destacados os principais temas abordados na disciplina. Agora é o momento de você fazer uma revisão de seus aprendizados, realizando anotações em seu "Caderno de Estudos e Práticas". Depois de terminada sua revisão, responda a questão abaixo:

Qual a importância das informações obtidas pelas estações pluviométricas para desenvolvimento da gestão de recursos hídricos em sua região?

Não deixe de registrar esta atividade, suas ideias, reflexões e considerações no "Caderno de Estudos e Práticas".

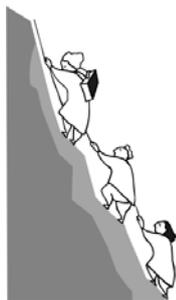
PRECIPITAÇÃO

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

PRECIPITAÇÃO

4 EVAPORAÇÃO, TRANSPIRAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- apresentar os conceitos de evaporação, transpiração e evapotranspiração.
- apresentar as formas aquisição de dados e/ou quantificação.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer os conceitos de evaporação, transpiração e evapotranspiração e suas formas de aquisição de dados e quantificação e suas relações na manutenção dos processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica.

4.1 EVAPORAÇÃO

A **evaporação** é o processo pelo qual a água, acumulada nas depressões do terreno ou em corpos d'água, se transforma em vapor e retorna à atmosfera. As grandezas características da evaporação, considerando a engenharia hidrológica, são (Naghetini, 1997):

- **perda por evaporação** – quantidade de água evaporada por unidade de área horizontal, geralmente expressa em mm;
- **intensidade de evaporação** – velocidade com que se processa a perda por evaporação, geralmente expressa em mm/dia ou mm/mês.

Os mais importantes fatores que interferem no processo de evaporação são a radiação solar, as temperaturas do ar e da água, a pressão do vapor (ou umidade relativa) presente no ar, a velocidade do vento e a pressão atmosférica.

Como não podem ser medidas diretamente, a evaporação de um corpo d'água, como lago ou reservatório, é feita através de métodos indiretos, em que se destacam (Naghetini, 1997):

- a) **método do balanço hídrico** – considerando que são conhecidos os estados de armazenamento de um lago ou reservatório e que todas as afluências e defluências possam ser medidas em um dado intervalo de tempo, a evaporação pode ser calculada por:

$$E = P + A - D - I - \Delta S$$

Em que E é a evaporação; P é a precipitação direta sobre o espelho d'água, A e D as somas das afluências e defluências, respectivamente, I a infiltração e ΔS a alteração de volume no intervalo de tempo considerado;

- b) **fórmula de Penman** – combinando as equações de transferência de energia e de massa, a fórmula desenvolvida por Penman (1948) para o cálculo da evaporação é dada por:

$$E = \frac{\alpha E_n + E_a}{\alpha + 1}$$

Em que

E_n : intensidade de evaporação em cm/dia;

E_a : intensidade de evaporação devido às trocas de massa, em cm/dia; e

α : um fator de ponderação.

Por sua vez, os termos E_n , E_a e α podem ser obtidos por:

$$E_n = \frac{Q_n}{\rho H_v}$$

$$E_a = (0,0013 + 0,00016v_2)e_s \left(\frac{100 - U}{100} \right)$$

$$\alpha = \frac{(0,00815T + 0,8912)^7}{0,66}$$

Em que:

Q_n é a radiação solar líquida, medida através de aparelhos chamados radiômetros, em cal/cm²/dia;

ρ é a massa específica da água, em g/cm³;

H_v é o calor latente de vaporização, em cal/g;

v_2 é a velocidade do vento medida a 2 metros acima da superfície, em km/dia;

e_s é a pressão de vapor de saturação, em milibares, à temperatura do ar T °C;

U é a umidade relativa do ar;

T é a temperatura do ar (°C).

- c) **medição por tanques evaporimétricos** – em função da limitação de obtenção de alguns parâmetros no método do balanço hídrico, bem como a aquisição de alguns elementos na fórmula de Penman, a medição indireta através de tanques evaporimétricos é amplamente utilizada. Existem vários tipos de tanques evaporimétricos, no Brasil, no entanto, o mais utilizado é o chamado “tanque classe A”. Trata-se de um tanque circular, de ferro galvanizado sem

pintura, com diâmetro de 122 cm e altura de 25,4 cm e a sua instalação deve ser feita sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura (Figura 4.1). A operação do tanque requer o seu enchimento até que a superfície da água esteja a 5 cm da borda e a leitura efetuada às 9 horas de cada dia através de um micrômetro em um poço tranquilizador fixado no “tanque classe A”.

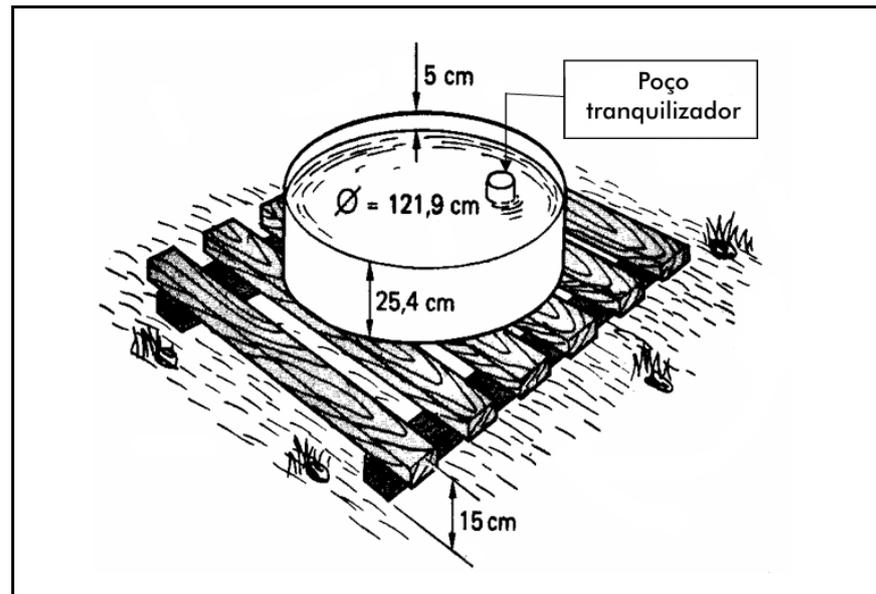


Figura 4.1 Tanque “Classe A” – US Weather Bureau.
Adaptado de Pedrazzi, 2004.

O procedimento da medida no tanque é executado de acordo com o seguinte roteiro (Pedrazzi, 2004):

- 1) efetuar a leitura, do dia ou horário, do nível d’água no tanque (e_a);
- 2) comparar com a leitura anterior, do dia ou horário (e_d);
- 3) calcular a diferença $e_1 = e_d - e_a$;

Dois possibilidades podem ainda ocorrer, ter ou não ter ocorrido chuva no intervalo entre as duas leituras, assim:

1º.) não houve chuva

$$\text{então } E = e_1$$

2º.) houve chuva, com altura pluviométrica h_1

$$\text{então } E = e_1 + h_1$$

Atenção: no caso de ter havido chuva intensa, o valor de e_1 pode ser negativo.

Observação.: Quando ocorrer transbordamento no tanque, a leitura será perdida.

4.2 TRANSPIRAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A **Transpiração** consiste, basicamente, no transporte da água retida no solo até a superfície das folhas, pela ação das raízes das plantas e a perda para a atmosfera na forma de vapor. A transpiração está limitada ao volume de água retida sob a ação das forças de capilaridade (Naghettini, 1997).

Evapotranspiração é o processo pelo qual a água retorna à atmosfera, sob a forma de vapor, por evaporação das superfícies líquidas ou da umidade do solo ou por transpiração da vegetação. É o conjunto evaporação do solo mais transpiração das plantas.

Em função da umidade disponível no solo, um novo conceito foi introduzido o de **Evapotranspiração Potencial**, que consiste na quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água (Penman, 1956). Por outro lado, há a **Evapotranspiração Real**, a qual se distingue da potencial por se tratar da quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo. Portanto, a Evapotranspiração Real nunca será superior à Evapotranspiração Potencial.

A **Evapotranspiração Potencial** pode ser obtida, dentre outras, através das seguintes formas (Naghettini, 1997):

- a) **Fórmula de Penman** – Alguns estudos experimentais sugerem a aplicação de um fator de correção à Equação de Penman (Equação 17), originalmente concebida para o cálculo da Evaporação em superfícies líquidas, outros propõem que a Evapotranspiração Potencial é equivalente à Evaporação de superfícies líquidas.

- b) **Tanques Evaporimétricos** – Os dados obtidos por meio dos tanques evaporimétricos podem ser corrigidos, em função da distinção do meio físico em que se dá o fenômeno, aplicando-se um fator de correção, conforme apresentado na seguinte equação:

$$ETP_{pot} = KE_{tanque}$$

Em que

ETP_{pot} é a Evapotranspiração Potencial,

E_{tanque} representa as medições obtidas pelo tanque evaporimétrico e

k_c o fator de correção, inferior a 1 e dependente das características da vegetação e das condições de instalação do tanque;

- c) **Medidas diretas (Lisímetros)** – são depósitos ou tanques enterrados, com volume mínimo de $1m^3$, providos de um sistema de drenagem e instrumental de operação, abertos na parte superior, os quais são preenchidos com solo e vegetação característicos dos quais se deseja medir a Evapotranspiração (Figura 4.2).

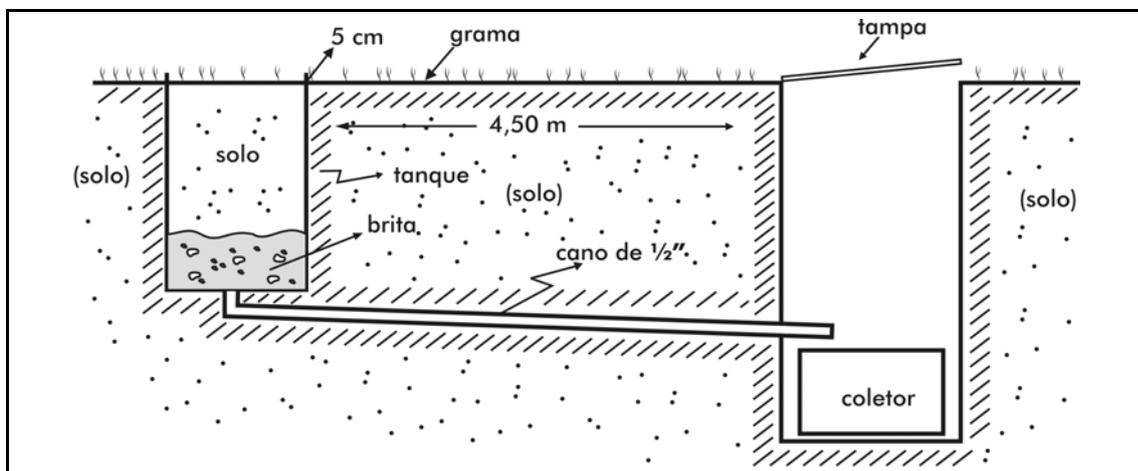


Figura 4.2 Lisímetro de percolação.

LIGANDO AS IDEIAS

Considerando que a evapotranspiração "é o conjunto evaporação do solo mais transpiração das plantas", entende-se que o conhecimento acerca da evapotranspiração é fundamental para o processo de agricultura irrigada.

Reflita sobre esse tema e anote considerações no Caderno de Estudos e Práticas.

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A evaporação é o processo pelo qual a água, acumulada nas depressões do terreno ou em corpos d'água, se transforma em vapor e retorna à atmosfera.
- 2.- A engenharia hidrológica considera as seguintes características na evaporação, a perda por evaporação e a intensidade de evaporação.
- 3.- A evaporação de um corpo d'água medida através de métodos indiretos como o método do balanço hídrico, fórmula de Penman e a medição por tanques evaporimétricos.
- 4.- Evapotranspiração é o conjunto de evaporação do solo mais a transpiração das plantas.
- 5.- Três formas de medir a Evapotranspiração Potencial são: pela Fórmula de Penman, pelos Tanques Evaporimétricos e por Medidas diretas (Lisímetros).

CONSTRUINDO CONCEITOS

Neste tópico foram destacados os principais temas abordados na disciplina. Agora é o momento de você fazer uma revisão de seus aprendizados, realizando anotações em seu "Caderno de Estudos e Práticas". Depois de terminada sua revisão, realize a seguinte atividade:

Consulte o sítio do Instituto Nacional de Meteorologia, no endereço: <http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=evap> e analise a evaporação em sua região. Faça comparação com o restante do país e responda:

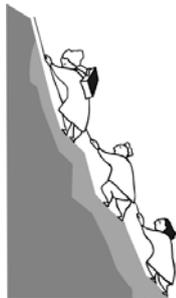
Como é o comportamento da evaporação em sua região ao longo do ano?

Não deixe de anotar suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

5 INFILTRAÇÃO

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- definir e apresentar os métodos de quantificação do processo de infiltração.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer o fenômeno da infiltração, suas propriedades e formas de quantificação como instrumento de racionalização das soluções dentro do contexto da Gestão dos Recursos Hídricos.

5.1 INFILTRAÇÃO E CONCEITOS RELACIONADOS AO PROCESSO

A **infiltração** é o fenômeno de penetração da água nas camadas do solo próximas à superfície do terreno.

São fases da infiltração:

- o **intercâmbio** - ocorre na camada superficial de terreno, onde as partículas de água estão sujeitas a retornar à atmosfera por aspiração capilar, provocada pela ação da evaporação ou absorvida pelas raízes das plantas;
- a **descida** - dá-se o deslocamento vertical da água quando o peso próprio supera a adesão e a capilaridade;
- a **circulação** - devido ao acúmulo da água, o solo fica saturado formando-se os lençóis subterrâneos. A água escoar devido à declividade das camadas impermeáveis.

Pedrazzi (2004) apresenta as seguintes grandezas nas **características da infiltração**:

- **Capacidade de infiltração (fp)**: é a quantidade máxima de água que um solo em determinadas condições pode absorver, na unidade de tempo por unidade de área horizontal. Ela varia no decorrer da chuva.

A penetração da água no solo, na razão da sua capacidade de infiltração, verifica-se somente quando a intensidade da precipitação excede a capacidade do solo em absorver a água, isto é, quando a precipitação é excedente.

A capacidade de infiltração é expressa em mm/hora; mm/dia; m^3/m^2 por dia.

Sendo:

I - Intensidade da precipitação;

$I < f \Rightarrow$ não há escoamento superficial; e

$I > f \Rightarrow$ o excesso forma escoamento superficial.

- **Velocidade de filtração:** é a velocidade média do escoamento da água através de um solo saturado, determinada pela relação entre a quantidade de água que atravessa a unidade de área do material do solo e o tempo.

Pode ser expressa em m/s; m/dia; m^3/m^2 por dia.

- **Variações da capacidade de infiltração:** as variações da capacidade de infiltração dos solos podem ser classificadas conforme as categorias seguintes:
 - a) variações em área geográfica;
 - b) variações no decorrer do tempo em uma área limitada:
 - variações anuais devidas à ação de animais, desmatamentos, alteração das rochas superficiais, etc.;
 - variações anuais devidas à diferença de grau de umidade do solo, estágio de desenvolvimento da vegetação, atividade de animais, temperatura, etc.;
 - variações no decorrer da própria precipitação.
- **Distribuição granulométrica:** é a distribuição das partículas constituintes do solo em função das suas dimensões, representada pela curva de distribuição granulométrica.
- **Porosidade:** é a relação entre o volume de vazios e volume total, expressa em porcentagem.

São fatores que afetam a infiltração:

- 1) **Tipo do solo:** infiltração varia diretamente com:
 - porosidade;
 - tamanho das partículas;
 - estado de fissuração das rochas.
- 2) **Conteúdo de Umidade do Solo:** solo mais úmido infiltração é menor que num solo mais seco.
- 3) **Ação da precipitação sobre o solo:** infiltração em regiões com vegetação é maior que nos solos desprovidos da mesma.
- 4) **Temperatura:** escoamento no solo é laminar (tranquilo) em função da viscosidade da água. Quanto maior a temperatura, maior a infiltração de água no solo.
- 5) **Compactação devida à ação antrópica e ao pisoteio de animais.**
- 6) **Macroestrutura do terreno:**

- a. escavações para animais e insetos;
- b. decomposição de raízes;
- c. ação da geada e do sol;
- d. aradura e cultivo da terra.

LIGANDO AS IDEIAS

Observe em sua região como está sendo desenvolvido o processo de urbanização. Há manutenção do processo de infiltração? Comente os potenciais impactos que um aumento na impermeabilização do solo pode causar na infiltração.

Pesquise e reflita sobre esse tema e anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas"

5.2 QUANTIFICAÇÃO DA INFILTRAÇÃO

A determinação da quantidade de água infiltrada pode ser efetuada através dos seguintes métodos:

- a) **Medição direta** da capacidade de infiltração através de **Infiltrômetros** - são equipamentos constituídos de dois anéis concêntricos de chapa metálica, com diâmetros variando entre 16 e 40 cm, que são cravados verticalmente no solo de modo a restar uma pequena altura livre sobre este. Aplica-se água em ambos os cilindros mantendo uma lâmina líquida de 1 a 5 cm, sendo que no cilindro interno mede-se o volume aplicado a intervalos fixos de tempo. A finalidade do cilindro externo é manter verticalmente o fluxo de água do cilindro interno, onde é feita a medição da capacidade de campo (Figura 5.1).



Figura 5.1 Infiltrômetro.
Fonte: Collischon, 2008.

b) **Método de Horton**

A capacidade de infiltração pode ser representada por (Equação 22):

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

Em que

f_0 é a capacidade de infiltração inicial ($t=0$), em mm/h;

f_c é a capacidade de infiltração final, em mm/h;

k é uma constante para cada curva em t^{-1} ;

f é a capacidade de infiltração para o tempo t em mm/h.

c) **Método de Soil Conservation Service**

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)}$$

para $P \geq 0,2 \cdot S$

Em que:

P_c - escoamento superficial direto em mm;

P - precipitação em mm;

S - retenção potencial do solo em mm (depende do tipo de solo).

$0,2 \cdot S$ é uma estimativa das perdas iniciais (interceptação e retenção).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

A determinação do valor de CN depende basicamente de 3 fatores: a umidade antecedente do solo, o tipo de solo e a ocupação do solo.

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A infiltração é o fenômeno de penetração da água nas camadas do solo próximas à superfície do terreno.
- 2.- As fases da infiltração são: o intercâmbio; a descida; e a circulação.
- 3.- As características da infiltração são: a capacidade de infiltração; a velocidade de filtração; as variações da capacidade de infiltração; a distribuição granulométrica; e a porosidade.
- 4.- O tipo do solo; o conteúdo de umidade do solo; a ação da precipitação sobre o solo; a temperatura; compactação devida à ação antrópica e ao pisoteio de animais; e a macroestrutura do terreno, são fatores que afetam a infiltração no terreno.
- 5.- Os métodos para determinar a quantidade de água infiltrada são: (a) a medição direta; e (b) o método de Horton.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Após fazer a revisão de seus aprendizados no capítulo, realize a seguinte atividade:

O uso de sistemas de irrigação por aspersão pode provocar, em algumas regiões, redução na capacidade de infiltração do solo.

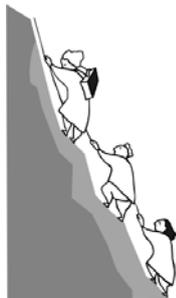
Procure saber se em sua região existem sistemas de cultivo que utilizam este método de irrigação e escreva sobre as causas da redução na capacidade de infiltração do solo.

Não deixe de registrar esta atividade, suas ideias, reflexões e considerações no "Caderno de Estudos e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- apresentar o processo de formação escoamento superficial.
- apresentar os procedimentos para o seu monitoramento e quantificação.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Possibilitar o entendimento do processo de formação escoamento superficial, bem como os procedimentos realizados para o seu monitoramento e quantificação.

6.1 FORMAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O movimento das águas na superfície da terra em deslocamento, em função do efeito da gravidade, constitui o **Escoamento Superficial**.

O escoamento superficial em um rio está direta ou indiretamente relacionado com as precipitações que ocorrem na bacia hidrográfica. A Figura 6.1 apresenta as **quatro formas** pelas quais os cursos d'água recebem água (Pedrazzi, 2004):

- 1 - precipitação direta sobre o curso d'água (P);
- 2 - escoamento Superficial (ES);
- 3 - escoamento subsuperficial ou hipodérmico (ESS);
- 4 - escoamento subterrâneo ou básico (E_{sub}).

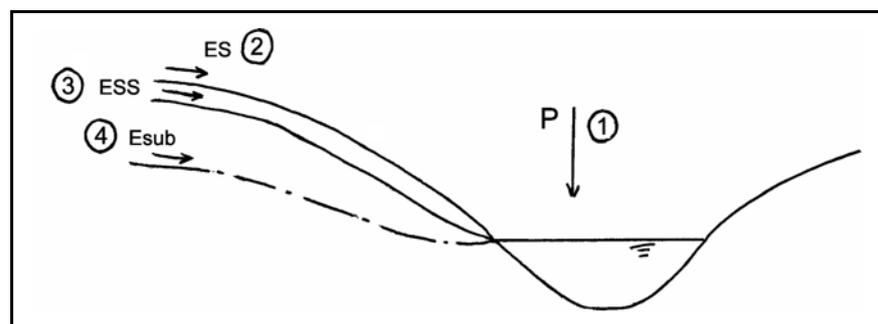


Figura 6.1 Formação de um curso d'água.

Os cursos d'água podem, individualmente, ser objeto de classificação, de acordo com o período de tempo durante o qual o fluxo ocorre (Lima, 2008):

- a) **perenes**: há fluxo o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido;
- b) **intermitentes**: de modo geral, só há fluxo durante a estação chuvosa (50% do período ou menos);
- c) **efêmero**: só há fluxo durante as chuvas ou períodos chuvosos; os canais não são bem definidos.

LIGANDO AS IDEIAS

Como são classificados, de forma geral, os cursos d'água da sua região?
 Pesquise e reflita sobre esse tema. Anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

6.1.1 FATORES QUE INTERVÊM NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A formação do escoamento superficial está condicionada a vários fatores, incluindo aqueles relacionados à taxa de infiltração da água no solo. Alguns desses fatores serão destacados a seguir (Brandão *et al.*, 2003):

- **Agroclimáticos** – O tipo e uso do solo são condicionantes da maior ou menor capacidade de interceptação, infiltração, evapotranspiração e, conseqüentemente, do escoamento superficial em uma região. Quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal e rugosidade da superfície do solo, menor o escoamento superficial. Além disso, quanto maior a evapotranspiração, menor será a umidade do solo, favorecendo assim o aumento da taxa de infiltração e a redução do escoamento superficial. O aumento da intensidade, da duração e da área abrangida pela precipitação, a qual constitui a principal forma de entrada de água no ciclo, provoca uma tendência de crescimento no escoamento superficial.
- **Fisiográficos** – A vazão no exutório da bacia será tanto maior quanto maior for a sua declividade e área de drenagem. A forma da bacia também é um fator importante a ser observado, visto que quanto mais se aproximar de um formato circular, mais rápida será a concentração do escoamento superficial e maior tenderá a ser a sua vazão máxima.

Ainda, de acordo com Brandão *et al.* (2003), considerando as condições de superfície que mais influenciam no escoamento superficial, destacam-se:

- a) **tipo de solo:** interfere diretamente na taxa de infiltração da água no solo e na capacidade de retenção de água sobre sua superfície;
- b) **topografia:** além de influenciar a velocidade de escoamento da água sobre o solo, interfere também na capacidade de armazenamento de água sobre este, tendo as áreas com maiores declives geralmente menor capacidade de armazenamento superficial;

- c) **rede de drenagem:** uma rede de drenagem densa e ramificada permite a rápida concentração do escoamento superficial, favorecendo a ocorrência de maiores vazões;
- d) **obras hidráulicas presentes na bacia:** as obras hidráulicas destinadas à drenagem provocam um aumento na velocidade de escoamento, por outro lado, aquelas com finalidade de contenção do escoamento provocam redução na vazão máxima.

As principais grandezas que caracterizam um escoamento superficial são (Pedrazzi, 2004):

- *Área da Bacia Hidrográfica (A):* área geográfica coletora de água de chuva, que, escoando pela superfície, atinge a seção considerada;
- *Vazão (Q):* volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do rio. Normalmente, expressa-se a vazão em m³/s ou L/s;
- *Velocidade (V):* relação entre o espaço percorrido pela água e o tempo gasto. É geralmente expressa em m/s.
- *Vazão Específica (q):* relação entre a vazão e a área de drenagem da bacia (L/s/km²).

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

- *Altura Linimétrica (h):* leitura do nível d'água do rio, em determinado momento, em um posto fluviométrico;
- *Coefficiente de escoamento superficial (C):* relação entre o volume de água que atinge uma seção do curso d'água e o volume precipitado.

LIGANDO AS IDEIAS

Identifique fatores (agroclimáticos, fisiográficos e condições de superfície) que possam interferir no escoamento superficial de um curso d'água de sua região.

Pesquise e reflita sobre as informações que voce levantou. Anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

6.1.2 MEDIÇÃO DE NÍVEIS DE ÁGUA E VAZÃO EM RIOS

Para o conhecimento do regime hidrológico de um rio é fundamental que se disponha de informações a respeito da variação da vazão ao longo do tempo.

A obtenção de uma relação entre nível de água e vazão é desejada, pois visa facilitar o processo direto de medição destas variáveis que é, normalmente, desgastante e oneroso (Santos et al., 2001).

- **Determinação dos níveis de água:**

Os níveis de água são medidos por meio de linímetros, quais sejam, réguas linimétricas ou linígrafos. A régua linimétrica consiste em uma escala graduada de madeira, de metal (esmalhada ou não) ou mesmo pintada sobre uma superfície vertical de concreto (Figura 6.2).



Figura 6.2 Régua linimétrica localizada no rio Niquim/AL.

O **Posto fluviométrico** ou **fluviômetro** consiste em vários lances de réguas (escalas) instaladas em uma seção de um curso d'água, que permite a leitura dos seus níveis d'água. Para a instalação das réguas (Figura 6.3), deve-se fixar um ponto de referência (Referência de Nível – RN), em um ponto estável e de fácil acesso, para uma possível reinstalação ou inclinação das réguas em função de tombamentos que podem ser provocados por fatores diversos, por exemplo, grandes enchentes (Figura 6.4).

Normalmente, dá-se ao posto o nome do município ou cidade onde ele é instalado e identifica-se por um prefixo (Pedrazzi, 2004).

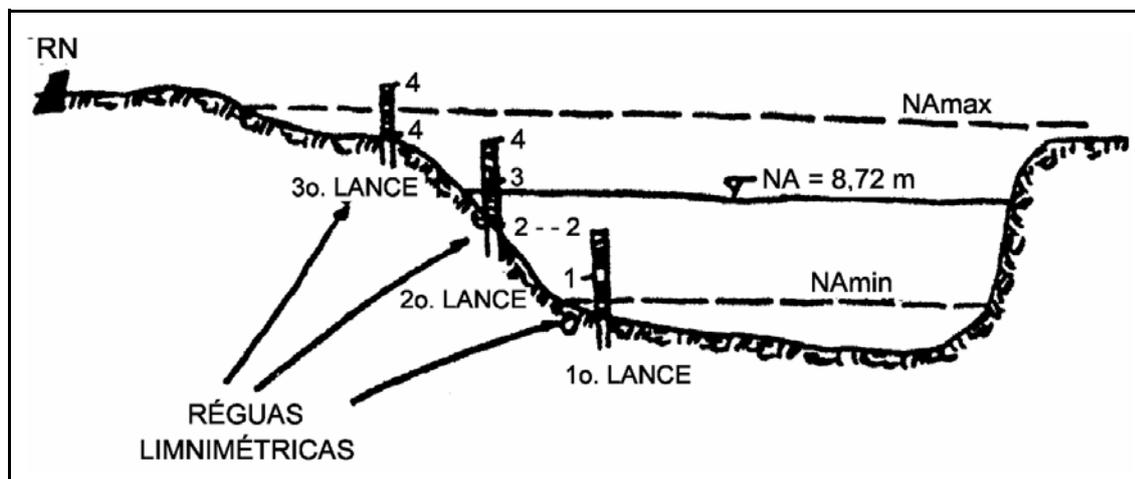


Figura 6.3 Croqui de instalação de réguas limnimétricas.



Figura 6.4 Sequência de fotos do tombamento de régua.

Costuma-se realizar duas leituras diárias nas réguas linimétricas, em geral às 7:00 e 17:00 h). Porém, essa leitura pode não ser representativa da situação média diária, visto que é possível ocorrer um máximo (ou mínimo) no intervalo de tempo entre as leituras efetuadas pelo operador.

Nos casos em que a estação de medição venha a ser instalada em seções de rios com histórico de oscilações rápidas, recomenda-se o uso de linígrafos.

Os **linígrafos** (Figura 6.5) são aparelhos registradores contínuos do nível de água que podem ser de bóia ou de pressão. Destaca-se, no entanto, que a instalação de linígrafos não dispensa o uso das réguas, pois elas podem ser úteis nos seguintes casos (Santos, 2001):

- 1) comparação com os dados do linígrafo para verificação de possíveis defeitos mecânicos;
- 2) auxílio na interpretação do diagrama;
- 3) substituir o registro do linígrafo no caso de avaria do aparelho.

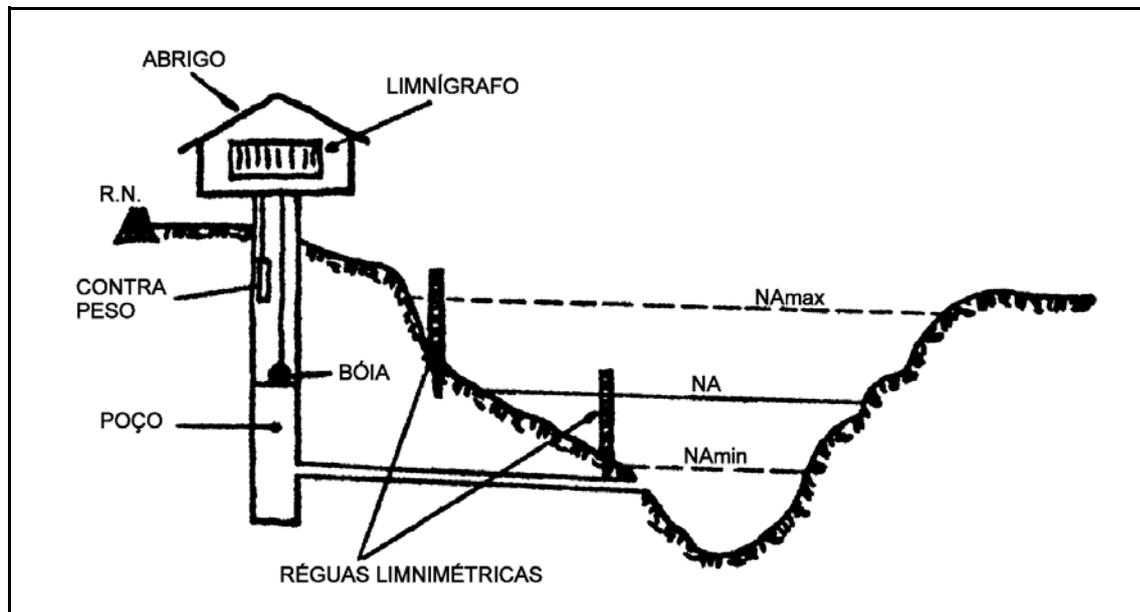


Figura 6.5 Estação com linígrafo.

- Determinação da vazão

Existem várias maneiras para se medir a vazão em um curso d'água. As mais utilizadas são aquelas que determinam a vazão a partir do nível d'água (Pedrazzi, 2004):

- para pequenos córregos: calhas e vertedores;
- para rios de médio e grande porte: a partir do conhecimento de área e velocidade.

Os vertedores mais utilizados são os de parede delgada, de forma retangular com contração completa e os de forma triangular. O cálculo da vazão é feito a partir das seguintes fórmulas, que relacionam o nível e a vazão:

- Vertedor retangular (Figura 6.6):
(L e H em m, Q em m^3/s)

$$Q = 1,84 \cdot L \cdot H^{1,5}$$

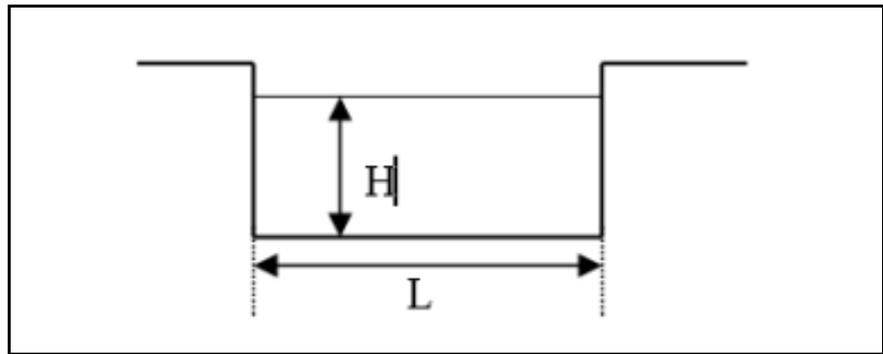


Figura 6.6 Vertedor retangular.

- Vertedor triangular (Figura 6.7):
(H em m, Q em m³/s) – Equação válida para $\theta = 90^\circ$

$$Q = 1,42 \cdot H^{2,5}$$

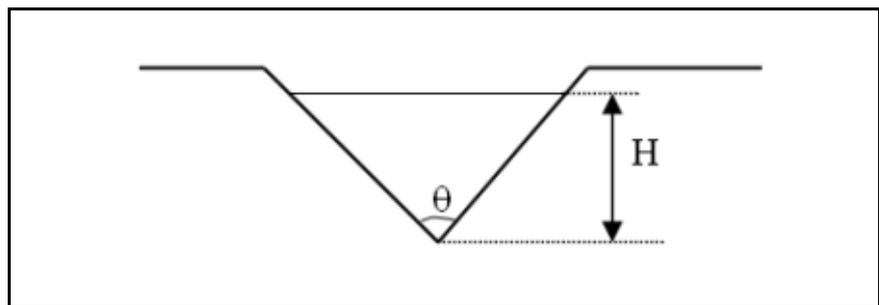


Figura 6.7 Vertedor triangular.

A vazão também pode ser obtida através do método denominado de área-velocidade, em que a vazão é obtida aplicando-se a equação da continuidade:

$$Q = V \cdot A$$

A área é determinada por batimetria, medindo-se várias verticais e respectivas distâncias e profundidades (Figura 6.8).

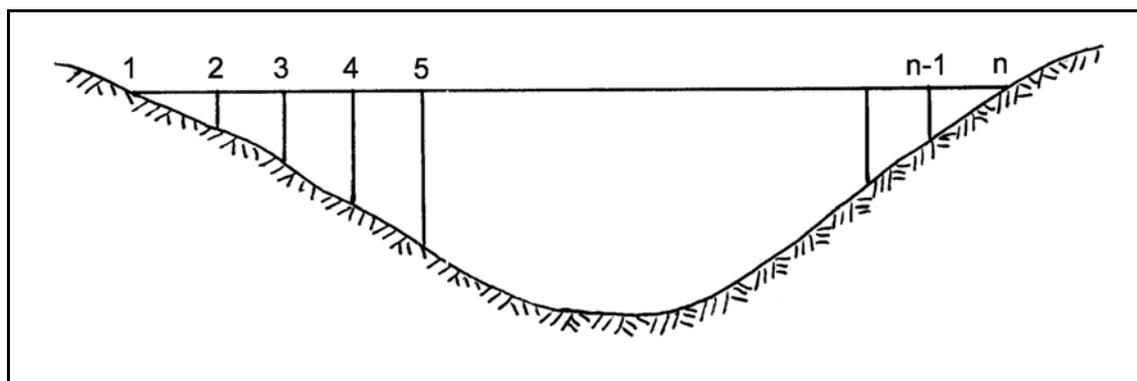


Figura 6.8 Determinação da área de uma seção de rio para cálculo da vazão.

Tomando uma subseção qualquer, localizada na seção de interesse, entre duas verticais (Figura 6.9), o cálculo da área é realizado de acordo com a Equação 29:

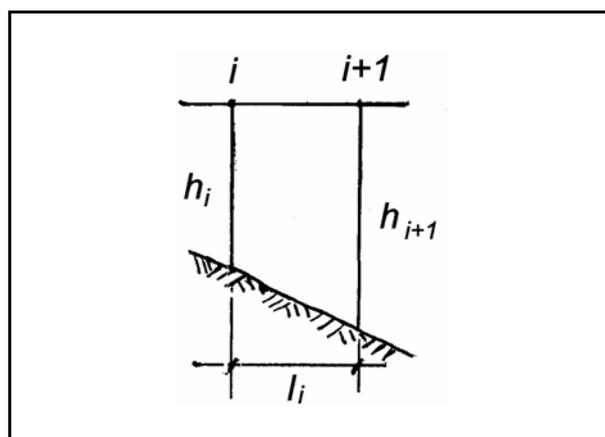


Figura 6.9 Subseção do rio para cálculo da vazão.

$$S_i = \left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right) \cdot l_i$$

em que:

S_i é a área da subseção (m^2);

h_i é a profundidade da vertical i (m);

h_{i+1} é a profundidade da vertical $i+1$;

l_i (m) é a distância entre as verticais i e $i+1$.

Para se medir a velocidade de água na seção, o método mais empregado é o do **molinete** (Figura 6.10).



Figura 6.10 Medição de vazão com molinete.

O molinete é um aparelho que permite calcular a velocidade instantânea da água no ponto, através da medida de rotações de uma hélice em determinado tempo. Cada molinete tem uma equação que transforma o número de rotações da hélice em velocidade, do tipo:

$$V = a + b \cdot n$$

Em que:

a e b são constantes (calibração em laboratório para cada molinete);

n = número de rotações/tempo (normalmente utiliza-se o tempo de 50 segundos).

Para a realização de uma boa medição utilizando molinete, alguns requisitos básicos precisam ser observados:

- 1) o número de verticais precisa ser adequado para que se tenha uma boa representatividade da área da seção;
- 2) o número de pontos por verticais, para a medição da velocidade, deve ser capaz de refletir o perfil de velocidades compatível com a realidade;
- 3) deve-se evitar correntes inclinadas;
- 4) o tempo de medição de velocidades, na seção como um todo, deve ser o menor possível, para evitar variações no nível da água;
- 5) deve-se evitar vibração do molinete;
- 6) deve-se evitar que o cabo do molinete fique inclinado.

Dependendo da **profundidade da vertical**, mede-se a velocidade em (Pedrazzi, 2004):

- a) um ponto, quando a profundidade (h) é menor ou igual a 1,0 m. O molinete é colocado a 60% da profundidade e a velocidade neste ponto é adotada como a média da vertical considerada (Figura 6.11);

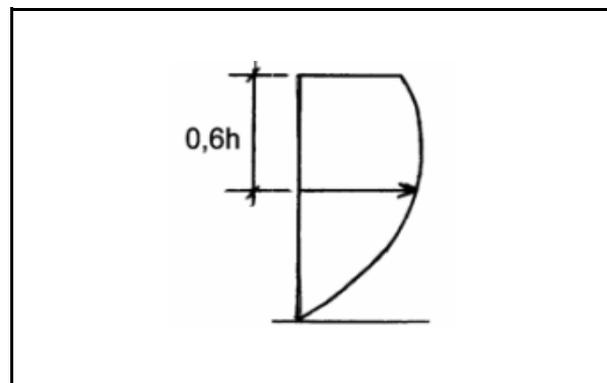


Figura 6.11 Medição de velocidade para profundidades menores que 1 metro. (Fonte: Pedrazzi, 2004).

- b) dois pontos, quando h é maior que 1,0 m. Neste caso, o molinete é colocado a 20% e 80% de h e a velocidade média da vertical é a média aritmética das velocidades obtidas nos dois pontos (Figura 6.12).

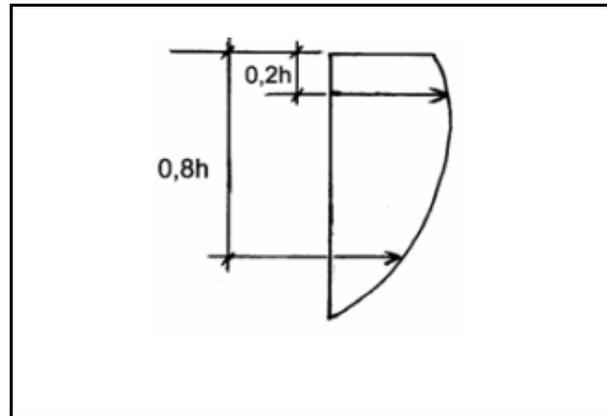


Figura 6.12 Medição de velocidade para profundidades maiores que 1 metro. (Fonte: Pedrazzi, 2004).

A velocidade média da seção compreendida entre as verticais i e $i+1$ é calcula fazendo-se a média aritmética das velocidades médias de duas verticais.

$$\bar{V}_{\text{sec}-i} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}$$

A vazão na seção i é determinada multiplicando-se área pela velocidade média da seção.

$$q_i = A_i \cdot \bar{V}_{\text{sec}-i}$$

A vazão total da seção do rio é obtida pelo somatório das vazões parciais:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i$$

6.2 CURVA-CHAVE

A relação entre os níveis d'água com as respectivas vazões de um posto fluviométrico é conhecida como **Curva-chave**. Para a obtenção desta relação, em um determinado posto fluviométrico, é necessário que disponha de uma série de medição de vazão e a correspondente leitura da régua no local (dados de h e Q).

Partindo-se desta série de valores (h e Q) a determinação da curva-chave pode ser feita de duas formas: **gráfica** ou **analiticamente**.

A experiência tem mostrado que o nível d'água (h) e a vazão (Q) ajustam-se bem à curva do tipo potencial, que é dada por Pedrazzi (2004):

$$Q = a \cdot (h - h_0)^b$$

Em que:

Q é vazão em m^3/s ;

h é o nível d'água em m (leitura na régua);

a , b e h_0 são constantes para o posto, a serem determinados;

h_0 corresponde ao valor de h para vazão $Q = 0$.

O procedimento de cálculo dos parâmetros a , b e h_0 , pode ser realizado utilizando os dois métodos (Pedrazzi, 2004):

I. Método gráfico

1. Lançar em papel milimetrado os pares de pontos (h , Q);
2. Traçar a curva média entre os pontos, utilizando apenas critério visual;
3. Prolongar essa curva até cortar o eixo das ordenadas (eixo dos níveis); a intersecção da curva com o eixo de h corresponde ao valor de h_0 (Figura 6.13);

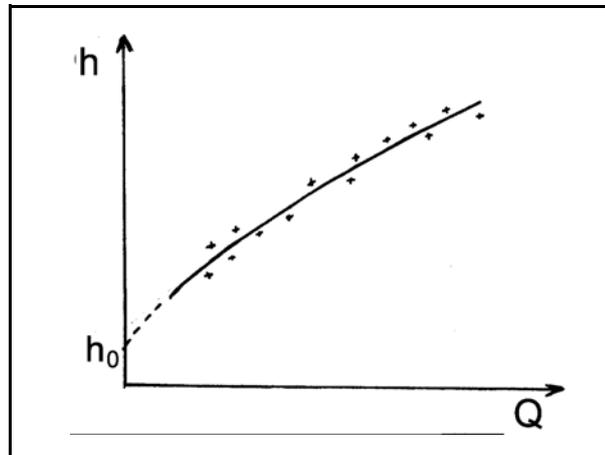


Figura 6.13 Obtenção de h_0 para a relação da curva-chave.

4. Montar uma tabela que contenha os valores de $(h-h_0)$ e as vazões correspondentes;
5. Lançar em papel di-log os pares de pontos $(h-h_0, Q)$, conforme Figura 6.14;

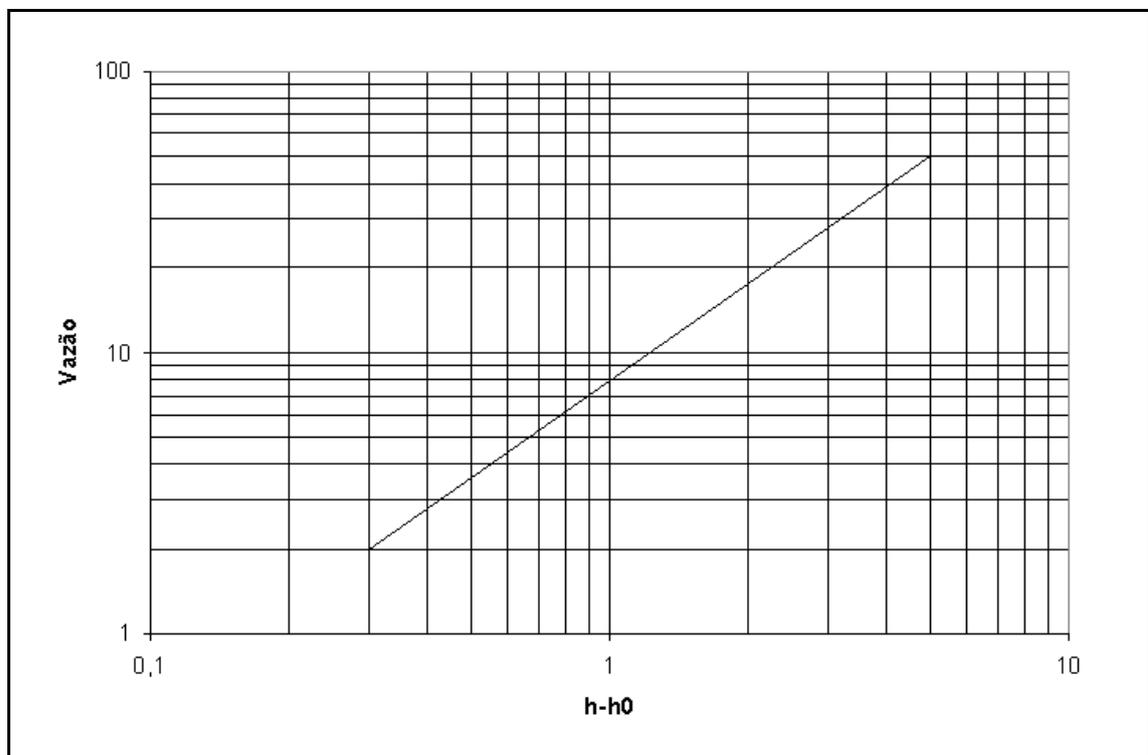


Figura 6.14 Determinação de coeficientes para a relação da curva-chave.

6. Traçar a reta média, utilizando critério visual;
7. Determinar o coeficiente angular dessa reta, fazendo-se a medida direta com uma régua; o valor do coeficiente angular é a constante b da equação da curva-chave;
8. Da intersecção da reta traçada com a reta vertical que corresponde a $(h-h_0) = 1,0$ resulta o valor particular de Q, que será o valor da constante a da equação.

II. Método analítico

Para a determinação do parâmetro h_0 , será adotado o mesmo procedimento do método gráfico (os quatro primeiros passos descritos no método gráfico). Para os demais parâmetros, os seguintes passos serão seguidos:

- 1) Reescreve a equação da curva-chave, a partir da linearização de sua equação:

$$Q = a \cdot (h - h_0)^b$$

- 2) Lineariza aplicando logaritmo:

$$\log Q = \log a + b \log(h - h_0)$$

- 3) A equação acima é do tipo

$$Y = A + bX$$

Em que:

$$Y = \log Q, A = \log a \text{ e } X = \log(h-h_0).$$

Os parâmetros A e b da equação da reta $Y = A + b.X$ são calculados da seguinte forma:

$$b = \frac{\sum X_i \cdot Y_i - n \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sum X_i^2 - n \cdot \bar{X}^2}$$

$$A = \bar{Y} - b \cdot \bar{X}$$

Como $A = \log a$, o valor de a é obtido pelo antilog A, ou $a = 10^A$.

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- Chama-se de Escoamento Superficial o movimento das águas na superfície da terra em deslocamento, em função do efeito da gravidade.
- 2.- O escoamento superficial em um rio está direta ou indiretamente relacionado com as precipitações que ocorrem na bacia hidrográfica.
- 3.- São quatro as formas pelas quais os cursos d'água recebem água: (1) precipitação direta sobre o curso d'água; (2) escoamento superficial, (3) escoamento subsuperficial ou hipodérmico; e (4) escoamento subterrâneo ou básico.
- 4.- Os cursos d'água podem ser classificados, levando em conta o período de tempo durante no qual o fluxo ocorre, em: a) perenes; b) intermitentes; e c) efêmeros.
- 5.- A formação do escoamento superficial está condicionada por fatores: Agroclimáticos; Fisiográficos; pelo tipo de solo, pela topografia, pela rede de drenagem, pelas obras hidráulicas que existem na bacia.
- 6.- São informações fundamentais para conhecimento do regime hidrológico de um rio: a determinação dos níveis de água e a determinação da vazão.
- 7.- A relação entre os níveis d'água e as respectivas vazões de um posto fluviométrico e conhecida como Curva-chave.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Após fazer a revisão de seus aprendizados no capítulo, realize a seguinte atividade:

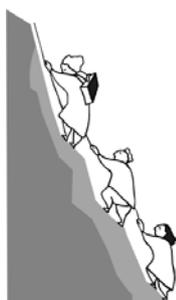
Pesquise e relacione as obras hidráulicas destinadas ao transporte de água para irrigação e abastecimento e também os reservatórios e açudes existentes em sua região. Pesquise também a existência e a finalidade de outras obras hidráulicas que envolvem diretamente os cursos d'água em sua região. Se você dispuser de mapa, registre suas localizações

Não deixe de realizar anotações e considerações sobre a atividade em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

*CADERNO DE ESTUDO
E PRÁTICAS*

7 CONSEQUÊNCIAS DAS AÇÕES ANTRÓPICAS NOS ESCOAMENTOS

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- apresentar os principais processos que compõem o ciclo hidrológico.
- mostrar os impactos das ações antrópicas sobre os processos do ciclo hidrológico.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer os processos do ciclo hidrológico e os impactos que as atividades humanas podem provocar na dinâmica desse ciclo.

7.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O ser humano, em seu processo de desenvolvimento, gradualmente provoca alterações no ciclo hidrológico.

Em uma situação de cobertura natural do solo, em que apenas a vegetação ocupa a área, estima-se que do total precipitado 40% corresponde à evapotranspiração, 10% ao escoamento superficial direto, 25% para o escoamento subsuperficial e 25% infiltração profunda (recarga subterrânea), conforme apresentado na Figura 7.1.

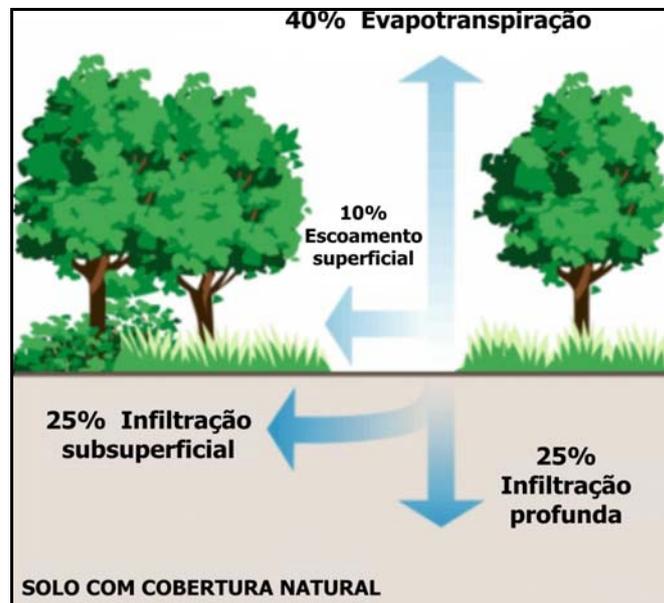


Figura 7.1 Ciclo hidrológico sem processo de urbanização.
Fonte: EPA, 2008.

Logo ao início da ocupação da região com habitações, pequenas mudanças já poderão ser percebidas pelo aumento da área impermeabilizada em torno de 10 a 20%.

Nesse contexto, a infiltração que anteriormente totalizava 50% da precipitação (subssuperficial e profunda) e a evapotranspiração sofrem redução, passando a ser 38% e 42% do total precipitado, respectivamente (Figura 7.2).

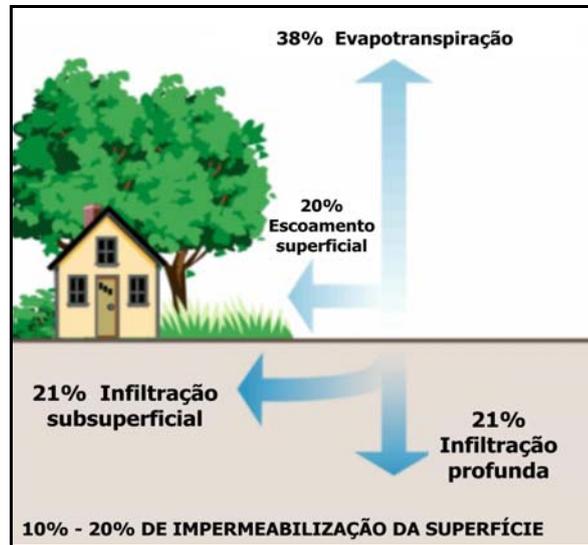


Figura 7.2 Ciclo hidrológico no início do processo de urbanização. Fonte: EPA, 2008.

Com a continuidade do processo de ocupação, quando já se observa uma área impermeabilizada variando em torno de 35 a 50%, o total infiltrado passa a ser de 35%, sendo a maior parte correspondente à parcela subsuperficial (20%). Mantendo-se um comportamento similar à situação do início do processo de urbanização, a evapotranspiração continua sofrendo redução, passando para 35%, e o escoamento superficial aumenta para 30%, conforme apresentado na Figura 7.3.

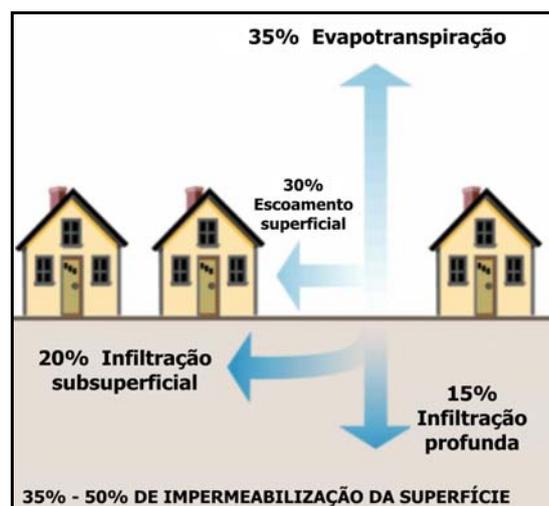


Figura 7.3 Alteração no ciclo hidrológico para uma condição intermediária de impermeabilização. Fonte: EPA, 2008.

Considerando que praticamente toda a área foi ocupada, atingindo de 75 a 100% de área impermeabilizada, o total infiltrado passa a ser de apenas 15%, a evapotranspiração é de 30% e o escoamento superficial aumenta para 55% (Figura 7.4).

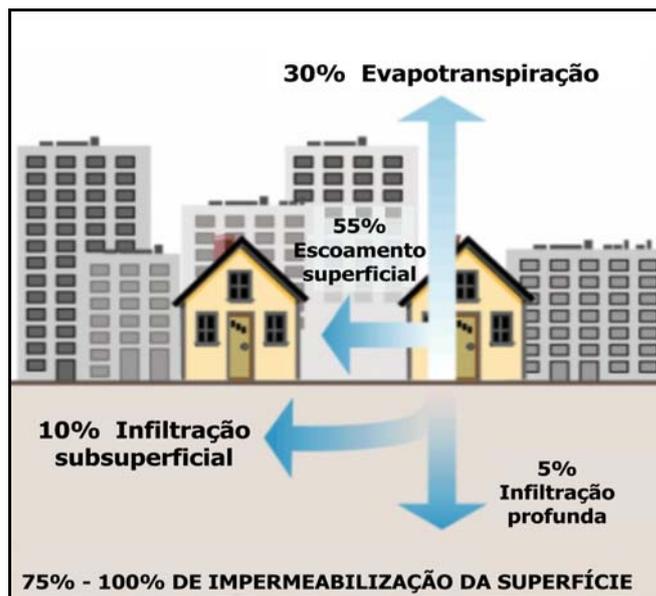


Figura 7.4 Ciclo hidrológico em área urbanizada.
Fonte: EPA, 2008.

Observa-se, assim, que o processo de urbanização provoca diversos impactos ao meio ambiente, refletindo diretamente na qualidade e na quantidade da água. A **impermeabilização do solo**, ocasionada pelas construções de casas, prédios e asfaltamento de ruas, acaba por diminuir as existências de **zonas permeáveis** que possibilitam a **recarga dos aquíferos** a partir do processo de **infiltração** da água no solo.

Com a **redução da infiltração**, há um estímulo natural do **escoamento superficial**, normalmente com maior velocidade e magnitude, em direção às partes baixas do relevo. Os resultados desse processo são bastante conhecidos: **redução do volume de água na recarga dos aquíferos**, **erosão dos solos**, **enchentes** e **assoreamento** dos cursos de água.

O processo de assoreamento está diretamente ligado à erosão dos solos. Os materiais provenientes do processo erosivo são depositados nos cursos d'água causando impactos como (DAEE/IPT,1997):

- a diminuição do armazenamento de água nos reservatórios;
- a colmatção total de pequenos lagos e açudes;
- a obstrução de canais de cursos d'água;
- a destruição dos habitats aquáticos;
- a indução de turbidez, prejudicando o aproveitamento da água e reduzindo as atividades de fotossíntese;
- a degradação da água para o consumo;
- o prejuízo dos sistemas de distribuição de água;
- a veiculação de poluentes como pesticidas, fertilizantes, herbicidas, etc;
- a veiculação de bactérias e vírus;
- a abrasão nas tubulações e nas partes internas das turbinas e bombas.

A **ocupação dos leitos dos rios** também é um aspecto importante a ser discutido. Normalmente os rios possuem dois leitos, o **leito menor** (onde a água escoar na maior parte do tempo), e o **leito maior** que é naturalmente inundado em períodos de chuvas intensas.

A ocupação do leito maior do rio potencializa os impactos das **enchentes**, principalmente em função do desmatamento e da impermeabilização do solo. As **enchentes**, por sua vez, causam grandes prejuízos à população, não só materiais, como de saúde (doenças de veiculação hídrica). Em locais sem redes pluviais e/ou coleta de lixo, o escoamento superficial tende a carregar grande quantidade de sedimentos e de lixo para os rios, aumentando o risco de enchente e comprometendo ainda mais a qualidade destas águas.

LIGANDO AS IDEIAS

Pesquise e descreva as consequências do processo de urbanização sobre a qualidade das águas dos rios e córregos em seu município ou região.

Anote as informações e suas descobertas no "Caderno de Estudo e Práticas".

7.2 ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO

O subsolo estoca cerca de 10,5 milhões de km³ de **água subterrânea doce**. Isto representa cerca de 96% dos volumes de água doce líquida existente nos continentes, passíveis de acesso através de meios tecnológicos e econômicos. Segundo Rebouças (1999), as águas subterrâneas podem ser utilizadas para abastecimento das populações, indústrias e atividades agropecuárias devendo-se, para isto, empregar a forma correta de captação (Figura 7.5).

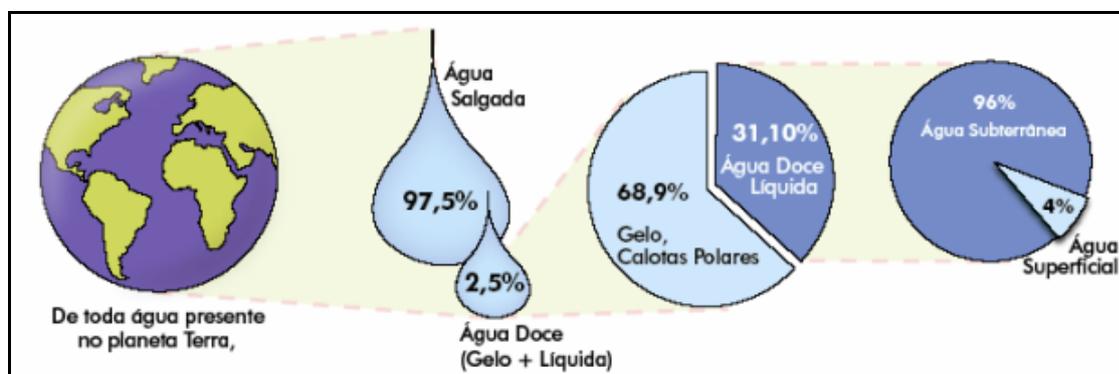


Figura 7.5 Disponibilidade de água subterrânea no planeta.
Fonte: MMA, 2007.

Apesar da grande disponibilidade, as reservas de água subterrânea não são, normalmente, a primeira fonte de captação procurada pelos usuários para abstração por razões econômicas. A primeira busca se faz à água superficial quando se acha disponível. Isso ocorre, principalmente, graças às facilidades que se têm de acesso e visualização, que permitem a sua retirada direta, inclusive para análise de qualidade da água, já que a coleta de uma amostra é feita quase sem nenhum investimento antecedente.

As águas subterrâneas têm um alto custo de extração comparado ao que se tem com a água superficial. Isto se verifica até mesmo para retirada de uma amostra para avaliação de sua qualidade.

No caso da água subterrânea, são necessários grandes investimentos prévios que, muitas vezes, podem, após análise, revelar qualidade insatisfatória para o uso ao qual se deseja, implicando ainda em outros gastos para o tamponamento adequado da

perfuração realizada. Muitas águas subterrâneas estão armazenadas em grandes profundidades, os custos de bombeamento são usualmente altos, excedendo, em muitos casos, o benefício esperado do seu uso. Muitos aquíferos são considerados fora do alcance humano. Há ainda situações em que os aquíferos não estão localizados onde são necessários.

Na Figura 7.6, observa-se que a recarga da água subterrânea pode ocorrer em durações distintas, a depender das condições hidrogeológicas levar até milênios para chegar a um aquífero.

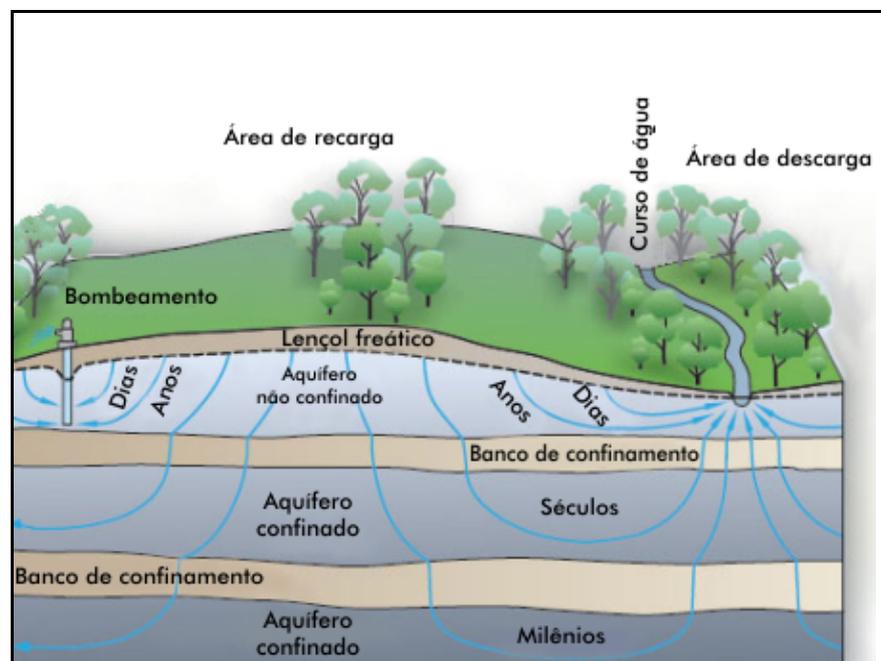


Figura 7.6 Durações possíveis de recarga da água subterrânea.
Fonte: USGS, 2008.

Nas regiões costeiras os aquíferos sofrem mais impacto devido aos riscos da ocorrência de intrusão salina em decorrência da sobrexploração (Figura 7.7).

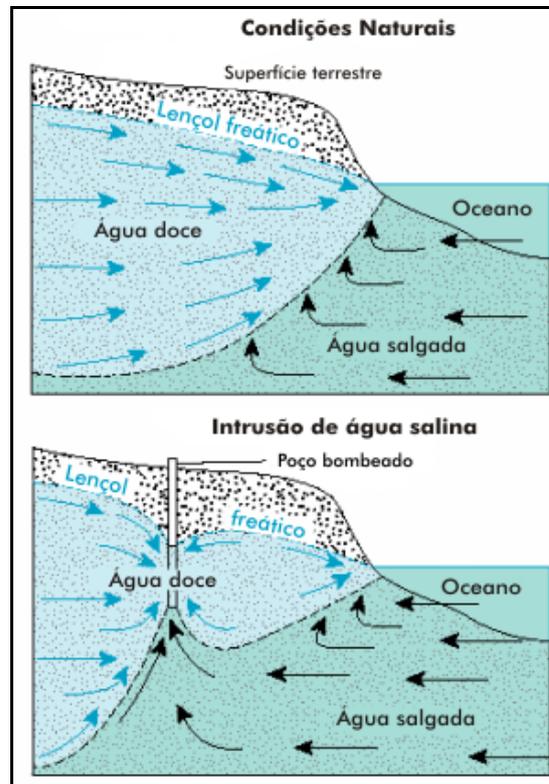


Figura 7.7 Intrusão salina em função de sobreexploração.

Outra questão importante ligada à exploração das águas subterrâneas é o custo de transporte da água. Este custo é muito grande se comparado ao valor da própria água, fazendo assim com que a transferência de longa distância, aliada ao custo da extração, seja impraticável. Finalmente, a qualidade da água subterrânea, que vem sendo a cada dia mais degradada, não tem sua extensão exatamente conhecida.

Normalmente os aquíferos rasos (mais acessíveis) e aqueles localizados em áreas urbanas e intensamente cultivadas são mais afetados, enquanto muitos outros aquíferos ainda contêm água de boa qualidade, porém, com acesso mais restrito.

A utilização da água subterrânea para abastecimento doméstico, agrícola e industrial vem crescendo intensamente em todo o mundo. Nos últimos 25 anos foram perfurados, anualmente, aproximadamente 12 milhões de poços no mundo. Nos Estados Unidos perfuram-se entre 800 e 900 mil poços/ano, tendo sido triplicado o uso para irrigação, chegando a atender 45% do total de terras irrigadas. Na Índia, são irrigados cerca de 31 milhões de hectares. Em alguns países mais da metade do total de terras irrigadas são abastecidas com água de origem subterrânea, como o Irã, com 58%, e Argélia, com 67%. A Líbia depende exclusivamente desta fonte hídrica para irrigação (ABAS, 2001).

Para o abastecimento público também se tem recorrido às fontes subterrâneas. Países como a Arábia Saudita, Dinamarca e Malta são abastecidas exclusivamente por água subterrânea. Em outros, como a Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça, estima-se que se atende mais de 70% da demanda.

Atualmente, segundo Montaigne (2002), metade da Índia enfrenta graves problemas do excesso de bombeamento, com muitos lavradores sendo obrigados a abandonar seus poços ou perfurar cada vez mais fundo, elevando, assim, os custos e tornando a agricultura inviável para muitos. Isso ocorre porque os agricultores retiram água mais rapidamente do que a natureza é capaz de repor. Em certas partes do Gujarat o lençol freático vem afundando até 6 metros por ano.

O excesso de exploração dos lençóis subterrâneos vem ocorrendo em todo o mundo, para usos agrícolas, urbanos ou industriais.

No aquífero Ogallala, imenso reservatório subterrâneo que fica sob as grandes planícies dos Estados Unidos, é retirada uma grande quantidade de água pelos fazendeiros americanos a um ritmo insustentável. No Texas, uma terça parte dessa reserva já está praticamente esgotada.

No norte da China, o lençol freático sob a planície na região agrícola daquele país está baixando sem cessar e o contínuo esgotamento das águas subterrâneas pode reduzir a produção de cereais da China e da Índia de 10 a 20% nas próximas décadas.

No Brasil, são perfurados entre 8.000 e 10.000 poços por ano, sendo a grande maioria para o abastecimento de indústrias.

Nas últimas décadas a procura para o abastecimento público no Brasil tem aumentado, sendo o Estado de São Paulo o seu maior usuário, tendo cerca de 65% dos seus núcleos urbanos e 90% das suas indústrias abastecidas total ou parcialmente por poços. A cidade de Ribeirão Preto/SP é totalmente abastecida por água subterrânea e, como ela, também a cidade de São Sebastião no Distrito Federal, com 60.000 habitantes, através de poços profundos. No Vale do Gurgueia/PI e em Mossoró/RN existem importantes plantações irrigadas com água de poços profundos nas culturas de uva e cítricos que são exportados para diversos países da Europa (ABAS, 2001).

Este crescente aumento da procura é estimulado por vários fatores, sendo os principais (ABAS, 2001):

- 1) a forte degradação verificada nas águas superficiais, especialmente aquelas que estão localizadas próximas a centros urbanos e zonas agrícolas;
- 2) progressos tecnológicos que viabilizam o acesso a aquíferos profundos e bombas cada vez mais potentes, retirando vazões cada vez maiores;
- 3) crescimento populacional nos centros urbanos;
- 4) a água subterrânea, por razões naturais, possui normalmente boa qualidade;
- 5) por ser viável economicamente (desde que possua um bom projeto de engenharia, a vida útil de um poço é de vinte a trinta anos, com amortização de investimentos realizados em apenas um terço deste período).

Com a constatação deste aumento na procura pelo uso da água subterrânea, muitas vezes de forma indiscriminada, o disciplinamento do uso se faz cada vez mais urgente e necessário. A gestão do recurso hídrico subterrâneo, baseada nas legislações vigentes e nas condições hidrogeológicas dos aquíferos, torna-se imprescindível para a sua preservação, especialmente nas regiões onde já se verificam sobrexplorações.

LIGANDO AS IDEIAS

Como é a exploração da água subterrânea em seu município?

Pesquise sobre esse tema e anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A ação antrópica no meio rural e urbano provoca alterações no ciclo hidrológico.
- 2.- Somente a ocupação do solo com habitações já aumenta a área impermeabilizada em torno de 10 a 20%.
- 3.- O processo de urbanização provoca diversos impactos ao meio ambiente: a impermeabilização do solo pela construções de casas e prédios e o asfaltamento de ruas acaba por diminuir as existências de zonas permeáveis que possibilitam a recarga dos aquíferos pelo processo de infiltração da água no solo.
- 4.- A redução da infiltração estimula o escoamento superficial e promove a redução do volume de água na recarga dos aquíferos, a erosão dos solos, as enchentes e o assoreamento dos cursos de água.
- 5.- A ocupação do leito maior do rio potencializa os impactos das enchentes, principalmente em função do desmatamento e da impermeabilização do solo.
- 6.- As águas subterrâneas podem ser utilizadas para abastecimento das populações, indústrias e atividades agropecuárias com emprego de formas corretas de captação.
- 7.- Muitos aquíferos são considerados fora do alcance humano, havendo situações em que não estão localizados onde são necessários para uso direto, aumentando o custo de transporte da água.
- 8.- A gestão do recurso hídrico subterrâneo, observando as legislações vigentes e as condições hidrogeológicas dos aquíferos, é imprescindível para a sua conservação em especial nas regiões onde já se verificam sobrexplorações, degradação ambiental e poluição dos solos.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Após fazer a revisão de seus aprendizados no capítulo, realize a seguinte atividade:

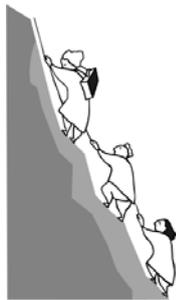
Faça uma breve pesquisa sobre enchentes que já tenham ocorrido de sua região e responda: *Quais seriam os possíveis fatores antrópicos que contribuíram para que houvesse essas enchentes?*

Não deixe de realizar anotações e considerações sobre a atividade em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

8 FONTES, DISPONIBILIDADE E USO DA ÁGUA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- apresentar um panorama geral sobre as principais fontes de água.
- apresentar algumas questões relacionadas à quantidade de água disponível e sua respectiva interferência sobre a qualidade.
- apresentar as diversas formas de uso da água.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer as fontes e os usos da água relacionando com os processos de poluição que podem gerar interferência na Gestão dos Recursos Hídricos.

8.1 FONTES DE ÁGUA

Manancial é toda fonte que serve para suprimento de água. O manancial de abastecimento pode ser classificado como superficial ou subterrâneo. Os mananciais superficiais geralmente são constituídos por rios, córregos, represas e lagos (Figura 8.1).



Figura 8.1 Área de captação de Manancial superficial de Serra, Município de Musácea – SP.
Fonte: (COTRIM, 2006)

Os principais rios e lagos da Terra constituem importantes **reservatórios de água doce**. Situados no interior dos continentes e drenando extensas áreas, estes vastos reservatórios são fundamentais para sobrevivência de organismos, plantas e animais e também para própria sobrevivência do ser humano.

As represas artificiais constituem outra importante reserva de água doce, com aproximadamente 9.000 km³ (TUNDISI, 2003).

O **manancial subterrâneo** é a parte que se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre, tendo sua captação feita através de poços rasos e profundos (Figura 8.2).



Figura 8.2 Captação em poço profundo, Bairro Conchal; Município de Miracatu. (Fonte: COTRIM, 2006).

As águas subterrâneas permanecem em **aquíferos**, que são camadas ou formações geológicas de material poroso e permeável.

Os principais **tipos de aquíferos** são segundo Tsutiya (2005):

- **Aquífero livre, freático, ou não confinado:**

Neste caso, o aquífero possui um extrato permeável parcialmente saturado com água, sobrejacente a um aquífero impermeável.

- **Aquífero confinado ou artesiano:**

É aquele completamente saturado de água, cujas extremidades (superior – teto e inferior - piso) são extratos impermeáveis (aquicludes). A pressão no aquífero artesiano, geralmente é bem mais alta, (quando comparada à pressão do aquífero freático, que é atmosférica), assim, uma vez que há perfuração nos poços artesianos, a água sobe para um nível superior ao limite do aquífero.

Seja qual for o tipo da fonte, as águas desses mananciais deverão estar adequadas a requisitos mínimos no que se refere aos aspectos quantitativos e, sobretudo, qualitativos.

A ação do ser humano sobre o meio aquático é a responsável pela maioria das alterações prejudiciais aos recursos hídricos. Os rios vêm sendo utilizados como depósitos de rejeitos por muitos anos, alterando quase que permanentemente o estado normal das águas.

Segundo Porto et al.(1991), as alterações da qualidade da água representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera.

Parcelas adequadas de água devem ser reservadas para manter os ecossistemas saudáveis. Quando o planejamento e o gerenciamento são tradicionais, as necessidades do ambiente natural, muitas vezes não são consideradas de modo satisfatório. A legislação deve, cada vez mais, proteger os rios estabelecendo padrões de vazão e qualidade mínima, bem como alocar ao ambiente natural, águas que antes seriam destinadas ao uso (FUNDEP, 2002).

Para Tsutiya (2005), os principais fatores que alteram a qualidade da água dos mananciais são:

- urbanização;
- erosão e assoreamento;
- recreação e lazer;
- resíduos sólidos;
- córregos e águas pluviais;
- resíduos agrícolas;
- esgotos domésticos.

LIGANDO AS IDEIAS

Identifique em sua região as principais fontes de água e faça um breve levantamento sobre as ações de proteção que são realizadas pelo poder público ou pela sociedade em geral.

Anote suas descobertas e considerações no "Caderno de estudos e práticas".

Segundo a Secretaria de Vigilância a Saúde (2006), tanto a quantidade como a qualidade da água disponível são fortemente influenciadas pelo uso e ocupação do solo na bacia de captação.

A atenção ao manancial é a primeira e fundamental garantia da quantidade e qualidade da água, conforme disposto na Portaria nº. 518 de 2004, do Ministério da Saúde (MS), em seus artigos 9, 10 e 19, a seguir transcritos:

Art. 9º. Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

III. Manter a avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída.

V. Promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente.

VI. Fornecer a todos os consumidores, nos termos do Código de Defesa do Consumidor, informações sobre a qualidade da água distribuída, mediante envio de relatório, dentre outros mecanismos, com periodicidade mínima anual e contendo, pelo menos, as seguintes informações:

a. Descrição dos mananciais de abastecimento, incluindo informações sobre sua proteção, disponibilidade e qualidade da água;

Art. 10º. Ao responsável por solução alternativa de abastecimento de água (...), incumbe:

V. Efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, nos termos do artigo 19, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente.

Art. 19º. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento, supridos por manancial superficial, devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

O conjunto de ações produzidas pelas atividades humanas ao explorar os recursos hídricos foi se tornando complexo ao longo da história da humanidade. É importante compreender que essas ações tem como objetivo principal a expansão do desenvolvimento econômico e por consequência o atendimento às demandas

industriais e agrícolas, e também à expansão e crescimento da população e das áreas urbanas (TUNDISI, 2003).

Esse é o caso da expansão urbana de grandes centros de aglomeração populacional, por exemplo a *região da grande São Paulo*, que nos últimos vinte anos, se expandiu para áreas ambientalmente mais frágeis, consolidando-se de tal forma que a reversão ou, pelo menos, o controle do processo de degradação ambiental, tornou-se algo extremamente difícil. A administração deste contexto complexo é uma tarefa difícil que envolve questões técnicas, políticas e sociais.

A qualidade da água representa talvez o principal problema ambiental nas cidades brasileiras. No conceito mais amplo de gestão da qualidade da água, o saneamento representa o setor que mais claramente está vinculado à agenda ambiental. O setor de saneamento é apenas um dos usuários do processo de captação e despejo, contudo, sem dúvida, representa atualmente o principal gerador de impactos ambientais (ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

Segundo Del Prette (2000), há duas vertentes distintas para compreender a inter-relação das **questões ambientais e sociais**: a primeira, diz respeito à lógica que empurra a parcela significativa da população para as áreas que precisam ser preservadas; a segunda, diz respeito à incapacidade do poder público tratar a questão ambiental como um **problema global**, levando em consideração uma perspectiva integrada dos problemas sociais e ambientais, dentre os quais os problemas relativos às **áreas de proteção**, aos **recursos hídricos** e ao **saneamento básico** são manifestações de uma problemática social e econômica muito mais ampla.

As **áreas ambientalmente mais sensíveis** são justamente aquelas, econômica e publicamente, mais desvalorizadas. Estão fora do mercado e longe das intervenções do poder público. A contradição básica consiste em transformar um **bem de uso coletivo**, a área de mananciais, em um **bem público**, cuja apropriação privada coloca esse "bem" ao sabor das leis do mercado, sem controle e regulamentação porque está completamente à margem do braço do poder público.

Um bem público é um bem de uso comum do povo e de propriedade da União. Já o bem de uso coletivo, segundo a Constituição de 1998, enquadra-se como um "direito difuso ou transindividual", que é o direito que protege interesses que vão além dos individuais e atingem um número indeterminado ou indeterminável de indivíduos.

A degradação de mananciais, além de impor limites físicos ao desenvolvimento das cidades, estabelece a antecipação do cronograma de obras para manutenção da oferta, implicando em captações mais distantes, com custos de implantação e operação bem mais elevados. Sobre os reservatórios, a degradação resulta no aporte de cargas elevadas de poluentes e nutrientes, desencadeando processos de eutrofização que são, por sua vez, normalmente seguidos por uma rápida evolução da biomassa trazendo consequências negativas sobre a eficiência do tratamento de água.

Este é um problema cada vez mais corriqueiro nos reservatórios brasileiros destinados ao abastecimento público e, como frequentemente, estas reservas se localizam em regiões que potencializam e aceleram o processo, há como resultado direto, a quase que obrigação do ser humano em conviver continuamente com este fenômeno (ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

Por ironia, o poder mais radical do livre mercado é exercido ali, na hora, à base da força, em uma terra de ninguém, entre proprietários de glebas, comerciantes de material de construção, corretores de imóveis, líderes comunitários com um grande potencial consumidor de pequenos terrenos, cabos eleitorais com uma grande oferta potencial de votos, políticos altamente interessados nessa oferta, todos apenas dando livre curso aos seus interesses, procurando o bem individual, sem que a "mão invisível" consiga proporcionar água de boa qualidade e em quantidade suficiente para a sobrevivência de todos. Quando age, para intervir em problemas que se generalizam e afligem o conjunto da sociedade, o poder público tem conseguido apenas excluir aqueles que são parte da solução, aprofundando o problema (DEL PRETTE, 2000).

Para tratar dessa situação de conflito, a avaliação ambiental da bacia hidrográfica torna-se um importante instrumento que pode contribuir não só para a avaliação da qualidade da água, mas também para o entendimento da dinâmica do sistema e para a escolha de medidas de manejo e recuperação deste ecossistema (COTRIM, 2006).

Um das questões mais importantes à manutenção da cobertura florestal é um entre tantos outros fatores necessários à preservação da qualidade das águas de um manancial.

A localização da cobertura florestal nas áreas dos mananciais de uma bacia hidrográfica é relevante para que o meio se beneficie de suas funções, visando garantir a manutenção da qualidade das águas (REIS, 2004).

A implantação das Áreas de Proteção de Mananciais (APRMs) considera a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e gestão dos mananciais. Assim, as bacias também necessitam ser recuperadas e protegidas, com a participação de todos, coordenada pelos governos e apoiada pelas Organizações não-governamentais (ONGs), empresas privadas, escolas, além das associações de moradores (WWF - BRASIL, 2006).

A seguir, serão apresentadas algumas medidas de ordem geral, que representam exemplos de boas práticas para garantir a qualidade e quantidade de água em mananciais de abastecimento (BRASIL, 2006b):

- **Conservação ou recomposição da vegetação** das áreas de recarga do lençol subterrâneo, geralmente situadas nas chapadas ou topos dos morros.
- **Manutenção da vegetação em encostas de morros**, além da implantação de dispositivos que minimizem as enxurradas e favoreçam a infiltração da água de chuva, por exemplo, pequenas bacias de captação de enxurradas nas encostas dos morros.
- **Conservação ou replantio, com vegetação nativa, das matas ciliares** situadas ao longo dos cursos de água, importantes para minimizar o carreamento do solo e de poluentes às coleções de água de superfície.
- Utilização e manejo correto de áreas de pasto, de modo a evitar a degradação da vegetação e o endurecimento do solo por excessivo pisoteamento de animais (o que dificulta a infiltração da água de chuva).
- **Utilização e manejo adequados do solo nas culturas agrícolas**, visando prevenir erosão e carreamento de sólidos para os cursos de água, por meio de técnicas apropriadas como plantio em curvas de nível e previsão de faixas de retenção vegetativa, cordões de contorno e culturas de cobertura, além do uso criterioso de maquinário agrícola, evitando a impermeabilização do solo.
- **Desvio de enxurradas que ocorrem em estradas de terra**, para bacias de infiltração a serem implantadas lateralmente às estradas vicinais, procedimento que evita o carreamento do solo aos cursos de água e favorece a infiltração da água de chuva.
- **Utilização correta de agrotóxicos e fertilizantes**, de modo que seja evitada a contaminação dos aquíferos e coleções de água de superfície.
- **Destinação adequada dos esgotos sanitários**, efluentes e resíduos agroindustriais.
- Estímulo, para os agricultores, à **utilização de sistemas de irrigação mais eficientes** no consumo de água e energia.
- **Existência de instrumentos legais e/ou práticas de disciplina de uso do solo e dos recursos hídricos** na bacia de captação.

De maneira geral, as instituições públicas têm tentado proteger os mananciais, utilizando-se da criação de leis cada vez mais restritivas, na qual há o intuito de se disciplinar o uso do solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água. Há também a criação de diretrizes e normas para a proteção e a recuperação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional para abastecimento e a garantia, desde que compatíveis, dos demais usos múltiplos (REIS, 2004).

LIGANDO AS IDEIAS

Como está a situação do recursos hídricos em sua região?

Utilize como parâmetro de análise as medidas recomendadas pelo Ministério da Saúde, elencadas acima (Brasil, 2006b), para elaborar suas anotações, e registre em seu "Caderno de estudos e práticas".

8.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA VERSUS QUALIDADE DA ÁGUA

Na ausência de medidas de proteção dos mananciais, a disponibilidade hídrica das principais regiões urbanas do Brasil estará comprometida a curto prazo.

A preservação dos recursos hídricos, em quantidade e em qualidade, no entanto, constitui um problema complexo cujo equacionamento depende da articulação de esforços conjuntos entre todas as esferas do setor público, especialmente aquelas detentoras de instrumentos de controle do uso e ocupação do solo (prefeituras municipais e órgãos de planejamento) e de fiscalização e monitoramento da qualidade das águas e da poluição hídrica (entidades estaduais de meio ambiente), visando, sobretudo, controlar as ocupações e minimizar os impactos sobre os mananciais (ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

Em 1950, as reservas mundiais permitiam um balanço de disponibilidade de 16,8 mil m³/pessoa, atualmente as reservas mundiais restringem-se a 7,3 mil m³/pessoa, com expectativa de redução a 4,8 mil m³/pessoa em 25 anos.

Os cálculos de 1950 sobre as reservas mundiais de água pareciam ser bastante otimistas, permitindo erroneamente em se concluir que existiria água suficiente. Entretanto, a distribuição natural irregular e a vulnerabilidade dos aquíferos utilizados pelo ser humano impõem a falta frequente de água para 500 milhões de pessoas (8% da população mundial) em 29 países. Mantendo-se o quadro atual, as perspectivas apontam que este número pode chegar aos 2,5 bilhões de seres humanos até 2050. (ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

A máxima disponibilidade hídrica superficial é a vazão natural média, uma vez que esta é a maior vazão que pode ser teoricamente regularizada. As disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, para fins de análise, não podem ser somadas para fornecer um valor de disponibilidade total. Na verdade, a disponibilidade hídrica superficial inclui, no seu valor, na disponibilidade subterrânea, já que esta representa uma parte do escoamento de base dos rios.

A água subterrânea retirada em um determinado ponto implica em redução da contribuição do aquífero para o rio e, conseqüentemente, a diminuição da água disponível no rio (MATOS, 2004).

A escassez de água vem sendo tema de destaque nos mais importantes fóruns de discussão em todo o mundo. As principais motivações para o avanço desse processo são o acelerado crescimento populacional e a degradação dos mananciais, provocadas especialmente pelas ações antrópicas.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, estima-se que em 25 anos cerca de 5,5 bilhões de pessoas estarão vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água. Na situação atual, mais de 1 bilhão de pessoas vivem em condições insuficientes de disponibilidade de água para consumo (MMA, 2007).

Globalmente, pode-se afirmar que a quantidade de água existente é suficiente para atender toda a população, no entanto a distribuição irregular tanto de recursos hídricos quanto da população sobre o planeta contribui para o agravamento do processo.

No Brasil, a realidade não é diferente. Apesar do país ter uma condição de disponibilidade hídrica privilegiada em relação ao cenário mundial, possui a maior disponibilidade hídrica do planeta, ou seja, 13,8% do deflúvio médio mundial, conforme apresentado na Tabela 8.1, a maior reserva se encontra na região amazônica, que é habitada por menos de 5% da população (Tabela 8.2).

REGIÕES	OFERTA (Deflúvio médio) 1998		CONSUMO	
	Total (Km ³ / ano)	Per capita (m ³ / hab / ano)	Total (Km ³ / ano)	Per capita (m ³ / hab / ano)
África	3 996	5 133.05	145.14	202
América do Norte	5 308.60	17 458.02	512.43	1798
América Central	1 056.67	8 084.08	96.01	916
América do Sul	10 080.91	30 374.34	106.21	335
Brasil	5 744.91	30 374.34	36.47	246
Ásia	13 206.74	3 679.91	1 633.85	542
Europa	6 234.56	8 547.91	455.29	625
Oceania	1 614.25	54 794.64	16.73	591
Mundo	41 497.73	6 998.12	3 240	645

Tabela 8.1 Disponibilidade hídrica *per capita* no mundo.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PER CAPITA M ³ /HAB/ANO	ESTADO	DISPONIBILIDADE HÍDRICA PER CAPITA M ³ /HAB/ANO	POTENCIAL HÍDRICO (KM ³ /ANO)	POTENCIAL HÍDRICO (% DO TOTAL)
ABUNDÂNCIA > 20.000	RORAIMA	1.147.668	372.3	6.49
	AMAZONAS	657.160	1.848.30	32.24
	AMAPÁ	410.874	196	3.42
	ACRE	276.220	154	2.69
	MATO GROSSO	208.557	522.3	9.11
	PARÁ	181.629	1.124.70	19.62
	RONDÔNIA	108.857	150.2	2.62
	TOCANTINS	106.128	122.8	2.14
	GOIÁS	56.743	283.9	4.95
MUITO RICO 10.000 A 20.000	MATO GROSSO DO SUL	33.542	69.7	1.22
	RIO GRANDE DO SUL	18.650	190	3.31
	MARANHÃO	14.987	84.7	1.48
	PARANÁ	11.858	113.4	1.98
	SANTA CATARINA	11.575	62	1.08
RICO 3.000 A 10.000	MINAS GERAIS	10.838	193.9	3.38
	PIAUI	8.722	24.8	0.43
POBRES < 3.000	ESPÍRITO SANTO	6.070	18	0.33
	BAHIA	2.747	35.9	0.67
	SÃO PAULO	2.482	91.9	1.6
	CEARÁ	2.086	15.5	0.27
	RIO DE JANEIRO	2.057	29.6	0.52
	ALAGOAS	1.559	4.4	0.08
CRÍTICA < 1.500	RIO GRANDE DO NORTE	1.549	4.3	0.08
	SERGIPE	1.457	2.6	0.05
	DISTRITO FEDERAL	1.365	2.8	0.05
	PARAÍBA	1.336	4.6	0.08
	PERNAMBUCO	1.187	9.4	0.16

Tabela 8.2 Disponibilidade hídrica per capita no Brasil.
 Fonte: MMA, 2007.

Essa “suposta” abundância acabou por disseminar uma cultura de pouca valorização do recurso, um pensamento de que “não há motivo para economizar água”. O **desordenado processo de urbanização, industrialização e expansão agrícola** são os principais fatores contribuintes para esta situação, demanda crescente e degradação da qualidade das águas.

Excetuando-se o semiárido nordestino brasileiro, as demais regiões possuem disponibilidades em quantidades suficientes para as atividades industriais, irrigação

e para o abastecimento doméstico. Entretanto, a **ausência de saneamento** e o **lançamento de efluentes domésticos e industriais**, sem qualquer tratamento nos corpos d'água, na maioria das vezes, resultam em extensa degradação da qualidade destas águas, definindo um quadro paradoxal de escassez (FUNDEP, 2002).

Grande parte das cidades brasileiras ainda não chega ao estágio de se preocupar com a poluição dos esgotos pluviais, já que o esgoto cloacal é ainda o problema maior. No entanto, durante uma cheia urbana, a carga poluente do pluvial pode chegar até a 80% da carga do esgoto doméstico.

O lixo, conjugado com a produção de sedimentos e com a lavagem das ruas, exige procedimentos de combate criativos com custos razoáveis para se evitar que, no início do período chuvoso, a qualidade dos cursos d'água seja ainda mais deteriorada.

Esse processo de poluição ocorre, principalmente, na macrodrenagem das cidades. Infelizmente, os grandes investimentos hoje existentes nos programas de recuperação ambiental das metrópoles brasileiras estão ainda no estágio de reduzir somente a carga do esgoto cloacal (TUCCI, 2001).

É fundamental o conhecimento da **saturação do manancial**, ou seja, do limite de oferta de água, comparado à evolução do consumo. A importância deste fator é o pressuposto de que a qualidade e quantidade de água apresentam implicações de saúde pública, seja por limitar um consumo mínimo desejável (demanda essencial), seja por causar problemas de intermitência do abastecimento – o que pode acarretar em deterioração da qualidade da água no sistema de distribuição e/ou induzir a população ao uso de fontes de qualidade duvidosa. A intermitência no abastecimento de água representa risco à saúde (BRASIL, 2006b).

O ser humano necessita de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente, para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene entre outras, sendo um princípio a considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças, como nos casos de gastroenterites (BRASIL, 2006a).

De acordo com o relatório "Situação Global de Suprimento de Água e Saneamento - 2000", apesar do grande esforço nas duas últimas décadas para melhorar os serviços de abastecimento de água e saneamento nas regiões mais pobres dos países em desenvolvimento, muitas pessoas ainda não foram beneficiadas (WHO, 2000).

Hoje, 2,4 bilhões de pessoas no mundo (quase a metade da população do planeta) não vivem com condições aceitáveis de saneamento, enquanto 1,1 bilhão de pessoas não têm sequer acesso a um abastecimento de água adequado. O relatório "Situação Global de Suprimento de Água e Saneamento - 2000", concluído em novembro de 2000, resulta do Programa de Monitoramento do Suprimento de Água e Saneamento, uma iniciativa conjunta da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF).

O relatório afirma, ainda, que:

- Ocorrem no mundo cerca de 4 bilhões de casos de diarreia por ano, com 2,2 milhões de mortes, a maioria entre crianças de até cinco anos. Água segura, higiene e saneamento adequados podem reduzir de um quarto a um terço os casos de doenças diarreicas.
- Os serviços de abastecimento nas áreas rurais ainda estão bem defasados em relação aos centros urbanos. Mas, prover abastecimento de água, a um custo acessível, para as áreas urbanas mais pobres e cada vez mais populosas, também tem sido um desafio.
- As tarifas cobradas pelas empresas de abastecimento de água nos países em desenvolvimento não são suficientes para cobrir os custos de produção e distribuição de água. Na África, Ásia e América Latina/Caribe, a relação entre uma unidade de tarifa cobrada e uma unidade de custo de produção é, respectivamente, de 0,8, 0,7 e 0,9.
- Apenas 35% das águas residuárias são tratadas na Ásia, índice que cai para 14% na América Latina.

LIGANDO AS IDEIAS

Você sabe como é a disponibilidade dos recursos hídricos em sua região? Já pensou como anda a relação entre quantidade e a qualidade dessas águas? Pesquise essas questões e anote as informações e reflexões em seu "Caderno de estudos e práticas".

8.3 USOS DA ÁGUA

A **disponibilidade de água** em rios, lagos e aquíferos depende de diversos aspectos relacionados, entre outros, ao clima, ao relevo e à geologia da região; e deve atender aos usos múltiplos na bacia, que são segundo Matos (2007):

- abastecimento para população;
- abastecimento de indústrias;
- conservação do ecossistema;
- criação de animais;
- diluição de águas residuais;
- calado para navegação;
- irrigação de áreas agrícolas;
- aquicultura;
- produção de energia através de hidrelétricas;
- recreação e turismo.

A legislação pertinente a esses recursos estabelece a prioridade para o consumo humano - e não poderia ser de outra forma. Sendo finito o recurso e havendo diversos usos possíveis e desejáveis, é necessário ordená-los utilizando, inclusive, a cobrança pelo seu uso, com base no valor econômico que, por sua vez, incorpora-se ao preço do produto água tratada e ao do serviço de esgotamento sanitário.

Em termos de **política pública**, é necessário estabelecer regras e critérios em relação ao uso da água que sinalizem o seu valor econômico e desestimulem os desperdícios, mas não inviabilizem o pagamento, pelos usuários, dos custos dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários.

A Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 contempla este aspecto, pois baseia-se no fundamento de que a água é um bem de domínio público, constituindo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

Lei 9.433 institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos que dispõe sobre todos os aspectos da gestão da água.

Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos estabelecidos na Lei 9.433:

- I - a água é um **bem de domínio público**;
- II - a água é um **recurso natural limitado, dotado de valor econômico**;
- III - em situações de escassez, o **uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais**;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o **uso múltiplo das águas**;
- V - a **bacia hidrográfica é a unidade territorial** para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser **descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades**.

Também o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), contribuiu com o estabelecimento de regras e critérios para a Gestão dos Recursos Hídricos. A **Resolução CONAMA nº 357**, de março de 2005, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais no território nacional atendendo aos seguintes objetivos:

- assegurar seus usos preponderantes;
- definir o grau de exigência para tratamento de efluentes;
- facilitar o enquadramento e o planejamento do uso de recursos hídricos, criando instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas; e
- preservar a saúde humana e o equilíbrio ecológico aquático.

Esta Resolução estabeleceu também a divisão das águas em três grandes grupos:

- as águas doces;
- as águas salobras; e
- as águas salinas.

As águas doces, usualmente empregadas para **consumo humano**, são subdivididas em cinco classes, conforme apresentado no Artigo 4º, da Seção I, do Capítulo II dessa Resolução.

CAPÍTULO II - Seção I
Das Águas Doces

Art. 4º. As **águas doces** são classificadas em:

I - **classe especial**: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - **classe 1**: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - **classe 2**: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme a Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - **classe 3**: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - **classe 4**: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística. A Lei 9.433 considera ainda a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos, devendo-se adotar uma gestão descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O que é importante compreender, no contexto da Gestão, é que a utilização da água tem crescido e variado, e na maioria das vezes, de forma pouco controlada. Os usos múltiplos da água, e as permanentes e crescentes necessidades de fornecimento de água para fazer frente ao aumento da população e às demandas industriais e agrícolas, têm gerado constante pressão nos recursos hídricos tanto superficiais, como subterrâneos (TUNDISI, 2003).

Compreende-se nesse âmbito que o reconhecimento da **água como um bem finito e vulnerável** é por vezes uma questão polêmica, principalmente pelo fato do Brasil ainda ostentar abundância de água na sua extensa e densa rede de rios que nunca secam. Entretanto, o reconhecimento do valor econômico da água deverá induzir o uso mais racional desse recurso natural, uma vez que o fornecimento desse recurso serve de base para a instituição da cobrança pela utilização da água dos rios, dos aquíferos ou de seu reúso, principalmente.

Além disso, a ideia de abundância de água no Brasil leva à tolerância, certamente, da “estratégia da escassez”.

A ideia da "estratégia da escassez" procura evidenciar os interesses políticos e econômicos na ampliação de investimentos para o combate a "escassez" de água.

"Temos água mais do que suficiente e, se estão anunciando mais uma crise, é porque se joga com a estratégia da escassez ... com objetivo de conseguir recursos para investimentos [...] a Escassez não se combate necessariamente com obras, mas com uso mais eficiente da água." (Rebouças, 2003)

Essa tolerância se apoia na manipulação da baixa eficiência do fornecimento da água considerando-se principalmente as taxas de perda total da água captada nos mananciais.

No Brasil, taxas de perdas totais da água captada, tratada e injetada nas redes de distribuição situam-se entre 30% e mais de 60%, contra 5% a 15% nos países desenvolvidos.

Além disso, têm-se grandes desperdícios da água usada pelos usuários domésticos, principalmente, pela utilização de equipamentos sanitários obsoletos, hábitos de banhos longos ou de varrer a calçada com o jato da mangueira, entre outros fatores (REBOUÇAS, 2002).

Nas Tabelas 8.3 e 8.4 são mostrados, mais detalhadamente, alguns exemplos do uso e desperdício de água.

Segmento	Uso da água	Desperdício
Doméstico	No abastecimento em geral, na higiene, na limpeza, na culinária, na rega de jardim e hortas.	<ul style="list-style-type: none"> • “Varrendo” calçadas com água limpa. • Deixando a torneira aberta ao escovar os dentes, fazer a barba ou lavar a louça. • Lavando o carro com a mangueira. • Tomando banhos demorados. • Torneiras pingando e vazamentos. • Poluindo a água limpa: lançando lixo e esgoto nos rios e córregos ou no vaso sanitário, entupindo os encanamentos.
Público	Na limpeza de repartições públicas, lavagem de ruas, manutenção de fontes e chafarizes, rega de parques e áreas verdes, em incêndios, e também como meio de transporte dos efluentes domésticos e industriais.	<ul style="list-style-type: none"> • Desperdício de água na rede de distribuição pelos vazamentos. • Sistema de abastecimento de água ineficiente, não tratando os esgotos coletados que serão devolvidos aos cursos d’água. • Planejando de forma inadequada a gestão dos recursos hídricos: separando a administração da água da administração do solo, da água subterrânea, da água de superfície, do suprimento de água e dos ecossistemas aquáticos, poucos processos de reúso da água.
Lazer, turismo e esporte	No abastecimento da rede hoteleira, passeios, hidrovias, manutenção de piscinas, represas, esportes náuticos, marinas.	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamentos, falta de manutenção de equipamentos, nas regas dos jardins, nas atitudes dos turistas; Lançando o esgoto sem tratamento e o lixo diretamente nos rios, córregos e praias.
Industrial	Em todos os processos produtivos, no resfriamento e lavagem de equipamentos, pisos e pátios, banheiros e restaurantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamentos, equipamentos desregulados, lavagem de pisos e ambientes das fábricas com desperdício. • Poluindo a água durante a produção e, depois, devolvendo-a, sem tratamento aos cursos d’água. Pouco investimento em processos de reúso de água.
Agricultura	Na irrigação de todos os tipos de cultura.	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de irrigação que desperdiçam muita água vazamentos; utilizando excessivamente produtos e adubos químicos. • Jogando embalagens de agrotóxicos vazias no solo e nos cursos d’água. • Desmatando áreas de vegetação nativa e de proteção dos cursos d’água. • Provocando a erosão do solo pelo mau planejamento do plantio.

Tabela 8.3 **Uso e desperdício de água.**
 Fonte: WWF - Brasil (2006).

Segmento	Uso da água	Desperdício
Comércio	Na limpeza geral e nos diversos usos em restaurantes, supermercados, postos de gasolina, lava-jato, hospitais, armazéns, consultórios odontológicos, entre outros.	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamentos. • Lavagem de pisos e ambientes de trabalho. • Atitudes dos funcionários e usuários dos serviços de comércio. • Falta de manutenção dos equipamentos. • Lançando lixo, óleo e esgoto.
Pecuária	Pecuária, no fornecimento de água para os animais e na manutenção das pastagens.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de manutenção dos bebedouros dos animais; • Lavagem dos estábulos. • Vazamentos nos encanamentos e redes de irrigação das pastagens. • Técnicas de irrigação que gastam muita água. Erosão nos pastos, assoreando os cursos d'água. • Jogando lixo, restos de animais e fezes nos rios e córregos. • Desmatando grandes áreas de vegetação.
Navegação e transporte	Na locomoção de navios, barcos e balsas.	<ul style="list-style-type: none"> • Degradando cursos d'água. • Poluindo a água com óleo, lixo e resíduos da lavagem dos motores embarcações. • Degradando as margens dos rios: destruindo as margens com as embarcações, provocando a erosão e o assoreamento.
Geração de energia	Nas usinas hidrelétricas, na geração de energia maremotriz, nos moinhos d'água, nas barragens e represas.	<ul style="list-style-type: none"> • Planejando de forma inadequada os projetos e obras: mudança no regime das águas, desmatamento, perda da fauna nativa, alagamento de grandes áreas com a necessidade de remoção de populações ribeirinhas.

Tabela 8.4 **Uso e desperdício de água, continuação da tabela 8.3.**
 Fonte: WWF - Brasil (2006).

A viabilidade da continuidade do aproveitamento dos recursos hídricos depende, cada vez mais, de medidas de planejamento e controle, de modo a disciplinar a captação, uso e disposição das águas nos corpos receptores (IMBIMBO, 2006).

A maior demanda de água no país é exercida pela **agricultura**, especialmente através da **irrigação**, com quase 56% de toda demanda; seguida pelo **uso urbano** 21%, **indústria** 12%, **rural** 6% e **animal** 5%.

LIGANDO AS IDEIAS

Quais são os usos da água mais importantes em sua cidade ou região?
 Faça este levantamento e verifique quais seriam os principais fatores de desperdício. Anote esses dados e suas considerações em seu "Caderno de estudos e práticas".

Observa-se também que existem grandes diferenças entre as regiões hidrográficas com relação à disponibilidade hídrica e demanda. Os problemas de **escassez hídrica** no Brasil decorrem, fundamentalmente entre o crescimento exagerado das **demandas localizadas** e da **degradação da qualidade das águas**. Esse quadro é consequência dos desordenados processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola (COTRIM, 2006). Dentre todas as modalidades de uso, a **produção de água tratada** merece destaque, basicamente por dois motivos; primeiro, porque representa o meio mais nobre de utilização deste recurso natural, e o segundo, porque demanda de um maior grau de qualidade.

Neste contexto, a disponibilidade hídrica qualitativa ou quantitativa pode tornar-se insuficiente para atender todas as demandas existentes, ocorrendo o que se convencionou chamar de conflito de uso da água.

O consumo humano inclui usos menos nobres, tais como reservas de incêndio, descargas em bacias sanitárias, regas, lavagem de ruas e pátios, usos esses, compatíveis com águas de qualidade inferior à potável. Os usos menos nobres somam percentuais importantes da água tratada potável (VIVACQUA, 2005).

A aplicação dos princípios orientadores de **gestão das águas** deve ordenar seu uso múltiplo e possibilitar sua preservação para as futuras gerações, minimizando ou mesmo evitando problemas decorrentes da escassez e da poluição dos cursos de água, os quais afetam e comprometem diversos usos dos recursos hídricos (COTRIM, 2006).

Os usos da água são divididos em **usos consuntivos** e **usos não consuntivos**.

- Os **usos consuntivos** são aqueles que retiram da água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, quantitativa ou qualitativa, espacial e temporalmente. São usos consuntivos as aplicações deste recurso natural em abastecimento público, agricultura, irrigação e indústria.
- Os **usos não consuntivos** são aqueles em que não há consumo ou modificação do volume de água de forma expressiva, e de um modo geral correspondem às necessidades relativas à geração de energia, transporte hidroviário, pesca e piscicultura, turismo/recreação/lazer e à manutenção do equilíbrio ambiental, principalmente para a preservação da flora e fauna.

O rastreamento dos usos múltiplos da água deve obedecer a uma classificação que divide os tipos de uso e/ou setores, conforme apresentado na Figura 8.3.

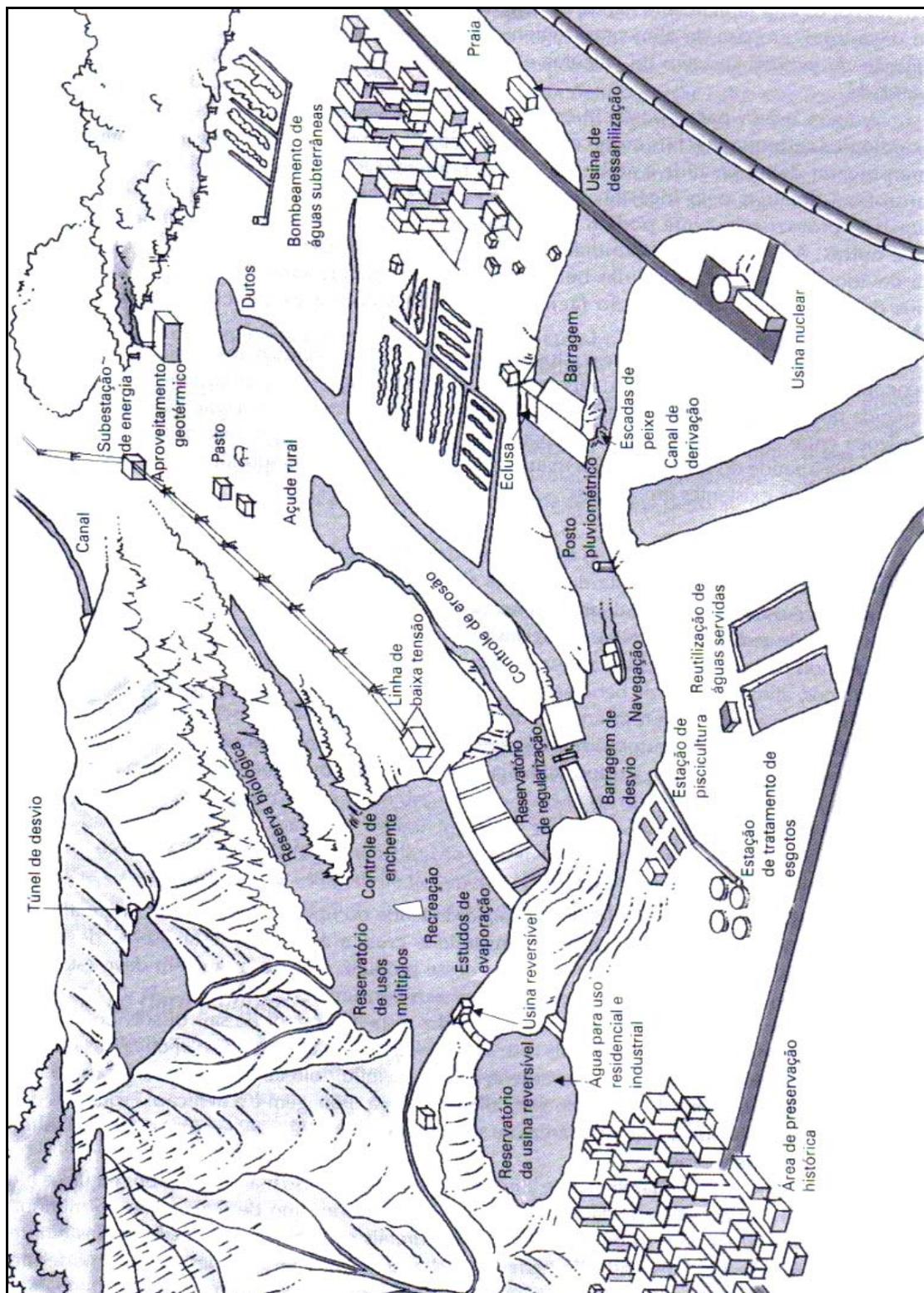


Figura 8.3 Usos da água. Fonte: (BRAGA et al., 2002).

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- Manancial é toda fonte que serve para suprimento de água e é classificado como superficial ou subterrâneo.
- 2.- O manancial subterrâneo se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre.
- 3.- As águas subterrâneas permanecem em aquíferos, que são camadas ou formações geológicas de material poroso e permeável sendo seus principais tipos: aquífero livre, freático, ou não confinado e o aquífero confinado ou artesiano.
- 4.- Independente do tipo da fonte, as águas dos mananciais deverão estar adequadas a requisitos mínimos relativos aos aspectos quantitativos e qualitativos.
- 5.- A degradação de mananciais impõe limites físicos ao desenvolvimento das cidades.
- 6.- São consideradas boas práticas para garantir a qualidade e quantidade de água:
 - a.- a conservação ou recomposição da vegetação das áreas de recarga do lençol subterrâneo; a manutenção da vegetação em encostas de morros;
 - b.- a conservação ou replantio, com vegetação nativa, das matas ciliares situadas ao longo dos cursos de água;
 - c.- a utilização e manejo correto de áreas de pasto; a utilização e manejo adequados do solo nas culturas agrícolas;
 - d.- os desvios de enxurradas que ocorrem em estradas de terra próximas de rios;
 - e.- a utilização correta de agrotóxicos e fertilizantes, de modo que seja evitada a contaminação dos aquíferos e coleções de água de superfície;
 - f.- a destinação adequada dos esgotos sanitários, efluentes e resíduos agroindustriais;
 - g.- o estímulo, para os agricultores, à utilização de sistemas de irrigação mais eficientes;
 - h.- a existência de instrumentos legais e/ou práticas de disciplina de uso do solo e dos recursos hídricos.
- 7.- A ausência de medidas de proteção dos mananciais compromete a disponibilidade hídrica das principais regiões urbanas do Brasil.
- 8.- É fundamental o conhecimento da saturação do manancial, ou seja, do limite de oferta de água, comparado à evolução do consumo.

- 9.- A disponibilidade de água em rios, lagos e aquíferos também depende aspectos relacionados ao clima, ao relevo e à geologia da região e deve atender aos usos múltiplos na bacia hidrográfica.
- 10.- Lei 9.433 institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos que dispõe sobre todos os aspectos da gestão da água.
- 11.- A Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais no território nacional.
- 12.- Os usos da água são divididos em usos consuntivos e usos não consuntivos.

CONSTRUINDO CONCEITOS

Faça a revisão de seus aprendizados nesta disciplina e coloque suas anotações em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

Após terminada a revisão, realize a atividade proposta abaixo e registre suas considerações em seu "Caderno".

A partir de uma análise dos resultados de levantamentos e informações que você realizou ao longo do estudo da disciplina, procure identificar quais são as ações de Gestão de Recursos Hídricos que são atualmente desenvolvidas em sua Região e se elas "dão conta" das situações que você identificou ao longo de seu estudo.

*CADERNO DE ESTUDO
E PRÁTICAS*

9 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- conceituar a poluição de águas
- caracterizar os tipos e os efeitos da poluição nos mananciais superficiais
- apresentar as formas de quantificação dos poluentes em mananciais superficiais
- caracterizar os tipos e os efeitos da poluição dos mananciais subterrâneos
- caracterizar as formas de poluição das águas subterrâneas.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer com detalhes as principais formas e os principais efeitos da poluição e contaminação das águas.

9.1 DEFINIÇÃO DE POLUIÇÃO

O conceito de poluição da água tem-se tornado cada vez mais amplo em função das maiores exigências com relação à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos. Por essa razão, há diversos conceitos para **poluição**. Nesta introdução iremos destacar duas.

A definição de Braga et al. (2002) que consideram a **poluição da água** como a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo ser humano.

Pela definição de Braga et al. (2002), a poluição da água pode produzir impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos.

Esses autores ressaltam, ainda, que é importante distinguir a **poluição** da **contaminação**, já que ambos por vezes, são considerados como sinônimos.

A ocorrência de **contaminação** não está necessariamente ligada a um desequilíbrio ecológico. Assim, a presença na água de organismos patogênicos prejudiciais ao ser humano não significa que o meio ambiente aquático seja ecologicamente desequilibrado.

De maneira análoga, a ocorrência de **poluição** não implica necessariamente em riscos à saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados. Por exemplo, a introdução de calor excessivo nos corpos d'água pode causar profundas alterações ecológicas no meio sem que isso signifique necessariamente restrições ao seu consumo pelo ser humano.

Para Braga et al. (2002), a **contaminação** refere-se à transmissão de substâncias ou microrganismos nocivos à saúde pela água. Já a ocorrência de **poluição** não implica necessariamente em riscos à saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados

Porém, segundo Giordano (2004), **não há distinção entre contaminação e poluição**. Este autor define especificamente a **poluição hídrica** como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos para a classe, conforme o seu uso preponderante. Para esse

tipo de observação, considera-se a ação dos agentes: **físicos materiais** (sólidos em suspensão) ou **formas de energia** (calorífica e radiações); **químicos** (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização); **biológicos** através de microrganismos.

Independente de qual seja a definição adotada, sabe-se que estas mudanças de características do meio físico poderão refletir de formas diferentes sobre a biota local, podendo ser prejudicial a algumas espécies, enquanto a outras não. É importante considerar que de qualquer forma, levando em conta as interdependências das várias espécies, estas modificações levam sempre a desequilíbrios ecológicos. Resta saber quão intenso é este desequilíbrio e se é possível ser assimilado pelo ambiente sem consequências negativas.

LIGANDO AS IDEIAS

Quais são as principais formas de poluição dos rios em sua cidade ou região?

Faça uma breve identificação e caracterize-as conforme as definições de Braga et al. (2002).

Anote as informações levantadas e considerações pessoais em seu "Caderno de estudos e práticas"

9.2 POLUIÇÃO NOS MANANCIASIAIS SUPERFICIAIS

Os efeitos resultantes da introdução de poluentes no meio aquático dependem da natureza do poluente, do caminho que esse poluente percorre no meio e do uso que se faz do corpo de água. Os poluentes podem ser inseridos no meio aquático de forma pontual ou difusa (Figura 9.1).

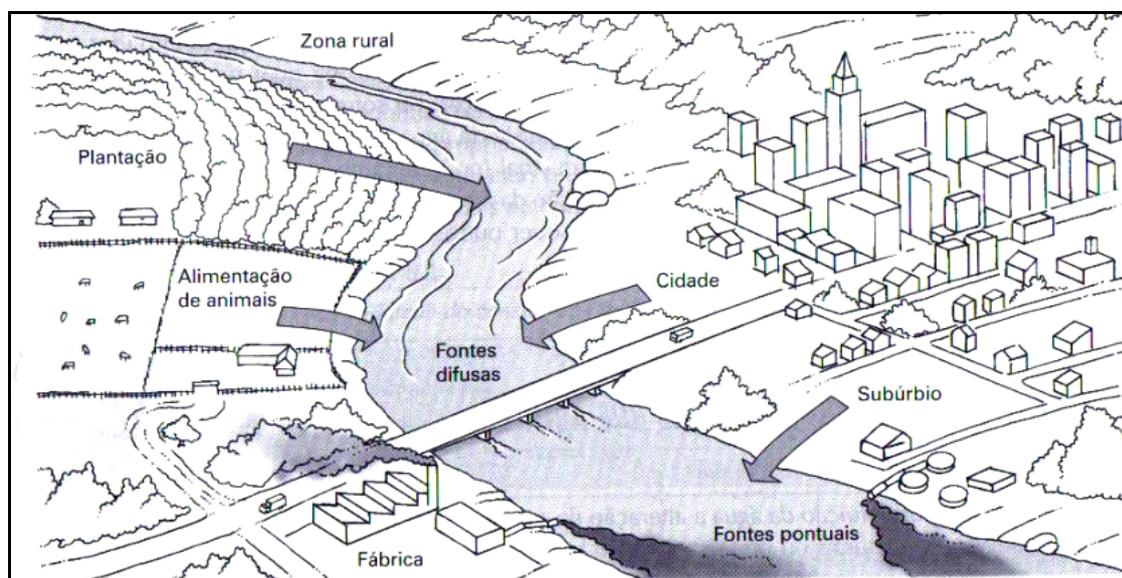


Figura 9.1 Poluição da água por fontes pontuais e difusas.
Fonte: (BRAGA et al., 2002).

As **cargas pontuais** são introduzidas por lançamentos individualizados, como os que ocorrem no **despejo de esgotos sanitários** ou de **efluentes industriais**.

As **cargas pontuais** são facilmente identificadas e, portanto, seu controle é mais eficiente e mais rápido.

As **cargas difusas** são assim chamadas, por não terem um ponto de lançamento específico e por ocorrerem ao longo da margem dos rios como, por exemplo, as **substâncias provenientes de campos agrícolas** ou por não advirem de um ponto preciso de geração, como no caso de **drenagem urbana**.

Uma das principais formas de poluição dos rios próximos aos centros urbanos é o lançamento de esgotos sem tratamento. Os rios próximos aos grandes centros urbanos no Brasil são poluídos porque as externalidades derivadas do não tratamento dos esgotos urbanos e industriais não têm sido internalizadas pelos agentes poluidores.

A poluição urbana dos rios representa uma situação de alta entropia, em que cada usuário tem grandes despesas com o tratamento da água poluída por usuários de montante, e diminutas despesas com o despejo que faz no rio. Essa situação irá causar custos aos usuários de jusante.

Para que se tenha uma ideia da gravidade da situação, cerca de 90% do esgoto urbano do Brasil é hoje lançado sem tratamento adequado nos cursos d'água.

Neste contexto, as companhias de saneamento, em geral estaduais, sofrem maiores pressões de seus clientes para prover água e para afastar os esgotos das imediações dos domicílios. Por outro lado, as companhias não recebem pressões significativas para tratamento dos esgotos, uma vez que os impactos negativos são apropriados coletivamente (AZEVEDO; BALTAR, 2000).

Têm-se ainda outros problemas graves no tocante à poluição nas cidades como, por exemplo, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos que tem causado ao longo dos anos a poluição das águas tanto subterrâneas quanto superficiais. O "lixo" de grande parte dos municípios é destinado a "lixões", alterando as características físico-químicas e biológicas das águas e conseqüentemente limitando o seu uso.

Por definição, o "Lixão" é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto (IPT, 1995).

Nos municípios de intensa atividade agrícola uma preocupação frequente é com o uso de fertilizantes químicos, que depositam grande quantidade de nitratos no solo.

LIGANDO AS IDEIAS

Verifique os tipos de inserção da poluição [pontual ou difusa] dos rios que você identificou no tópico anterior.

Anote as informações levantadas em seu "Caderno de estudos e práticas"

9.2.1 POLUIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS

É um tipo de poluição de águas que atinge rios e oceanos. Dois tipos de poluentes caracterizam a poluição química:

- a) **Biodegradáveis** - são produtos químicos que, com o passar do tempo, podem ser decompostos pela ação de microrganismos.

São exemplos de poluentes biodegradáveis: detergentes, inseticidas, fertilizantes e o petróleo.

- b) **Persistentes** - são produtos químicos que se mantêm por longo tempo no meio ambiente e nos organismos vivos, sendo, portanto, dificilmente removidos da natureza biologicamente.

Estes poluentes podem causar graves problemas como a contaminação de alimentos, peixes e crustáceos. São exemplos de **poluentes persistentes** o pesticida **Dicloro - Difenil - Tricloroetano (DDT)**, e o **mercúrio**.

O DDT foi utilizado efetivamente na II Grande Guerra, em 1945, no combate contra os mosquitos transmissores da malária e febre amarela, contra os piolhos que transmitiam o tifo e contra as pulgas que podem transmitir várias doenças. Infelizmente foi utilizado em excesso, principalmente na agricultura onde foram utilizados 80% de sua produção. Sua concentração no ambiente elevou-se rapidamente afetando a capacidade reprodutiva das aves. Hoje é encontrado na cadeia alimentar, no leite, nos óleos, nos sedimentos.

Muitas espécies metabolizam o DDT para DDE, formando **dicloro - difenil - dicloroetano**. O DDE é mais persistente que o DDT e atua na enzima que distribui o cálcio em algumas aves, ocasionando má formação da casca, não suportando o peso ou as atividades dos pais no ninho (MONTEIRO, 2004).

Quanto ao **mercúrio**, geralmente este metal pesado é utilizado na mineração para separar o ouro nos rios. Se um peixe contaminado por mercúrio for ingerido por pessoas, este peixe contaminado pode levar estas pessoas até a morte se não tomarem providências imediatas.

9.3 QUANTIFICAÇÃO DOS POLUENTES EM MANANCIAS SUPERFICIAIS

Em vários cálculos, a **quantificação dos poluentes** deve ser apresentada em termos de **carga**.

A **carga** é expressa em termos de **massa por unidade de tempo**, podendo ser calculada por métodos específicos, dependendo do tipo de problema, da análise da origem dos poluentes e dos dados disponíveis (VON SPERLING, 2005).

De maneira geral os cálculos podem ser realizados analisando os esgotos de uma forma geral, ou seja, esgotos domésticos e industriais, ou em separado a partir de fórmulas diferenciadas, ou seja, os Esgotos domésticos e os Esgotos industriais.

9.3.1 ESGOTOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIAIS

carga = concentração x vazão

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{Concentração (g/m}^3\text{)} \times \text{vazão (m}^3\text{/d)}}{1000 \times (\text{g/kg})}$$

9.3.2 ESGOTOS DOMÉSTICOS

carga = população x carga per capita

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{População (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab} \cdot \text{d)}}{1000 (\text{g/kg})}$$

9.3.3 ESGOTOS INDUSTRIAIS

carga = contribuição por unidade produzida x produção

carga (kg/d) = contribuição por unidade produzida (kg/unid) x produção (unid/d)

9.4 POLUIÇÃO DOS MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS

Historicamente, o solo tem sido utilizado para disposição dos resíduos gerados nas atividades cotidianas, tendo certa capacidade de atenuar e depurar a maior parte dos resíduos. Entretanto, a sociedade tem-se tornado de tal forma complexa que a quantidade e a composição dos resíduos e efluentes gerados foram alteradas em ordem de grandeza nas últimas décadas, sendo que a capacidade do solo em reter os poluentes tem sido ultrapassada.

Apesar de serem mais protegidas que as águas superficiais, as águas subterrâneas podem ser poluídas ou contaminadas quando os poluentes atravessam a porção não saturada do solo.

A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes fatores:

- a) o **tipo de aquífero**: os **aquíferos freáticos** são mais vulneráveis do que os confinados ou semiconfinados. **Aquíferos porosos** são mais resistentes dos que os fissurais, e entre estes os mais vulneráveis são os cársticos.
- b) a **profundidade do nível estático** (espessura da zona de aeração): como esta zona atua como um **reator físico-químico**, sua espessura tem papel importante. Espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração;
- c) a **permeabilidade da zona de aeração e do aquífero**: a permeabilidade da zona de aeração é fundamental quando se pensa em poluição. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero. Aquíferos extensos podem estar parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas enquanto em outras acontece o inverso.

A áreas de maior permeabilidade do aquífero atuam como zona de recarga e têm uma importância fundamental em seu gerenciamento.

Por outro lado, a alta permeabilidade (transmissividade) permite uma rápida difusão da poluição.

O avanço da mancha poluidora poderá ser acelerado pela exploração do aquífero, na medida em que aumenta a velocidade do fluxo subterrâneo em direção às áreas onde está havendo a retirada de água.

Essa situação de poluição é especialmente delicada, pois a água é um excelente solvente e pode conter inúmeras substâncias dissolvidas. Ao longo do seu percurso a água vai interagindo com o solo e formações geológicas, dissolvendo e incorporando substâncias. Por essa razão a água subterrânea é mais mineralizada (tem mais minerais) que a água de superfície.

Apesar do solo e da zona não saturada apresentar excelentes mecanismos de filtragem podendo reter inúmeras partículas e bactérias patogênicas, existem substâncias e gases dissolvidos que dificilmente deixarão a água subterrânea podendo ser responsáveis pela sua poluição.

A deterioração da qualidade da água subterrânea pode ser provocada de maneira direta ou indireta, por atividades humanas ou por processos naturais, sendo mais frequente a ação combinada de ambos os fatores.

A poluição capaz de atingir as águas subterrâneas pode ter origem variada. Considerando que os **aquíferos** são **corpos tridimensionais**, em geral **extensos e profundos**, diferentemente, portanto, dos cursos d'água, a forma da fonte poluidora tem importância fundamental nos estudos de impacto ambiental.

9.4.1 FORMAS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As principais causas da poluição das águas subterrâneas, oriundas de atividades humanas, podem ser classificadas em quatro grupos dependendo da atividade humana que as originou, conforme apresentado na Figura 9.2.

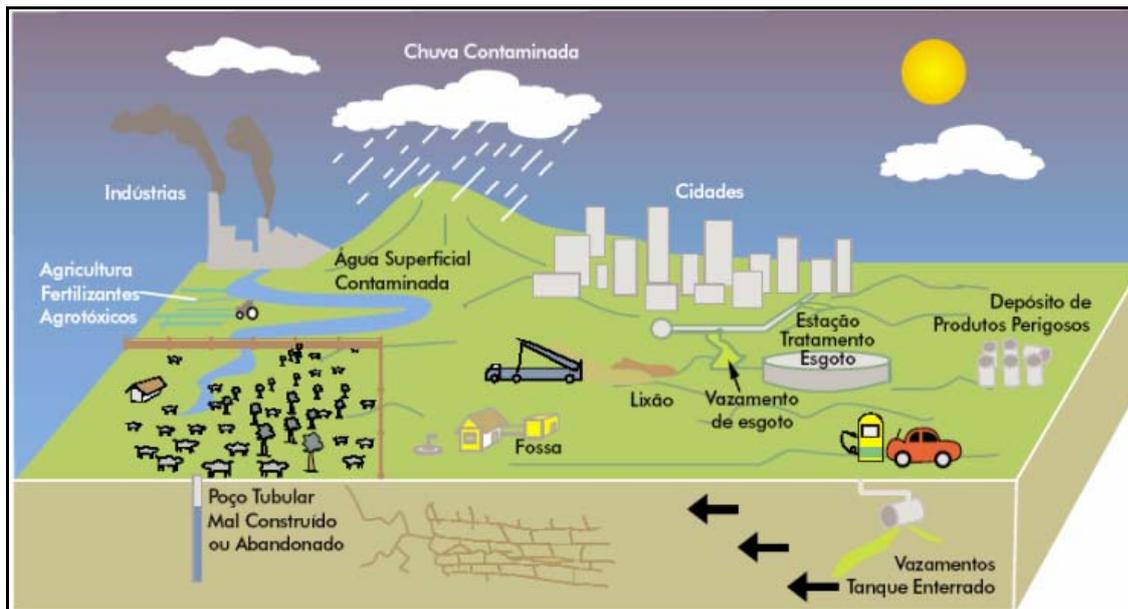


Figura 9.2 Potenciais focos de contaminação das águas subterrâneas.

Os grupos de atividades poluidoras das águas subterrâneas são: a Poluição urbana e doméstica; a Poluição agrícola; a Poluição industrial; e a Intrusão salina.

A seguir será detalhado cada um desses grupos de atividades poluidoras.

9.4.1.1 POLUIÇÃO URBANA E DOMÉSTICA

A Poluição urbana e doméstica é provocada pela descarga de efluentes domésticos não tratados na rede hidrográfica, fossas sépticas e lixeiras.

Os efluentes domésticos contêm sais minerais, matéria orgânica, restos de compostos não biodegradáveis, vírus e microrganismos fecais.

Os lixiviados, resultantes da circulação de água através da lixeira, são altamente redutores e enriquecidos em amônio, ferro ferroso, manganês e zinco, além de apresentarem valores elevados da dureza, do total de sólidos dissolvidos e da concentração de cloreto, sulfato, bicarbonato, sódio, potássio, cálcio e magnésio. A decomposição da matéria orgânica origina a produção de gases como o dióxido de carbono e o metano.

Este tipo de poluição, ao atingir o aquífero, origina um **aumento da mineralização, elevação da temperatura, aparecimento de cor, sabor e odor desagradáveis.**

9.4.1.2 POLUIÇÃO AGRÍCOLA

Este tipo de poluição é a mais generalizada e importante na deterioração da água subterrânea.

A diferença entre a Poluição agrícola e os outros é o fato de apresentar um **caráter difuso**, sendo responsável pela poluição a partir da superfície de extensas áreas, ao passo que os outros tipos correspondem a focos pontuais de poluição.

Os contaminantes potencialmente mais significativos neste campo são os **fertilizantes, pesticidas** e indiretamente as **práticas de rega**. A reciclagem e reutilização da água subterrânea para rega provocam um aumento progressivo da concentração de sais que, em longo prazo, a inutiliza para este fim.

Os fertilizantes inorgânicos como o amoníaco, sulfato de amônio, nitrato de amônio e carbonato de amônio e os orgânicos, como a ureia, são os responsáveis pelo incremento de nitrato, nitrito e amônio nas águas subterrâneas. Isso deve-se ao fato de que a quantidade de fertilizantes aplicada é superior à quantidade necessária para o desenvolvimento das plantas.

9.4.1.3 POLUIÇÃO INDUSTRIAL

A poluição industrial apresenta um caráter tipicamente **pontual** e está relacionada com a **eliminação de resíduos de produção através da atmosfera, do solo, das águas superficiais e subterrâneas** e de **derrames** durante o seu armazenamento e transporte.

As principais indústrias poluentes são as indústrias alimentares, metalúrgicas, petroquímicas, nucleares, mineiras, farmacêuticas, eletroquímica, de fabricação de pesticidas e inseticidas etc.

9.4.1.4 INTRUSÃO SALINA

A intrusão salina é um fenômeno que ocorre em regiões costeiras onde os aquíferos estão em contato com a água do mar. Na verdade enquanto a água doce se escoar para o mar, a água salgada, mais densa, tende a penetrar no aquífero, formando uma cunha sob a água doce.

Este fenômeno pode acentuar-se e ser acelerado, com consequências graves, quando, nas proximidades da linha de costa, a extração de grandes volumes de água doce subterrânea provoca o avanço da água salgada no interior do aquífero e a consequente salinização da água dos poços ou dos furos que nele captem.

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A poluição da água pode produzir impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos.
- 2.- Os poluentes podem ser inseridos no meio aquático de forma pontual ou difusa.
- 3.- As cargas pontuais de poluentes são introduzidas por lançamentos individualizados e as cargas difusas de poluentes não têm um ponto de lançamento específico e ocorrem ao longo da margem dos rios.
- 4.- São dois tipos de poluentes que caracterizam a poluição química: os Biodegradáveis e os Persistentes.
- 5.- A quantificação dos poluentes em mananciais superficiais deve ser apresentada em termos de carga, que é expressa em termos de massa por unidade de tempo.
- 6.- Os cálculos podem ser realizados analisando os esgotos de uma forma geral, ou seja, esgotos domésticos e industriais, ou em separado a partir de fórmulas diferenciadas, ou seja, os Esgotos domésticos e os Esgotos industriais.
- 7.- Apesar das águas subterrâneas serem mais protegidas que as águas superficiais, elas podem sofrer processos de poluição quando os poluentes atravessam a porção não saturada do solo.
- 8.- A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá do tipo de aquífero, da profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração e da permeabilidade da zona de aeração e do aquífero).
- 9.- Os grupos de atividades poluidoras das águas subterrâneas são: a Poluição urbana e doméstica; a Poluição agrícola; a Poluição industrial; e a Intrusão salina

CONSTRUINDO CONCEITOS

Após fazer a revisão de seus aprendizados no capítulo, responda a seguinte questão:

Quais são os principais impactos estéticos e ecológicos produzidos pelos processos de poluição das águas em sua região?

Não deixe de realizar anotações e considerações sobre a atividade em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

10 QUALIDADE DA ÁGUA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- discutir sobre a vulnerabilidade dos mananciais de abastecimento e os principais indicadores de qualidade de água.
- apresentar as variáveis físicas e organolépticas da água.
- apresentar as variáveis químicas da água.
- apresentar as variáveis microbiológicas da água.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer como as atividades praticadas pelo ser humano estão intimamente ligadas ao uso da água, desde as atividades mais corriqueiras, como uso doméstico bem como para aplicações mais complexas de atividades industriais.

A **degradação ambiental** e as **ações desarticuladas** distanciam ainda mais as condições de qualidade dos corpos hídricos, daquela necessária ao atendimento dos seus usos atuais e futuros. Esta situação é agravada pelo fato dos corpos hídricos, no Brasil, já se encontrarem em desconformidade com os padrões de qualidade correspondente à sua classe de enquadramento, nas áreas mais densamente ocupadas.

Neste cenário, a poluição já compromete, inclusive, um dos usos prioritários das águas - o **abastecimento da população** - em especial nos corpos hídricos mais próximos das cidades.

A água destinada a atender aos usos prioritários tem que ser captada em locais cada vez mais distantes, além de passar por processos de tratamento cada vez mais complexos e dispendiosos, encarecendo os serviços de saneamento e tornando o recurso cada vez mais escasso (DINIZ, 2006).

No sentido sanitário, a água é considerada poluída quando seu consumo oferece perigo à saúde humana ou quando sua utilização para a balneabilidade é anti-higiénica ou inadequada (BONETO, 2007).

Os mananciais apresentam **vulnerabilidade** quanto às fontes de contaminação, e **susceptibilidade** a variações sazonais de qualidade da água. As **águas superficiais represadas**, (lagos naturais ou barragens), de maneira geral, apresentam melhor qualidade que as águas superficiais correntes, em termos de partículas em suspensão e organismos patogênicos sedimentáveis (por exemplo, protozoários). Contudo, estão mais sujeitas ao fenômeno da **eutrofização**, com acentuação da cor e possibilidade de proliferação de algas e cianobactérias.

As **águas subterrâneas** são mais bem protegidas do que as águas superficiais (sejam correntes ou represadas). Entretanto, as formas desordenadas de extração, onde são executados poços mal construídos ou abandonados, sem qualquer medida de proteção, constituem os principais focos de poluição do manancial subterrâneo no meio urbano. Tem-se ainda que se considerar a poluição gerada pelo uso intensivo de insumos químicos na agricultura.

O Brasil ocupa o 5º lugar na lista mundial de consumidores de pesticidas e herbicidas, usando perto de 200 mil toneladas métricas por ano, cuja aplicação praticamente não é controlada (REBOUÇAS et al., 2006).

A imensa quantidade de substâncias, introduzidas no ambiente através dos esgotos urbanos e industriais, é indesejável para mananciais de abastecimento público. A reflexão sobre os **riscos à saúde** associados à **proveniência de águas de mananciais em estado de conservação ruim** e com grande interferência antrópica faz-se necessária, para que a sociedade passe a conhecer e se preocupar com a origem e com a qualidade da água consumida (REIS, 2004).

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem.

Ao se abordar a questão da **qualidade da água**, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade:

- a **dissolução de substâncias** (Capacidade de dissolver outras substâncias químicas); e
- a **capacidade de transporte de poluentes**.

10.1 VARIÁVEIS FÍSICAS E ORGANOLÉPTICAS

Embora as **características físicas** da água tenham importância relativamente pequena do ponto de vista sanitário, elas podem ser **determinantes na escolha da tecnologia de tratamento**. Normalmente, as características físicas são facilmente verificadas, com destaque para os seguintes parâmetros: cor, turbidez, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica (DI BERNARDO et al., 2002).

Em função das variáveis **cor, turbidez, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica** é estabelecido um padrão de aceitação para consumo humano. Este padrão é determinado com base em critérios de ordem estética e organoléptica (gosto ou odor). O objetivo é evitar **rejeição ao consumo** e a conseqüente busca por outras fontes, eventualmente menos seguras do ponto de vista sanitário.

As propriedades organolépticas são todas as propriedades que podem ser percebidas pelos sentidos humanos: a visão, a audição, o olfato, o paladar e o tato.

Algumas substâncias apresentam risco à saúde, porém, o limiar de **percepção de gosto e odor** ocorre em concentrações inferiores aos limites estabelecidos, desta forma, constam apenas como padrão de aceitação para consumo. Para outras substâncias não há nenhuma ou evidência suficiente de risco à saúde, ao menos para concentrações usualmente encontradas nas águas de abastecimento (BRASIL, 2006b).

10.1.1 COR

A cor de uma amostra de água está associada ao **grau de redução de intensidade que a luz** sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de **sólidos dissolvidos** principalmente, material em estado **coloidal orgânico e inorgânico** (CETESB, 2008).

Dentre os colóides orgânicos podem-se mencionar os ácidos; húmicos e fúlvicos, substâncias de origens naturais, resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos.

Antigamente, a medida de cor era feita apenas por **questões estéticas**, porém, com a descoberta de que esses ácidos orgânicos são precursores da formação de produtos potencialmente cancerígenos (trialometanos e organo halogenados), em geral, quando a desinfecção é realizada com cloro livre, a quantificação da cor passou a ser muito importante (DI BERNARDO et al., 2002).

A cor também pode ser provocada pela presença de alguns compostos inorgânicos, os principais são: **óxidos de ferro e manganês**, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, são íons dissolvidos que pouco ou quase nada interferem na passagem da luz (CETESB, 2008).

O problema maior de coloração na água, é o estético já que causa um efeito repulsivo aos consumidores.

A OMS estima que um terço da população no mundo tenha anemia e, na grande maioria dos casos, é decorrente da carência de ferro. A doença tem impacto sobre o estado nutricional, a imunidade, o crescimento físico e o desenvolvimento psíquico,

comportamental, cognitivo e de linguagem, principalmente em crianças com até dois anos de idade – período de maior crescimento.

Através de um levantamento da incidência da anemia em crianças de 24 creches da Regional Leste de Belo Horizonte foi verificado que 47,8% das crianças com até seis anos de idade tinham a doença. Foi criado, então, o Programa Água de Ferro que teve como objetivo, avaliar o impacto da fortificação da água potável com ferro e vitamina C. Foram distribuídos para as creches, durante cinco meses do ano de 2005, galões de 20 litros de água com a dosagem ideal de ferro e vitamina C para ingestão e preparação dos alimentos.

“A vitamina facilita a absorção do ferro e é antioxidante, impedindo que a água se torne ferruginosa”, acrescentou o Dr. Joel Alves Lamounier.

Nesse período, foram eliminadas todas as outras fontes de água. Foi avaliada a concentração de hemoglobina e os aspectos nutricionais de uma amostra de 321 crianças do universo de 2.860 meninas e meninos assistidos pelo Programa.

A percentagem de anemia nas creches passou de 37,1% para 11,5%. O índice de crianças anêmicas com até dois anos caiu de 75% para 28%. O custo mensal de prevenção e tratamento da anemia foi de R\$3,50 por criança (FUNDEP, 2008).

De acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde o valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 U.C.

10.1.2 TEMPERATURA

A **origem natural da temperatura** é a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). Em geral, a **origem antropogênica** se dá por despejos industriais (normalmente, indústrias canavieiras e usinas termelétricas). As elevações da temperatura aumentam as taxas de reações físicas, químicas e biológicas na faixa usual de temperatura. Provocam também a diminuição na solubilidade dos gases a exemplo do oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

Elevações na temperatura da água também podem aumentar a taxa de transferência dos gases, o que pode acarretar na liberação de odores desagradáveis, caso o nível de poluição seja elevado.

A temperatura desempenha um papel de destaque no controle do meio aquático, condicionando as influências de uma série de **parâmetros físico-químicos**. Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30°C, a viscosidade, a tensão superficial, a compressibilidade, o calor específico, a constante de ionização e o calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades dos compostos, com essa elevação da temperatura.

A temperatura pode influenciar no **metabolismo dos organismos aquáticos**. Por exemplo, um aumento de temperatura pode causar migração intensa de peixes para regiões mais amenas, nas quais a concentração de oxigênio dissolvido é maior ou bloquear a passagem peixes migratórios devido à presença de uma barreira de calor com menor concentração de oxigênio dissolvido (BRAGA et al., 2002).

A temperatura pode também favorecer o crescimento de organismos termófilos e ainda alterar a cinética das reações químicas ou mesmo favorecer alguns sinergismos nocivos ao ambiente.

10.1.3 SABOR E ODOR

O sabor e o odor são características de difícil avaliação por serem subjetivas. Normalmente, decorrem de matéria excretada por algumas espécies de algas e de substâncias dissolvidas, como gases, fenóis, clorofenóis e, em alguns casos, o lançamento de despejos nos cursos d'água. A remoção dessas substâncias geralmente requer aeração, além da aplicação de um oxidante e de carvão ativado para adsorção dos compostos causadores de sabor e odor (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

10.1.4 TURBIDEZ

A turbidez é uma característica da água devida à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. Ela expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, de maneira simplificada, a transparência da água. Valores de turbidez em torno de 8 UT¹ são imperceptíveis visualmente.

Águas represadas usualmente apresentam turbidez mais reduzida, decorrente da sedimentação das partículas em suspensão.

1. Unidade de Turbidez.

Em geral, a turbidez da água bruta de mananciais superficiais apresenta variações sazonais significativas entre períodos de chuva e estiagem (Figura 10.1), o que exige atenção na operação da estação de tratamento de água.

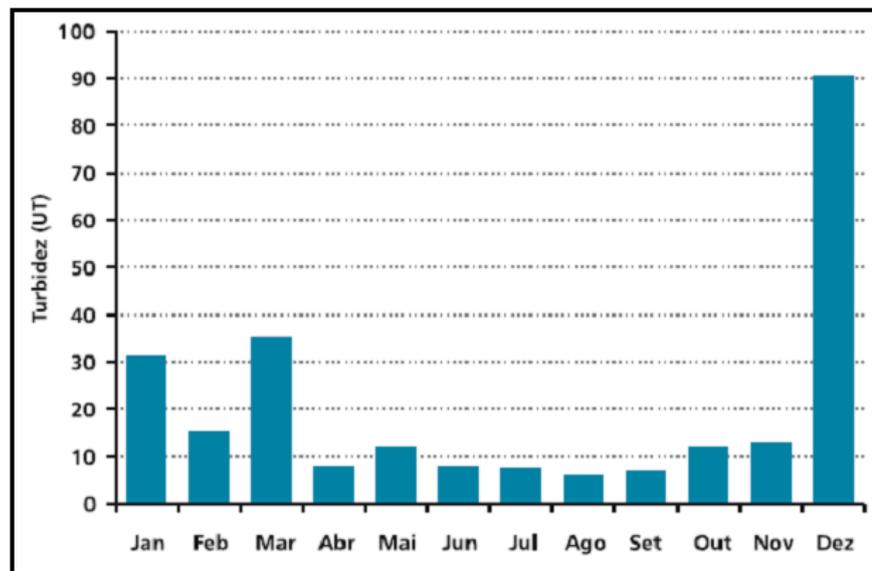


Figura 10.1 Turbidez na água bruta. (BRASIL, 2006c).

Conforme destacado pela CETESB (2008), a **erosão** das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de um fenômeno que resulta em **aumento da turbidez das águas** e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de água para abastecimento. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação, neste caso específico, há também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente para outro (água, ar ou solo).

A turbidez da água bruta é um dos principais parâmetros de seleção de tecnologia de tratamento e de controle operacional dos processos de tratamento. As águas represadas usualmente apresentam turbidez mais reduzida, decorrente da sedimentação das partículas em suspensão (BRASIL, 2006c).

O exemplo apresentado na Figura 10 ilustra um manancial com turbidez relativamente reduzida, portanto, de fácil tratabilidade. Entretanto, mesmo em casos como estes, a atenção cotidiana é indispensável.

No manancial em questão, no mês de dezembro, chuvas torrenciais provocaram uma elevação brusca da turbidez, chegando até 1.000 UT, valor este que acaba por não figurar em gráficos de médias mensais como o apresentado.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas.

Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático. A alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2008).

10.1.5 SÓLIDOS

A presença de sólidos na água será comentada relativa aos **parâmetros físicos**, muito embora os sólidos possam também estar associados a características químicas ou biológicas. Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma (Figura 10.2):

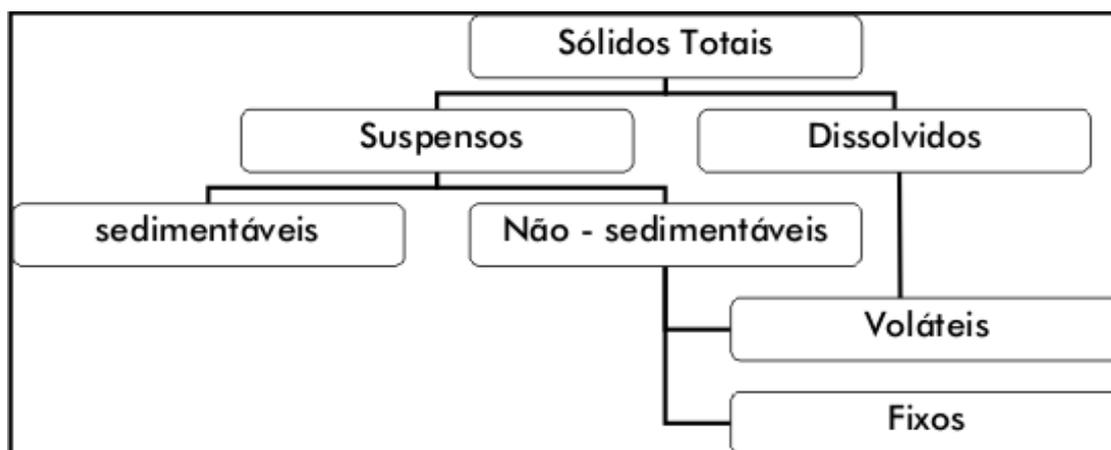


Figura 10.2 Classificação dos sólidos presentes na água.

Os **sólidos em suspensão** podem ser definidos como partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e permanecem em solução mesmo após a filtração.

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma **natural** (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou **antropogênica** (lançamento de lixo e esgotos). Muito embora os parâmetros de turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes. Uma pedra, por exemplo, colocada em um copo de água limpa confere àquele meio uma elevada concentração de sólidos totais, mas sua turbidez pode ser praticamente nula.

O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000 mg/L), já que essa parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água.

10.1.6 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica está intrinsecamente relacionada com a **concentração de íons dissolvidos na água**, os quais possuem a capacidade de conduzir a corrente elétrica.

Em águas continentais, os íons responsáveis pelos valores de condutividade são entre outros, cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos.

Segundo Campagna (2005), os valores elevados de íons cloreto, em rios localizados na região urbana, podem ser atribuídos aos processos de tratamento da água para abastecimento, seguido do uso e descarte desta água, bem como o reflexo do impacto de esgotos sanitários (liberação de cloreto pela urina).

LIGANDO AS IDEIAS

As propriedades organolépticas são todas as propriedades que podem ser percebidas pelos sentidos humanos: a visão, a audição, o olfato, o paladar e o tato.

Visite o principal rio de sua região e faça uma descrição breve das propriedades organolépticas que foram apontadas neste capítulo e que seus sentidos puderam perceber.

Anote as informações e suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

10.2 VARIÁVEIS QUÍMICAS

As variáveis químicas resultam de ciclos e processos que ocorrem na água e podem estar associados aos compostos orgânicos ou aos compostos inorgânicos presentes na massa líquida.

ALGUNS EXEMPLOS DE VARIÁVEIS QUÍMICAS

Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Potencial Hidrogeniônico (pH), compostos de nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitritos e nitratos), alcalinidade, acidez, ferro, manganês, cloretos, fluoretos e dureza, além de diversos micropoluentes orgânicos e inorgânicos.

10.2.1 PH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO)

O pH representa a concentração de íons de hidrogênio (H^+) (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a acidez da água, neutralidade ou alcalinidade da água. Sua faixa de variação é de 0 a 14. A salvo sob valores bastante baixos ou elevados (pode causar irritação na pele e nos olhos), não tem implicação em termos de saúde pública. Entretanto, para valores altos de pH, a vida aquática pode ser afetada por estar associado à proliferação de algas (VON SPERLING, 2005).

O pH varia em uma escala de 0 a 14. As substâncias ácidas têm seu pH entre 0 e 7. Já as substâncias básicas têm pH entre 7 e 14. O valor de pH 7 é neutro, ou seja, não é nem ácido, nem básico.

10.2.2 CONSTITUINTES ORGÂNICOS

Os constituintes orgânicos nas águas têm duas origens principais: **substâncias orgânicas naturais** e **atividades antrópicas**.

No primeiro caso, têm-se **substâncias húmicas**; os microrganismos e seus metabólitos e os hidrocarbonetos aromáticos. No segundo, resultam de lançamentos de **águas residuárias sanitárias** ou **industriais** tratadas ou não, do **escoamento superficial** urbano ou rural e do **escoamento subsuperficial** em solos contaminados. Em áreas sujeitas a contaminação por compostos orgânicos prejudiciais à saúde

humana, deve ser previsto o emprego do carvão ativado. O projeto de captação deve procurar evitar a água de superfície e o arraste de lodo do fundo do manancial, o qual pode apresentar a concentração elevada de compostos orgânicos (DI BERNARDO, DANTAS, 2005).

10.2.3 FENÓIS

A emissão de água residuária contendo fenol pode comprometer seriamente a vida aquática nos mananciais, devido a sua toxicidade e solubilidade em água, portanto, se faz necessário a remoção desse composto, antes do seu descarte nos corpos receptores. A **Resolução CONAMA nº 357/05** limita o lançamento de efluentes contendo fenol em apenas $0,5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ C}_6\text{H}_5\text{OH}$.

Além dos processos industriais, algumas fontes naturais também são responsáveis pela produção de fenóis, contudo, em concentrações muito menores quando comparadas com as encontradas em atividades antropogênicas (VAN SCHIE; YOUNG, 2000).

Em ambiente natural, o fenol pode ser produzido por plantas, a exemplo das estruturas de lignina e alguns compostos de defesa que são usados pelos herbívoros. Os fenóis também são intermediários na biodegradação de polímeros naturais que possuem anéis aromáticos, como taninas e ácidos precursores de amino - aromáticas (VAN SCHIE; YOUNG, 1998).

Pessoas que ingerem água contaminada com fenol apresentam sintomas como diarreia, náuseas e dores na garganta, além de expelir urina escura. Estima-se que a dose letal do fenol em adultos varia entre 1 g (14 mg.kg^{-1} , assumindo um adulto pesando 70 kg) até 65g (930 mg.kg^{-1}) (U.S. EPA, 2002).

10.2.4 FÓSFORO TOTAL

O Fósforo está presente no ambiente sob várias formas, grande parte destas com facilidade de reação com colóides, matéria orgânica e outros compostos afins, constituindo na maioria das vezes ligações de difícil solubilização. Nos meios aquáticos, pode ser encontrado sob as formas orgânica e mineral. Ambas podem ser dissolvidas ou particuladas em água, dependendo basicamente da estruturação química e do composto a que são ligadas. Quando adsorvido pela matéria orgânica, por argilas silicatadas ou por íons metálicos, os complexos de fósforo têm maior dificuldade de solubilização (ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

A **dinâmica de fósforo em reservatórios** é principalmente influenciada pelo aporte de cargas através dos tributários, da mobilização a partir do sedimento de fundo, do assoreamento e erosão, da decomposição de restos vegetais remanescentes, do intemperismo das rochas e minerais e, mais intensamente, pela ação antrópica, que envolve principalmente a contaminação por esgotos clandestinos, conforme apresentado na Figura 10.3 (ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

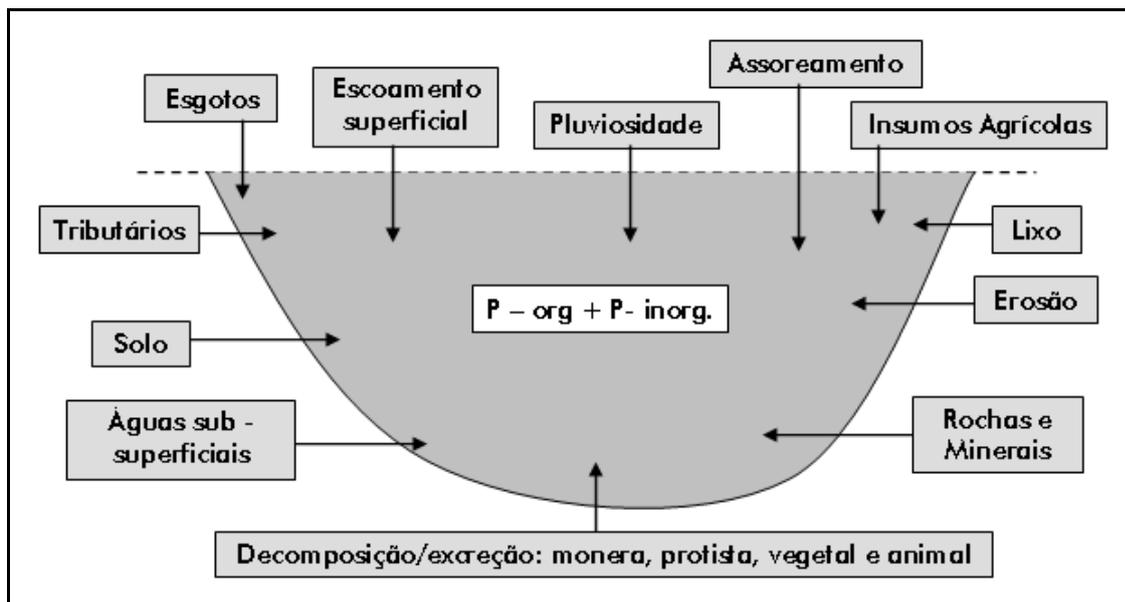


Figura 10.3 Fatores de influência sobre os teores de fósforo.
 Fonte: (adaptado de ANDREOLI, CARNEIRO, 2005).

Toda essa desordenada ação antrópica nos ecossistemas acarreta no que pode ser chamado de eutrofização artificial (enriquecimento de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fósforo) a partir de descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e das regiões agrícolas. Como os detergentes superfosfatados utilizados em larga escala doméstica, os esgotos domésticos são a principal fonte de fósforo para o ambiente natural (BONETO, 2007).

10.2.5 MANGANÊS

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água,

podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel).

A concentração de manganês menor que 0,05 mg/L geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água.

Raramente o Manganês atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades menores que 0,2 mg/L.

O manganês é muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química de tintas, vernizes, fogos de artifícios, fertilizantes, entre outros.

10.2.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela **Lei de Henry**, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura:

$$C_{SAT} = \alpha \cdot p_{gás}$$

Em que:

α , é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e;
 $p_{gás}$, é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido.

No caso do oxigênio, considerando-se como constituinte de 21% da atmosfera, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo, o α é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a $43,9 \times 0,21 = 9,2$ mg/L.

A taxa de **reinservação de oxigênio dissolvido** em águas naturais através da superfície, depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que, por sua vez, apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa (PIVELI; KATO, 2006).

A **quantidade de oxigênio** disponível **sofre grandes reduções** com a introdução de **matéria orgânica**, sendo particularmente pobre desse gás as águas que recebem forte contribuição de esgotos.

A oxidação da matéria orgânica é realizada graças à ação catalisadora de inúmeros microrganismos, entre os quais predominam as bactérias aeróbias e esse processo demanda certa quantidade de oxigênio (BRANCO, 1986).

Em ambientes naturais, o oxigênio é indispensável para muitos seres vivos, especialmente os peixes, onde a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvidos na água inferiores a 4,0 mg/L .

10.2.7 NITROGÊNIO - (AMÔNIA, NITRATO, NITRITO E NITROGÊNIO ORGÂNICO)

O lançamento de águas residuárias contendo nitrogênio pode causar sérios problemas ambientais, bem como **eutrofização**, **consumo de oxigênio** e **toxicidade para vida aquática**, sobretudo, se o tratamento desses efluentes for incompleto ou precário (LUOSTARINEN et al., 2006).

Como visto anteriormente, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de **nitrogênio orgânico**, **nitrogênio amoniacal**, **nitrito** e **nitrato**. As duas primeiras chamam-se **formas reduzidas** e as duas últimas, **formas oxidadas**.

Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio, ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem **predominância das formas reduzidas** significa que o **foco de poluição se encontra próximo**; se prevalecer **nitrito e nitrato**, ao contrário, significa que as **descargas de esgotos se encontram distantes**. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (PIVELI; KATO, 2005).

Pela legislação federal em vigor, a Resolução CONAMA nº 357/05, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. O limite máximo permitido para lançamento de nitrogênio amoniacal em corpos d'água é de 20 mg/L - N.

A **amônia** é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, como visto anteriormente, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente é utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (CETESB, 2008).

No Brasil, os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, limitam o valor máximo da concentração de nitrogênio amoniacal total em 20 mg.L⁻¹ - N, para lançamento de efluentes em corpos d'água. Para águas pertencentes a classe I (destinadas ao abastecimento para consumo humano e/ou à proteção das comunidades aquáticas), as concentrações de nitrato e nitrito não podem exceder 10 e 1 mg.L⁻¹ - N, respectivamente.

A contaminação dos corpos d'água com nitratos é um problema crônico. O nitrato é o principal precursor da metahemoglobina (cianose infantil) ou popularmente chamada de síndrome do bebê azul. A síndrome é causada pela redução do nitrato a nitrito, através de microrganismos situados no trato gastrintestinal infantil. O íon nitrito produzido oxida o Ferro II das moléculas de hemoglobina para ferro III, que é incapaz de trocar oxigênio, podendo resultar em anoxia ou morte. A maioria dos casos de cianose infantil, está relacionada com uso da água em concentrações de nitrato superiores a 10 mg.L⁻¹. Com relação ao fato do nitrato ser ou não carcinogênico, há indicativos de que o consumo de altas concentrações de nitrato pode provocar câncer gástrico.

Altas concentrações de nitratos também causam danos ao crescimento de culturas aquáticas que, por sua vez, implicam em prejuízos de cunho ambiental e comercial, pois comprovadamente, afetam espécies como as de polvo, camarão, enguia e trutas. Quanto aos benefícios da desnitrificação (remoção de nitratos) destacam-se: capacidade de tamponamento nos corpos receptores (há acréscimo de alcalinidade) e possível eliminação concomitante de diferentes fontes de carbono orgânico (RIJN et al., 2006).

10.2.8 SÓDIO

O sódio se encontra na forma iônica (Na⁺), e na matéria das plantas e animais, já que é um elemento essencial para os organismos vivos. O aumento dos níveis na superfície da água pode provir de esgotos e efluentes industriais. Nas áreas litorâneas a intrusão de águas marinhas pode também resultar em níveis mais altos.

As concentrações de sódio na superfície natural das águas variam consideravelmente dependendo das condições geológicas do local e descargas de efluentes. Os valores podem estender-se de valores inferiores a 1 mg/l até 10 mg/l ou mais em salmoura natural.

Muitas águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, têm níveis bem abaixo de 50 mg/l. Entretanto, as concentrações das águas subterrâneas frequentemente excedem 50 mg/l. Sódio é comumente medido onde a água é utilizada para consumo humano ou para agricultura, particularmente na irrigação. Quando as concentrações de sódio são elevadas, certos tipos de solo podem se degradar pelo restrito movimento da água afetando o crescimento das plantas.

O limite estabelecido pela portaria 518/2004 para sódio nas águas potáveis é 200 mg/l.

10.2.9 SULFACTANTES

Os esgotos sanitários possuem de 3 a 6 mg/L de detergentes. As indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2000 mg/L do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, empregam detergentes especiais com a função de desengraxante, como é o caso do percloroetileno.

De acordo com Duarte (2006), o **Alquilbenzeno Linear Sulfonado (LAS)** presente na composição do esgoto sanitário e água residuária industrial muitas vezes não é degradado nos sistemas de tratamento, acarretando alguns efeitos nocivos aos ecossistemas aquáticos.

Por exemplo, a presença de LAS pode levar à formação de espuma, inibição dos processos de depuração natural e disseminação eólica da espuma contendo bactérias e impurezas.

Apesar de encontrados em baixas concentrações nas águas residuárias, os surfactantes aniônicos podem estar adsorvidos nos lodos biológicos e em sedimentos (DUARTE, 2006). Os LAS têm sido substituídos progressivamente pelos **sulfonatos de aquil benzeno** de cadeia ramificada (ABS), por serem considerados biodegradáveis.

No Brasil a substituição do LAS ocorreu a partir do início da década de 80 e embora tenham sido desenvolvidos testes padrão de biodegradabilidade, este efeito não é ainda conhecido de forma segura. Os testes de toxicidade têm sido mais bem desenvolvidos e há certa tendência em passarem a ser mais utilizados nos programas de controle de poluição.

10.3 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

As bactérias do grupo **coliforme** são consideradas os principais indicadores de **contaminação fecal**. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*.

Todas as bactérias coliformes são Gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas associadas com fezes de animais de sangue quente e com o solo.

A grande importância sanitária nas bactérias coliformes, apesar de não parasitas, está na sua presença obrigatória em toda fonte contaminada por despejos de ordem doméstica, o que não acontece com as bactérias patogênicas intestinais, que somente existem (e em número pequeno) em águas de esgotos procedentes de residências onde existam pessoas doentes ou portadoras. (BRANCO, 1986).

Admite-se, que toda água que contenha bacilos do grupo coli (em cada 100 ml) pode conter também, bactérias patogênicas, sendo impróprias para o consumo sem desinfecção.

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- Devido a processos de degradação ambiental, a água para abastecimento da população tem que ser captada em locais cada vez mais distantes, além de passar por processos de tratamento cada vez mais complexos e dispendiosos.
- 2.- Os mananciais apresentam vulnerabilidade quanto às fontes de contaminação, e susceptibilidade a variações sazonais de qualidade da água.
- 3.- Deve-se levar em conta que a água, quando observada em sua qualidade, possui características de dissolução de substâncias (Capacidade de dissolver outras substâncias químicas); e de capacidade de transporte de poluentes.
- 4.- No tocante à qualidade da água, suas características físicas têm reduzida importância do ponto de vista sanitário, mas são determinantes para a escolha da tecnologia de tratamento que será utilizada.
- 5.- São variáveis físicas e organolépticas da água: a cor, a turbidez, o sabor e o odor, a temperatura e a condutividade elétrica.
- 6.- As variáveis químicas observadas na água quanto à sua qualidade são: o pH; os Constituintes orgânicos; os Fenóis; o Fósforo total; o Manganês; o Oxigênio Dissolvido (OD); o Nitrogênio; o Sódio; os Sulfactantes.
- 7.- As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal e compõem as Variáveis Microbiológicas que são observadas na água na verificação de sua qualidade.

CONSTRUINDO CONCEITOS

A partir da revisão dos tópicos de destaque abordados na disciplina, faça a sistematização de seus aprendizados e coloque as anotações em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

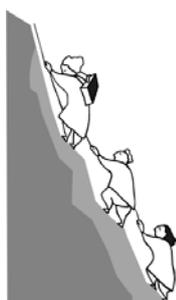
Após encerrar sua revisão, faça uma breve pesquisa junto ao órgão responsável pela captação e tratamento da água em sua região e verifique quais são os critérios e procedimentos utilizados para garantir a qualidade da água fornecida à população.

Anote suas descobertas e reflexões em seu "Caderno" e compartilhe suas considerações com os colegas e a tutoria no Fórum da Disciplina no Campus Virtual do Curso.

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

11 COLETA DE ÁGUA PARA MONITORAMENTO E CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- apresentar o procedimento adequado para coleta em rios.
- apresentar o procedimento adequado para coleta em torneira.
- apresentar as formas de coleta de amostra de água em poço raso.
- apresentar os cuidados na amostragem para análise microbiológica.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer as principais técnicas empregadas para coleta e preservação de amostras de água, em diversos tipos de fontes, e para diferentes tipos de exames.

Embora possa parecer uma tarefa relativamente simples, a **coleta de água** pode representar o sucesso de um programa de monitoramento. É através do correto planejamento das atividades de campo que toda uma rede de informações pode ser gerada.

A necessidade de padronização quanto aos procedimentos rotineiros de trabalho de campo é essencial para o acompanhamento da qualidade da água dos corpos hídricos por ela gerenciados, facilitando desta forma, a análise de sua evolução no tempo, além de contribuir significativamente para a obtenção de resultados representativos que possam subsidiar medidas relativas à operação dos corpos d'água e mitigação de impactos negativos sobre a qualidade de suas águas.

O **intervalo de tempo** entre a coleta das amostras e a realização das análises pode comprometer de sobremaneira sua composição inicial, especialmente quando se faz necessário a avaliação da concentração de substâncias que se encontra em quantidades traços (microquantidades), ou no caso de amostras biológicas, quando é necessário manter a integridade dos organismos, evitando a lise celular ou perda de características morfológicas.

Para realização das **análises físico-químicas** e **exames microbiológicos** da água se faz necessário o uso de procedimentos para coleta de amostra representativa, para controle de parâmetros, bem como para sua preservação e transporte. Portanto, a **confiabilidade dos resultados analíticos** depende, entre outros fatores, da qualidade da coleta e transporte das amostras. Estes procedimentos podem ser alterados com a finalidade de adequá-los às novas especificações adotadas pelos instrumentos legais que possam ser aprovados (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2007).

A qualidade da água é avaliada por meio de exames e análises. Analisar toda a massa de água destinada ao consumo é impraticável; por isso, colhem-se amostras e, por sua análise, conclui-se qual a qualidade da água.

Os **métodos de análise** fixam o número de amostras e o volume de água necessário, a fim de que o resultado seja o mais correto possível ou, em outras palavras, represente melhor o que realmente se passa em uma massa líquida cuja qualidade se deseja saber. O **resultado da análise** de uma amostra de água de um manancial, rede pública, ou outro tipo de fonte **revela unicamente as características apresentadas pela água no momento em que foi coletada.**

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



Figura 11.1 Campanha de medições e análises de qualidade de água na Bacia do Piranhas-Açu - Barragem Oiticica, 2006.
Fonte: Vera Maria da Costa Nascimento, Banco de Imagens ANA

Para coletar a amostra, deve-se realizar previamente um **planejamento** para que se obtenha uma amostra representativa e resultados satisfatórios dentro da realidade da amostragem. Um bom planejamento de amostragem inclui:

- metodologia de coleta;
- tipos de amostras (simples ou composta);
- pontos de amostragem;
- tempo de coleta;
- preservação;
- transporte;
- equipamentos necessários;
- coletor bem treinado;
- parâmetros a serem analisados.

As coletas de amostras podem ser classificadas em simples ou compostas, observando-se que algumas medições diretas devem ser realizadas *in loco*. A definição do tipo de coleta é função da matriz a ser analisada, sendo diversas as matrizes que podem estar relacionadas com a qualidade ou com os impactos causados pelos efluentes industriais, tais como: águas naturais superficiais (rios, represas, lagoas, lagos e mar), subterrâneas (fontes ou poços); esgotos sanitários e efluentes industriais tratados ou não; resíduos industriais (GIORDANO, 2004).

As matrizes mais comuns são em rios, represas, lagos, lagoas e no mar.

Nos próximos tópicos deste capítulo vamos apresentar detalhes sobre os procedimentos de coleta de amostras de água para coleta em rios, em torneiras, em poço raso. Também destacaremos os aspectos referentes aos cuidados na amostragem para análise microbiológica.

11.1 PROCEDIMENTO ADEQUADO PARA COLETA EM RIOS

A Figura 11.1 mostra o procedimento mais adequado para coleta de amostras em mananciais superficiais, onde deve ser observado o sentido da correnteza (indicado pelas duplas setas) e a profundidade mínima.

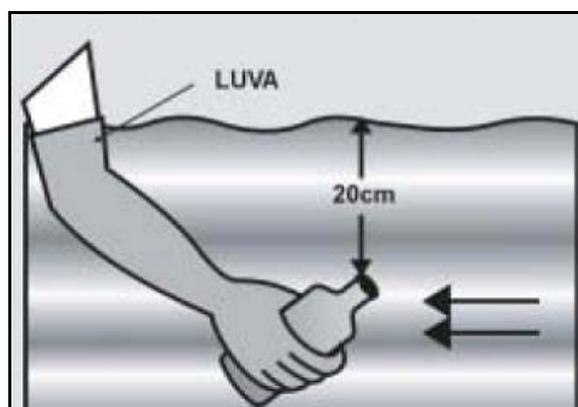


Figura 11.2 Procedimento para coleta de água em rios.
Fonte: (BRASIL, 2006c)

11.2 PROCEDIMENTO ADEQUADO PARA COLETA EM TORNEIRA

Para proceder a coleta de amostras de água em torneiras é necessário:

- limpar a torneira;
- deixar escorrer por dois a três minutos;
- flambar ou desinfetar a torneira, se necessário;
- deixar escorrer por dois a três minutos;
- coletar a amostra;
- deixar pequeno espaço vazio no frasco de coleta;
- colocar a tampa, homogeneizar e identificar a amostra.

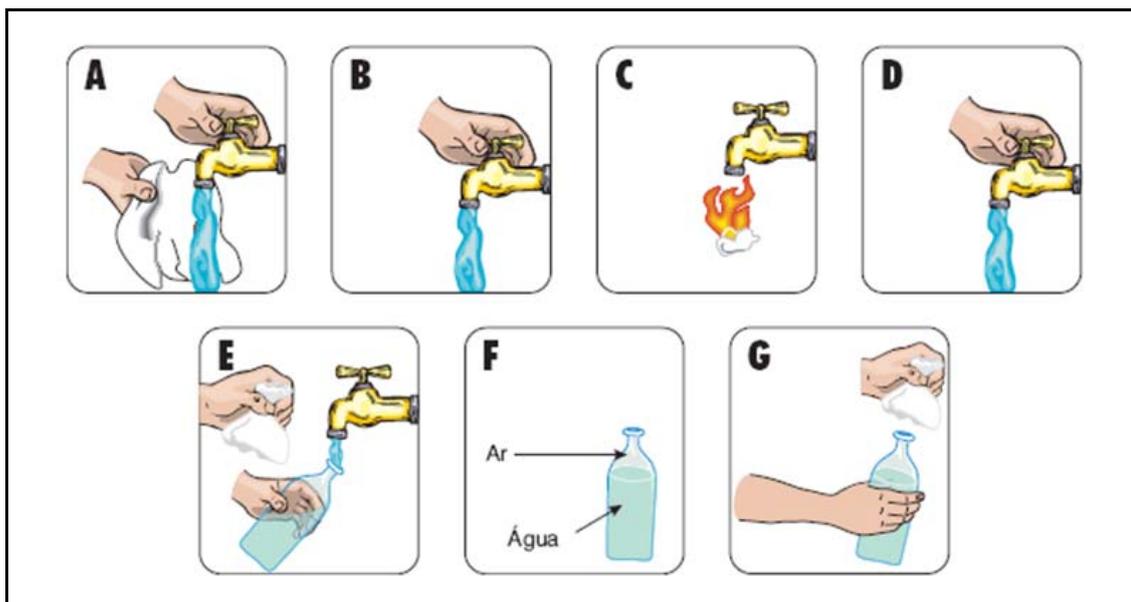


Figura 11.3 Coleta de água em torneira.
Fonte: (BRASIL, 2006c).

11.3 COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA EM POÇO RASO

- a. Descer lentamente o cordão sem permitir que o frasco toque nos lados do poço.
- b. Submergir o frasco, permitindo que se obtenha amostra mais profunda.

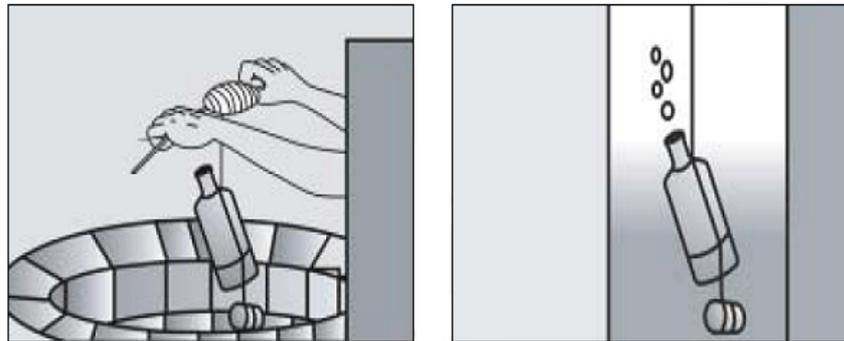


Figura 11.4 Procedimento para coleta de água poço raso.
Fonte: (BRASIL, 2006c).

Se as amostras forem para análises microbiológicas, o frasco de coleta deve ser fornecido pelo laboratório, para que seja previamente tratado e esterilizado. Para amostras de água clorada, este frasco deverá conter antes da esterilização Tiosulfato de Sódio em concentração suficiente para neutralizar o cloro residual.

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

11.4 CUIDADOS NA AMOSTRAGEM PARA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Como cuidados básicos para realização de coleta de amostra para análise microbiológica destacamos:

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

A análise microbiológica deve ser feita o mais cedo possível. As amostras devem ser conservadas à temperatura de 4°C a 10°C, para evitar a proliferação dos microrganismos.

O tempo máximo permitido entre a coleta da amostra e a análise é de seis a oito horas para águas pouco poluídas, e de até 24 horas para água clorada.

Se as amostras forem destinadas para análise físico-química e radioativas, deve-se anteriormente, consultar as **normas analíticas** referentes aos **parâmetros de interesse**, bem como **os responsáveis pelas análises** sobre os detalhes, os tipos de frascos, o volume de amostra a ser coletado, a preservação, o transporte e os demais cuidados.

LIGANDO AS IDEIAS

Você já realizou algum processo de coleta de amostra de água?

Caso positivo faça um breve texto contando esta experiência, caracterizando o tipo de amostra e os procedimentos e cuidados que foram utilizados na coleta.

Caso negativo comente sobre seus aprendizados desse capítulo no que se refere aos procedimentos e cuidados mais importantes para a realização da coleta de amostras de água.

Não deixe de anotar suas considerações no "Caderno de Estudo e Práticas".

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A coleta de água pode representar o sucesso de um programa de monitoramento.
- 2.- Para realização das análises físico-químicas e exames microbiológicos da água é necessário o uso de procedimentos para coleta de amostra representativa, para controle de parâmetros, bem como para sua preservação e transporte.
- 3.- Os métodos de análise fixam o número de amostras e o volume de água necessário, a fim de que o resultado seja o mais correto possível.
- 4.- O planejamento de amostragem deve incluir os seguintes elementos: a metodologia de coleta; os tipos de amostras (simples ou composta); os pontos de amostragem; o tempo de coleta; a forma de preservação da amostra; o transporte da amostra; os equipamentos necessários; um coletor bem treinado; os parâmetros a serem analisados.
- 5.- Há procedimentos e cuidados específicos para coleta de amostras de água em rios, em torneiras, em poço raso.
- 6.- As amostras para análise microbiológica requerem cuidados diferenciados.

CONSTRUINDO CONCEITOS

A partir da revisão dos tópicos de destaque abordados na disciplina, faça a revisão de seus aprendizados e faça as anotações em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

Após sua revisão realize a seguinte atividade:

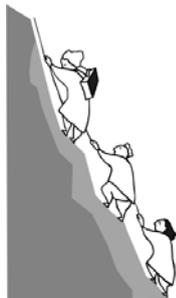
No capítulo anterior você fez o levantamento sobre os critérios e procedimentos utilizados em sua região para garantir a qualidade da água fornecida à população. Reveja suas anotações e verifique se os procedimentos e cuidados tratados neste capítulo foram contemplados. Caso negativo, retorne a sua fonte de informação e complemente suas anotações.

Após esse exercício, coloque suas considerações no "Caderno de Estudos e Práticas".

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

12 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

OBJETIVOS DO CAPÍTULO



- relacionar saúde pública e meio ambiente no setor de saneamento no Brasil.
- apresentar as principais doenças de veiculação hídrica caracterizando seus agente etiológico sintomas e fontes de contaminação.
- apresentar os principais microrganismos relacionados às doenças de veiculação hídrica.

OBJETIVO DE APRENDIZADO:

Conhecer os agentes alguns responsáveis pela maioria das doenças que são transmitidas através da água, bem como suas respectivas consequências à saúde humana.

Historicamente, as doenças por água e alimentos, têm sido um grande problema em diversas sociedades. Na Tabela 12.1 apresenta-se uma síntese das atuações desenvolvidas para atenuar essa situação.

Períodos	Características
Meados do século XIX até início do século XX	<ul style="list-style-type: none"> Estruturação das ações de saneamento sob o paradigma do higienismo, isto é, como uma ação de saúde, contribuindo para a redução da mortalidade por doenças infecciosas, parasitárias e até mesmo não infecciosas. Organização dos sistemas de saneamento como resposta a situações epidêmicas, mesmo antes da identificação dos agentes causadores das doenças.
Início do séc.XX até a década de 1930	<ul style="list-style-type: none"> Intensa agitação política em torno da questão sanitária, com a saúde ocupando lugar central na agenda pública: saúde pública em bases científicas modernas a partir das pesquisas de Oswaldo Cruz. Incremento no número de cidades com abastecimento de água e da mudança na orientação do uso da tecnologia em sistemas de esgotos, em um processo marcado pelo trabalho de Saturnino de Brito, que defendia planos estritamente relacionados com as exigências sanitárias (visão higienista).
Década de 1930 e década de 1940	<ul style="list-style-type: none"> Elaboração do Código das Águas (1934), que representou o primeiro instrumento de controle do uso de recursos hídricos no Brasil, estabelecimento do abastecimento público como prioritário. Coordenação das ações de saneamento (sem prioridade) e assistência médica (predominante) essencialmente pelo setor da saúde.
Década de 1950 e década de 1960	<ul style="list-style-type: none"> Surgimento de iniciativas para estabelecer as primeiras qualificações e os primeiros parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos definidores da qualidade das águas, por meio de legislações estaduais e em âmbito federal. Permanência das dificuldades em relacionar os benefícios do saneamento com a saúde restando dúvidas inclusive quanto a sua existência efetiva.
Década de 1970	<ul style="list-style-type: none"> Predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade, ausentes dos programas de atenção primária à saúde. Consolidação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com ênfase no incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água. Inserção da preocupação ambiental na agenda política brasileira, com a consolidação dos conceitos de ecologia e meio ambiente e a criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), em 1973.
Década de 1980	<ul style="list-style-type: none"> Formulação mais rigorosa dos mecanismos responsáveis pelo comprometimento das condições de saúde da população, na ausência de condições adequadas de saneamento (água e esgoto). Instauração de instrumentos legais de âmbito nacional definidores de políticas e ações do governo brasileiro, como a Política Nacional de Meio Ambiente (1981). Revisão técnica das legislações pertinentes aos padrões de qualidade da água.
Década de 1990 e início do século XXI	<ul style="list-style-type: none"> Ênfase no conceito de desenvolvimento sustentável e preservação e conservação do meio ambiente e particularmente dos recursos hídricos, refletindo diretamente no planejamento das ações de saneamento. Instituição da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97). Incremento da avaliação dos efeitos e consequências de atividades de saneamento que importem impacto ao meio ambiente.

Tabela 12.1 Evolução histórica dos aspectos de saúde pública e meio ambiente no setor de saneamento no Brasil.
Fonte: Soares et al., 2002.

Observando a evolução histórica dos aspectos de saúde pública e meio ambiente no setor de saneamento no Brasil, verificamos que a expansão da urbanização e da aglomeração humana sempre trouxe a necessidade de soluções para afastamento de resíduos fecais, coleta do lixo urbano, combate a vetores e roedores, controle de criação e abate irregulares de animais. Junto a isso, é possível observar que o controle da qualidade da água e alimentos consumidos pela população, compõe o conjunto de medidas que garantem as barreiras sanitárias a serem interpostas entre seres humanos e microrganismos causadores destas doenças.

Os benefícios do controle da qualidade da água e o conjunto de medidas que garantem as barreiras sanitárias devem traduzir-se em políticas de saneamento, vigilância sanitária e ambiental igualmente distribuída pela população.

Um dos principais efeitos da contaminação da água no meio urbano é a **diarreia**. A etiologia das diarreias pode envolver vários agentes como vírus, bactérias e parasitas. Os **agentes bacterianos** são relativamente mais importantes em **países em desenvolvimento**, enquanto os **agentes virais** são mais relevantes em **países industrializados**. A importância desses agentes está relacionada às condições de higiene e saneamento básico da população.

O conhecimento da interação da diarreia persistente, aliada à má nutrição como causa de mortalidade, tem reforçado a necessidade do desenvolvimento de programas de intervenção, além do tratamento baseado em terapia de reidratação oral.

Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2004) a morbidade associada à diarreia é especialmente importante; pois crianças são acometidas por um a 10 episódios de diarreia anuais. Em países desenvolvidos, assim como no Brasil, sua importância está relacionada ao impacto da doença na população, traduzido pelos seus danos à saúde, afetando o desenvolvimento infantil, bem como à sociedade pelos custos gerados pela demanda aos serviços médicos, atendimento ambulatorial, pronto atendimento, hospitalizações (custos diretos) e as perdas de dias de trabalhos, de escola, gastos com medicamentos, transportes, etc. (custos indiretos).

Atualmente, a cada 14 segundos, morre uma criança vítima de doenças hídricas. Estima-se que 80% de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento sejam causados pelo consumo de água contaminada, e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água (OPAS/OMS, 2001).

Os números mostram a gravidade do problema:

- a cada ano, mais de cinco milhões de seres humanos morrem de alguma doença associada à **água não potável, ambiente doméstico sem higiene e falta de sistemas para eliminação de esgoto**;
- estima-se que, a qualquer momento do dia, metade de toda a população nos países em desenvolvimento esteja sofrendo de uma ou mais entre as seis principais **doenças associadas ao abastecimento de água e saneamento** (diarreia, ascariis, dracunculíase, esquistossomose, ancilostomíase e tracomas);
- nos países da América Latina e Caribe, existem 168 milhões de pessoas sem **abastecimento de água** e as **enfermidades de origem hídrica** aparecem entre as três principais causas de morte na região. A epidemia mais significativa dos últimos anos, nesta área, foi a da cólera, originada em 1991, no Peru e que se estendeu por 21 países da região, com mais de 1.200.000 de casos registrados até 1997.

No contexto da América Latina e Caribe, onde apenas 10% das águas residuárias recebem algum tipo de tratamento, que em geral é inadequado, as enfermidades de maior incidência relacionadas com a qualidade da água, além da cólera, são:

- as **diarreias** em crianças, responsáveis por 80 mil mortes e uma média de 3 casos diarréicos por ano;
- a **hepatite viral**, cuja incidência se encontra entre 24 e 29 casos por 100.000 habitantes nos países da América do Sul;
- a **amebíase e febre tifóide**, endêmicas em muitos países.

A amebíase é uma infecção parasitosa provocada por um protozoário do gênero *entamoeba histolytica*, identificada como a causa de algumas epidemias resultantes da contaminação do abastecimento de água por águas residuárias.

No Brasil, podem-se avaliar estes agravos pelo perfil de internações hospitalares segundo dados disponíveis no Sistema de Informações Hospitalares do SUS – SIH/SUS. Das internações nas unidades hospitalares participantes do Sistema Único de Saúde (públicas ou particulares conveniadas), no período de 1998 a 2001, entre 4,5% e 4,8% foram com diagnóstico de infecções intestinais como cólera, febre tifóide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível e outras doenças infecciosas intestinais. A Tabela 12.2 mostra de maneira bastante sucinta as principais doenças causadas pelo consumo de água, ou de alimentos lavados com água contaminada.

Doença	Agente etiológico	Sintomas	Fontes de contaminação
Febres tifóide e paratifóide	Salmonella typhi S. paratyphi A e B	Febre elevada, Diarreia	Fezes humanas
Disenteria bacilar	Shigella dysenteriae	Diarreia	Fezes humanas
Disenteria amebiana	Entamoeba histolytica	Diarreia, abscessos no fígado e intestino delgado	Fezes humanas
Cólera	Vibrio cholerae	Diarreia, desidratação	Fezes humanas Águas costeiras
Giardíase	Giardia lamblia	Diarreia, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais
Hepatite A e B	Vírus da hepatite A e B	Febre, icterícia	Fezes humanas
Poliomielite ^a	Vírus da poliomielite	Paralisia	Fezes humanas
Criptosporidiose	Cryptosporidium parvum, Cryptosporidium muris	Diarreia, anorexia, dor intestinal, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais
Gastroenterite	<i>E. coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , Rotavírus e outros vírus entéricos	Diarreia	Fezes humanas

a. Doença erradicada no Brasil

Tabela 12.2 Principais doenças de veiculação hídrica
Fonte: Neves, 1988; Von Sperling, 1995; Daniel et al., 2001.

Seguindo esta **visão epidemiológica**, no tocante à morbidade hospitalar, as internações hospitalares, por doenças referentes ao aparelho digestivo na faixa etária abaixo dos 14 anos e acima dos 50, apresentam-se em maior frequência.

Doenças de origens gastrointestinais geralmente ocorrem por veiculação hídrica. Por essa razão, evidencia-se a preocupação existente quanto às inter-relações no sistema de saneamento básico.

Embora haja preocupações quanto às inter-relações das doenças de veiculação hídrica e o sistema de saneamento básico não é possível determinar a relação de causalidade direta ou indireta no que se refere à qualidade da água, assim como às estatísticas apresentadas pelo SUS, com informações, não só não permitem, como

também não diferenciam os motivos mais detalhados pelo qual houve a internação (OHIRA, 2005).

Os episódios de diarreia podem variar de um quadro leve, com diarreia líquida e duração limitada a quadros graves com febre, vômitos e desidratação. Os agentes, eliminados em grande concentração nas fezes infectadas, são transmitidos pela via fecal-oral, por água, alimentos e objetos contaminados, por pessoa a pessoa e, provavelmente, secreções respiratórias, mecanismos que permitem a disseminação explosiva da doença. A notificação de surtos de diarreia aguda é de extrema relevância para desencadear uma investigação minuciosa quanto a sua origem, se em domicílios, creches, escolas, hospitais, ou devido a problemas ambientais, para se conhecer as possíveis causas de transmissão para que medidas eficazes de controle possam ser adotadas o mais precocemente possível.

O **estudo quantitativo da distribuição das doenças ou serviços de saúde**, onde o objeto de estudo é referenciado geograficamente, é denominado de **análise espacial em saúde** (NEVES, 2005). Essa apresentação espacial de dados de saúde possibilita um conhecimento mais detalhado das condições de saúde de uma população auxiliando a implementação de ações preventivas.

Através de mapas com dados de saúde há a visualização da distribuição espacial de áreas de riscos para mortalidade ou incidência de eventos mórbidos, da qualidade de vida da população, da localização pontual de doenças e até a associação das incidências com períodos do ano em que determinados fatores externos venham a influenciar no crescimento de casos de perturbação da saúde.

Na elaboração da análise espacial em saúde é de grande importância, o conhecimento de diversos fatores como: **condição de vida** das populações, **saneamento básico**, **condição social** e **acesso à assistência médica** das populações, de forma que seja possível um planejamento das ofertas de serviços e da avaliação do impacto das ações de saúde.

Proteger de forma diferenciada significa continuar possibilitando a circulação e manutenção de agentes patogênicos entre indivíduos suscetíveis. No Brasil, pode-se avaliar a permanência destes agravos pelo perfil de internações hospitalares segundo dados disponíveis no Sistema de Informações Hospitalares do SUS – SIH/SUS.

Das internações nas unidades hospitalares participantes do Sistema Único de Saúde (públicas ou particulares conveniadas), no período de 1998 a 2001, entre 4,5% e 4,8% foram com diagnóstico de infecções intestinais como cólera, febre tifóide, shigelose, amebíase, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível e outras doenças infecciosas intestinais.

A saúde, particularmente nos países em desenvolvimento, é determinada por características relacionadas a condições socioeconômicas, ambientais, nutricionais, de cuidados com a saúde, entre outras. As doenças infecciosas têm se associado com menor nível social e econômico, frequentemente aferido através de renda, escolaridade, tipo de habitação, disponibilidade de água encanada e de rede de esgoto. Essas condições não são responsáveis diretas pela ocorrência de doença, contudo, favorecem a proximidade de alguns determinantes (FUCHS *et al* 1996 *apud* NEVES, 2005).

A água microbiologicamente contaminada pode transmitir grande variedade de doenças infecciosas de diversas maneiras:

- **diretamente pela água:** provocadas pela ingestão de água contaminada com urina ou fezes, humanas ou animais, contendo bactérias ou vírus patogênicos. Incluem cólera, febre tifóide, amebíase, leptospirose, giardíase, hepatite infecciosa e diarreias agudas;
- **causadas pela falta de limpeza e de higiene com água:** provocadas por má higiene pessoal ou contato de água contaminada na pele ou nos olhos. Incluem escabiose, pediculose (piolho), tracoma, conjuntivite bacteriana aguda, salmonelose, tricuriase, enterobíase, ancilostomíases, ascaridíase;
- **causadas por parasitas** encontrados em organismos que vivem na água ou por **insetos vetores** com ciclo de vida na água. Incluem esquistossomose, dengue, malária, febre amarela, filarioses e oncocercoses.

A água consumida pela população deve estar isenta de microrganismos patogênicos.

A eliminação ou inativação desses microrganismos é conhecida como **desinfecção**. A Tabela 12.4, complementar à tabela 12.3 apresenta as diversas características dos principais microrganismos.

Patogênico	Quantidade excretada por indivíduos infectados/g de fezes	Sobrevivência máxima na água (dia)	Dose infectante ^a
Bactéria			
<i>Escherichia coli</i>	10 ⁸	90	10 ² - 10 ⁹
<i>Salmonella</i>	10 ⁶	60 - 90	10 ⁶ - 10 ⁷
<i>Shigella</i>	10 ⁶	30	100
<i>Campylobacter</i>	10 ⁷	7	10 ⁶
<i>Vibrio cholerae</i>	10 ⁶	30	10 ⁸
<i>Yersina enterocolitica</i>	10 ⁵	90	10 ⁹
<i>Aeromonas</i>	-	90	10 ⁸
<i>Leptospira</i>	-	-	3
Vírus			
Enterovírus	10 ⁷	90	1 - 72
Hepatite A	10 ⁶	5 - 27	1 - 10
Rotavírus	10 ⁶	5 - 27	1 - 10
Norwalk	-	5 - 27	-
Protozoários			
<i>Entamoeba</i>	10 ⁷	25	10 - 100
<i>Giardia</i>	10 ⁵	25	1 - 10
<i>Cryptosporidium</i>	100	-	1 - 30
<i>Balantidium coli</i>	-	20	25 - 100
Helmintos			
<i>Ascaris</i>	1000	365	2 - 5
<i>Taenia</i>	1000	270	1

a. Dose infectante provocando sintomas clínicos em 50% dos indivíduos testados

Tabela 12.3 Principais microrganismos relacionados às doenças de veiculação hídrica.

Fonte: Geldreich, 1978; Kowal, 1982; Pros, 1987 *apud* Daniel, 2001.

Em comparação com o número de internações por grandes grupos de causas, classificadas segundo os capítulos do **Código Internacional de Doenças** (CID - 10/ 10^a Revisão da Classificação), as doenças infecciosas intestinais estariam colocadas entre o 6^o ou 7^o lugar como causa de internação, considerando a população como um todo. Essas internações representam apenas um percentual sobre o total de casos

ocorridos, indicando somente os que foram atendidos nas unidades hospitalares. Essas doenças representaram cerca de 60% do total de internações por doenças infecciosas e parasitárias, neste período. Foi o grupo de causas com maior número de internações, em relação a outras doenças infecciosas. Seu número foi maior que as internações por tuberculose, malária, dengue ou AIDs. Ainda entre 1998 e 2001, o número de internações por doenças infecciosas intestinais variou entre 560.905 e 568.516 e apresentou discreto aumento entre 2000 e 2001.

Estima-se que saneamento básico adequado e água tratada podem reduzir as taxas de morbidade e a mortalidade de algumas destas doenças entre 20% e 80%. A OMS estima que o custo de providenciar abastecimento de água é de US\$ 105 por pessoa, nas áreas urbanas e de US\$ 50 nas áreas rurais. O custo de saneamento básico é, em média, de US\$ 145 por pessoa, nas áreas urbanas.

Algumas doenças são transmitidas ao ser humano pelo contato com a água de coleções hídricas contaminadas por microrganismos nocivos que necessitam de hospedeiros intermediários para completar o seu desenvolvimento. Estas doenças são caracterizadas por uma **fase aguda** e **outras crônicas** e, em casos avançados, podem causar a morte se não houver o devido tratamento. Desta forma a água, indiretamente, pode estar ligada à transmissão de algumas verminoses.

A Companhia de Saneamento de Minas - COPASA (COPASA, 2009) reuniu de maneira bem didática as principais verminoses que utilizam de alguma forma a água para infectar o ser humano, destacando-se as que ocorrem com mais frequência, a seguir transcritos.

- A **esquistossomose** ou xistosa é uma doença crônica, causada por um pequeno verme, o *Schistosoma mansoni*, que se instala nas veias do fígado e do intestino. Na última fase da doença, pode aparecer, em algumas pessoas, a ascite ou barriga d'água. Nas condições de subvida causada pela esquistossomose, existem hoje no Brasil mais de oito milhões de pessoas. Essa legião de doentes ocupa extensas regiões brasileiras, desde o Maranhão até o norte do Paraná.

Para que surja a esquistossomose numa localidade, são necessárias várias condições: a primeira é a existência de caramujos que hospedam o *Schistosoma mansoni*. Nem todos servem para o parasita, só algumas espécies. Esses caramujos vivem em córregos, lagoas, valas de irrigação e canais onde haja segurança e boa alimentação. A temperatura média de muitas regiões do Brasil é favorável à proliferação de caramujos.

O *Schistosoma mansoni* ora vive livre, ora protegido dentro de seus **hospedeiros**. Na primeira fase de sua vida livre, o *Schistosoma mansoni* é um miracídio. Veio para o mundo exterior protegido por um ovo, que é então abandonado em contato com a água. Nada então apressadamente em busca de um caramujo e tem apenas algumas horas de vida para encontrá-lo (Figura 12.1).

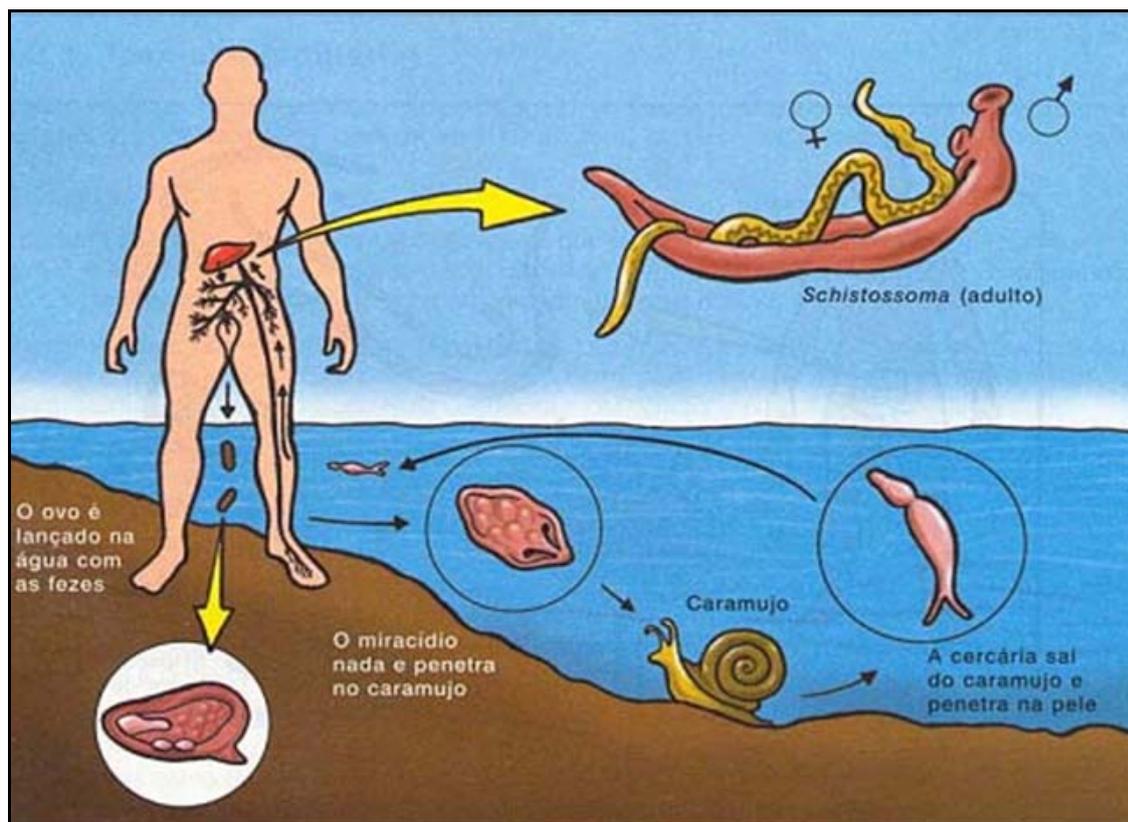


Figura 12.1 Ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*.
Fonte: DEMSUR, 2009

Nesse hospedeiro, sofre uma série de transformações, dividindo-se e multiplicando-se em centenas de milhares de cercárias, capazes de atacar e de infestar o ser humano. As cercárias abandonam o caramujo doente em busca de um animal de sangue quente e têm aproximadamente dois dias de vida livre. Nesse tempo, procuram atacar o ser humano, cujo organismo poderão viver, acasalar-se e produzir ovos.

- O *Ascaris lumbricoides*, comumente chamado de lombriga, é um verme que vive no intestino das pessoas e causa uma doença chamada ascaridíase.

No intestino das pessoas, os vermes acasalam-se e as fêmeas põem ovos. Uma só pessoa pode ter até 600 lombrigas. Os ovos são expelidos com as fezes e, como são muito pequenos, só podem ser vistos através de microscópio. Quando as pessoas têm o hábito de defecar no chão, deixam milhares desses ovos misturados à terra. A Figura 12.2 mostra o ciclo de vida do *Ascaris lumbricoides*.

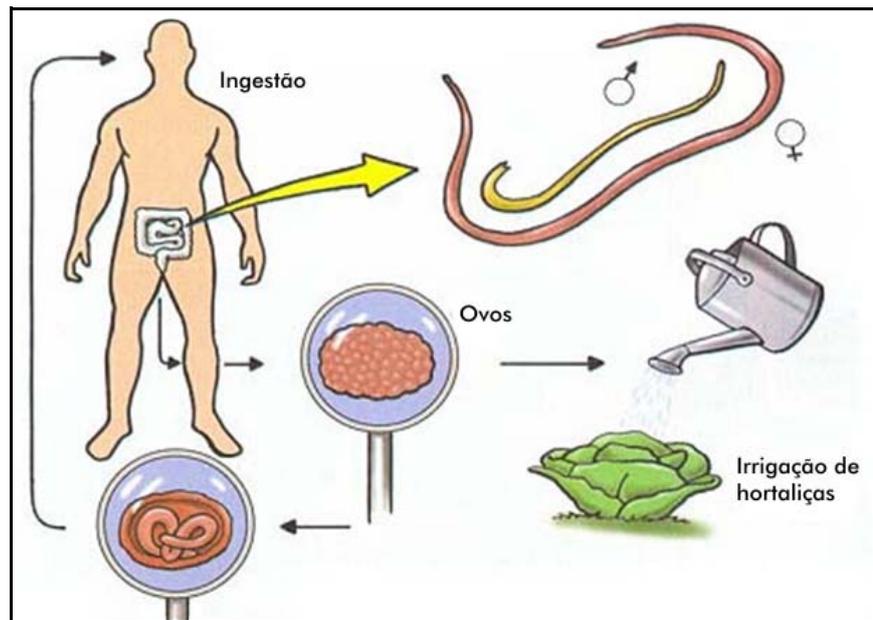


Figura 12.2 Ciclo de vida do *Ascaris lumbricoides*.
Fonte: DEMSUR, 2009.

No chão úmido e sombrio, os ovos das lombrigas podem durar de seis a dez anos, à espera de serem engolidos por uma pessoa. Num exame de microscópio, pode-se detectar a presença de ovos e lombrigas em um pouco de terra do quintal, na poeira da varredura da casa e em cascas de banana ou de goiaba.

As lombrigas, quando pouco numerosas, não causam tantos malefícios ao ser humano, porém, quando a infestação é grande, estes aumentam. Os vermes têm de 15 a 25 cm de comprimento e, em grande número, formam verdadeiros novelos, que entopem o intestino, causando sua obstrução. Podem também sair pela boca e nariz ou localizar-se na traqueia, ocasionando, muitas vezes, asfixia e morte, especialmente em crianças - são os chamados ataques de vermes.

É através da terra, da poeira, dos alimentos mal lavados e das mãos sujas que os ovos das lombrigas são levados à boca e engolidos. Depois de engolidos, os ovos rebentam, soltando larvas no intestino. Essas larvas, levadas pelo sangue, passam pelo fígado, coração, pulmões, brônquios, sendo novamente engolidas. Retornam ao intestino, onde se tornam adultas, para se acasalar e pôr ovos. No organismo humano, o ovo leva de 2,5 a 3 meses para se transformar em larva e depois em verme adulto. O verme adulto vive no intestino geralmente menos de seis meses, nunca mais de um ano.

As pessoas que têm lombrigas ficam frequentemente irritadas, sem apetite e apresentam náuseas, vômitos, diarreia, cólicas e dor abdominal.

- A **solitária** ou **tênia** é um verme muito comum na zona rural, onde as pessoas se alimentam geralmente de carne de porco. O porco e o boi são transmissores da solitária.

A solitária vive no intestino das pessoas. Depois que se torna adulta, solta pedaços pequenos (anéis) cheios de ovos, que se juntam com as fezes. Se essas fezes são deixadas no chão, o porco e o boi, alimentando-se do capim, comem também as fezes com os ovos do verme.

Chegando ao estômago desses animais, os ovos se rompem, deles saindo as larvas, que vão para o intestino e, depois, para os músculos, onde se fixam, podendo viver até um ano. Essas larvas são denominadas de cisticercos.

Quando o animal é abatido e alguém come essa carne, crua ou mal cozida, passa a ser o portador da solitária. A larva vai crescer e se transformar num verme de alguns metros de comprimento (Figura 12.3).

A solitária é um verme que pode atingir de 3 a 9 metros de comprimento. Como seu crescimento é constante, precisa de muito alimento para viver, o que enfraquece o paciente. O parasita do porco possui afinidade com o sistema nervoso central. A doença é denominada cisticercose e pode causar dor de cabeça e convulsão.

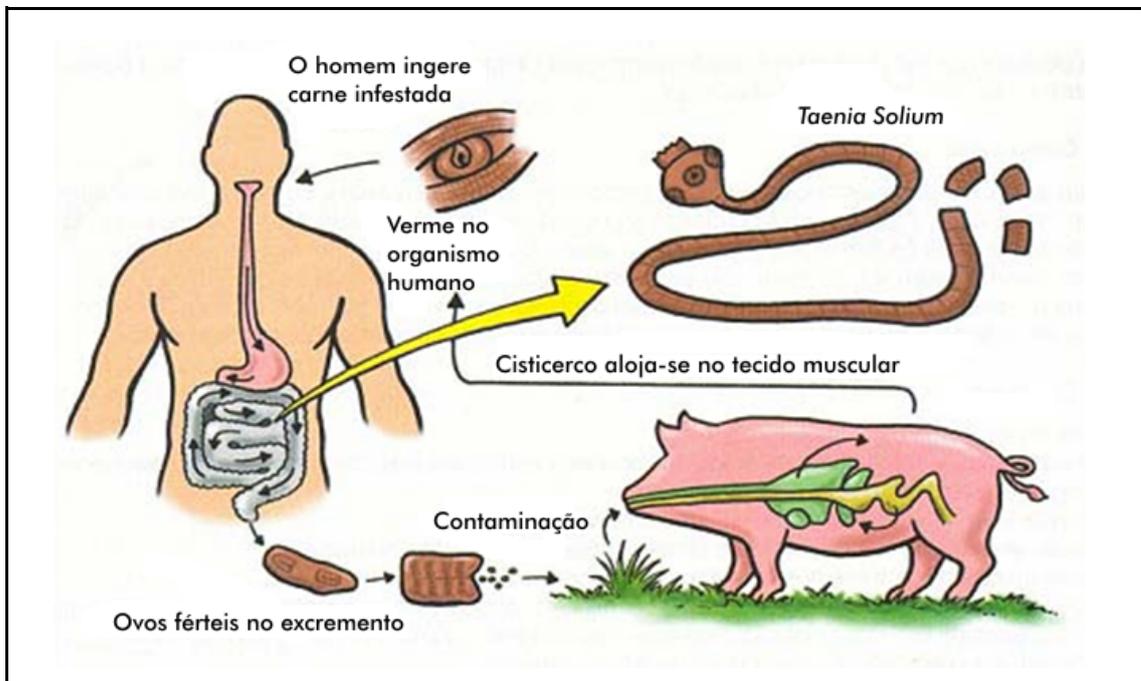


Figura 12.3 Ciclo de vida da *Taenia Solium*.
Fonte: SAAEC, 2009.

- O *Enterobius vermiculares* ou *Oxiures vermiculares*, também conhecido por saltão, tuchina ou verme da coceira, assemelha-se a um pequeno fio de linha. Os vermes adultos vivem no intestino. Os machos têm vida curta e morrem depois de fecundar as fêmeas, sendo logo eliminados. As fêmeas produzem grande quantidade de ovos e caminham pelo intestino humano chegando até o ânus do doente, onde soltam os ovos.

A pessoa portadora do *Enterobius* sente uma coceira muito forte no ânus, provocada pela descida dos vermes pela abertura anal. Isso acontece principalmente durante a noite: a pessoa se coça mesmo dormindo, espalhando os ovos, que ficam nas roupas, lençóis e, principalmente, entre seus dedos e debaixo das unhas. Essa pessoa se contamina, levando as mãos sujas à boca. Também contamina alimentos e utensílios domésticos, transmitindo a verminose às pessoas que os utilizarem.

As roupas dos indivíduos parasitados também são fontes de infestação, pois os ovos ficam agarrados a elas e podem depois chegar às mãos e à boca. O costume de sacudir os lençóis ao arrumar as camas pela manhã faz com que os ovos do

Enterobius se espalhem, podendo ser aspirados no ar pelo nariz, levados, com a poeira, até os alimentos e finalmente engolidos. Os ovos resistem de 10 a 15 dias.

As crianças são as mais atingidas e as que sofrem mais. A irritação produzida no ânus e região vizinha produz coceira intensa. Ao se coçar, a pessoa pode-se ferir e apresentar infecção local.

Essa irritação produz muitas vezes sintomas nervosos. Como as fêmeas desses vermes preferem a noite para caminhar até o ânus, a fim de pôr ovos, as crianças dormem mal, o que as torna irritadas e nervosas. Nas mulheres, os vermes podem invadir os órgãos genitais, produzindo irritação e inflamação, muitas vezes graves.

A facilidade com que se transmite a verminose *Enterobius vermiculares* faz com que ela seja muito comum em famílias numerosas, nas quais várias pessoas dormem juntas, especialmente as crianças. A transmissão ocorre mesmo nas famílias que têm bons hábitos de higiene.

LIGANDO AS IDEIAS

Faça uma leitura atenta do manual: *Educação Sanitária e Ambiental da COPASA*, que está na biblioteca virtual da disciplina, e complemente suas anotações de estudo com as informações que estão neste material.

O texto completo deste manual está disponível em: www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Agua.pdf.

Não deixe de anotar seus aprendizados e considerações no "Caderno de Estudo e Práticas"

DESTAQUES DOS TEMAS ESTUDADOS

- 1.- A expansão da urbanização e da aglomeração humana sempre trouxe a necessidade de soluções para afastamento de resíduos fecais, coleta do lixo urbano, combate a vetores e roedores, controle de criação e abate irregulares de animais.
- 2.- No contexto da América Latina e Caribe, onde apenas 10% das águas residuárias recebem algum tipo de tratamento, que em geral é inadequado.
- 3.- Os benefícios do controle da qualidade da água e o conjunto de medidas que garantem as barreiras sanitárias devem traduzir-se em políticas de saneamento, vigilância sanitária e ambiental igualmente distribuída pela população.
- 4.- As principais doenças causadas pelo consumo de água, ou de alimentos lavados com água contaminada são: a Febre tifóide e paratifóide; a Disenteria bacilar; a Disenteria amebiana; o Cólera; a Giardíase; a Hepatite A e B; a Poliomielite; a Criptosporidiose; e a Gastroenterite.
- 5.- O estudo quantitativo da distribuição das doenças ou serviços de saúde é denominado de análise espacial em saúde.
- 6.- A contaminação microbiológica da água pode transmitir grande variedade de doenças infecciosas tanto diretamente pela água, quanto causadas pela falta de limpeza e de higiene com água ou ainda por parasitas encontrados em organismos que vivem na água e por insetos vetores com ciclo de vida na água.
- 7.- As doenças que são transmitidas ao ser humano pelo contato com a água contaminada por microrganismos que necessitam de hospedeiros intermediários para completar o seu desenvolvimento são: a esquistossomose; o *Ascaris lumbricoides* (lombriga), a solitária ou tênia; e o *Enterobius vermiculares* (verme da coceira).

CONSTRUINDO CONCEITOS

A partir da revisão dos conteúdos da disciplina, sistematize seus aprendizados e coloque as anotações em seu "Caderno de Estudos e Práticas".

Depois de finalizar sua revisão, faça uma breve pesquisa junto à Secretaria de Saúde de sua região e verifique quais são as principais doenças de veiculação hídrica que ocorrem localmente. Com base nesses dados e nos conteúdos estudados na disciplina, verifique quais seriam as possíveis causas dessas incidências.

Anote suas descobertas e reflexões em seu "Caderno". Compartilhe suas considerações com os colegas de Curso e com a tutoria no Fórum da Disciplina no Campus Virtual.

CADERNO DE ESTUDO E PRÁTICAS

BIBLIOGRAFIA

- [1] ALAGOAS, Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais. **PDRH/Capiá** – Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Capiá. Alagoas, 1998.
- [2] ANDREOLI, V. C.; CANEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Curitiba, SANEPAR, 2005.
- [3] AZEVEDO, L. G. T.; BALTAR, A. M. **Nota técnica sobre a atuação do banco mundial no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil**. In: MUÑOZ, H. R (org.) Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei de águas de 1997. 2 ed. Brasília: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2000.
- [4] BONETO, R. M. C. G. **Aspectos limnológico-sanitários das águas do rio Caulim na Região Metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública - São Paulo - SP, 2007.
- [5] BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo – SP. Ed. Prentice Hall, 2002.
- [6] BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. São Paulo; CETESB; 640 p. 1986.
- [7] BRASIL. Fundação Nacional de saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª. ed. ver. 1ª Reimpressão – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 408p., 2006a.
- [8] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. Portaria MS n.º 518/2004.
- [9] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água/** – Brasília.– 84 p., 2006b.

- [10] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano** – Brasília: Ministério da Saúde, 284 p., 2006c.
- [11] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. 2007. Disponível *on line* em <http://www.ana.gov.br>. Acessado em 30/09/2008.
- [12] BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Banco de Imagens**. Disponível *on line* em <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/imagens/default.asp>. Acessado em 30/03/2009.
- [13] CAMPAGNA, A. F. **Toxicidade dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho** (São Carlos – SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro. Pirassununga – SP, 2005.
- [14] CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2008.
- [15] COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2008). **Doenças de veiculação hídrica**. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doen%C3%A7as.pdf>. Acesso em: 27 março de 2009.
- [16] COTRIM, M. E. B. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo **Avaliação da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao Abastecimento Público** (Doutorado) SÃO PAULO – SP, 2006.
- [17] DANIEL, L. A (Coord.). **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. Programa em Saneamento Básico (PROSAB). Tema: "Métodos alternativos de desinfecção da água" - Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2001.
- [18] DAEE/IPT – Programa de Controle de Erosão Urbana: Projeto-Piloto da Bacia do Rio Santo Anastácio – São Paulo: IPT, Relatório 35.980, 1997.
- [19] DEL PRETTE, M. E. **Apropriação de recursos hídricos e conflitos sociais: A gestão das áreas de proteção aos mananciais da Região metropolitana de São Paulo** -

Universidade de São Paulo - Faculdade de Filosofia, letras e ciências humanas - Departamento de geografia - (Doutorado) São Paulo – 2000.

- [20] DEMSUR - Departamento Municipal de Saneamento Urbano de Muriaé/MG. **Doenças de veiculação hídrica**. Disponível em: <<http://www.demsur.com.br/doencas.php>>. Acesso em: 27 jul. 2009.
- [21] DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE F., P. L. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. Ed. RIMA, São Carlos. SP, 2002.
- [22] DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª edição. São Carlos/SP, 2005.
- [23] DINIZ, L. T. **Efetivação das Metas de Qualidade de Águas Superficiais no Brasil**. Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo/SP, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>
- [24] DUARTE, I. C. S. **Caracterização microbiológica da remoção e degradação de alquilbenzeno linear sulfonado (las) em reatores anaeróbios com biofilme e células planctônicas**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos - (Doutorado) - 2006.
- [25] FAEM-UFPEL. AGROMETEOROLOGIA Pluviógrafo. Disponível em: <www.ufpel.tche.br/.../images/pluviografo.jpg>
- [26] FUNDEP - Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – 2008. Disponível em: <<http://www.fundep.ufmg.br/homepage/cases/635.asp>>
- [27] GEO BRASIL 2002. **Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Organizado por Thereza Christina Carvalho Santos e João Batista Drummond Câmara. Brasília: Edições IBAMA, 2002.
- [28] GIORDANO, G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ - (2004). Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br>. Acessado em 05/11/2008
- [29] <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lcf/lab/lhf/arquivos/CAPITULO%204.pdf>

- [30] http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mato_Grosso_UFMT2.pdf
- [31] IMBIMBO, H. R. V. **Avaliação da Qualidade Ambiental, utilizando invertebrados bentônicos, nos rios Atibaia, Atibainha e Cachoeira, SP.** Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. (Doutorado) São Paulo – SP – 2006.
- [32] Instituto Adolfo Lutz - **Manual para Orientação.** Análise de Água no Instituto Adolfo Lutz, 2007.
- [33] Instituto Adolfo Lutz e Centro de Vigilância Epidemiológica "Professor Alexandre Vranjac". **Diarreia e Rotavírus.** Rev. Saúde Pública, vol.38, n°.6, p.844-845. dez. 2004.
- [34] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Lixo Municipal:** manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE. 1995. 278p.
- [35] LUOSTARINEN, S.; LUSTE, S.; VALENTÍN, L.; RINTALA, J. **Nitrogen removal from on-site treated anaerobic effluents using intermittently aerated moving bed biofilm reactors at low temperatures.** *Water Research.* v. 40, p. 1607 - 1615, 2006.
- [36] MATOS, B. ANTUNES; Z., GOMES, J. L. **Disponibilidade Hídrica Quantitativa e Usos Consuntivos.** Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2004. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/prhbsf/arquivos/Estudos/ET%2001%20Disponibilidade%20e%20Demanda.pdf>
- [37] MATOS, J. C. C. T. **Proposição de Método para a Definição de Cotas per capita Mínimas de Água para Consumo Humano.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 122p., 2007.
- [38] Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 357.** 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>
- [39] MONTEIRO, R. T. R. **Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP.** Curso interunidades. Gestão Ambiental

- (2004). Disponível em: <http://web.cena.usp.br/apostilas/Regina/Polui%C3%A7%C3%A3o/Aulas/Aula%20-%20Compostos%20Poluentes.doc>
- [40] NEVES, K. B. L. **Avaliação da relação entre doenças hídricas e inundações por meio de imagens de radar JERS-1**. Estudo de Caso: Bacia do Rio Madeira, Rondônia. Rio de Janeiro/RJ, 2005.
- [41] OHIRA, T. H. **Fronteira de eficiência em serviços de saneamento no Estado de São Paulo**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Dissertação (Mestrado). Piracicaba/SP, 109 p. 2005.
- [42] PEDRAZZI, J.A. **FACENS – Hidrologia Aplicada**. Disponível em: <http://www.facens.br/site/alunos/download/hidrologia>. Acesso em 15 fev. 2004.
- [43] PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. 1ª. ed. São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 01. 285 p, 2006.
- [44] PORTO, R.L.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; EIGER, S.; LUCA, S.J.; NOGUEIRA, V.P.Q.; PORTO, M.F.A. **Hidrologia Ambiental**. 3ª ed. Edusp, São Paulo, 414p., 1991.
- [45] RCTS - Rede Ciência Tecnologia e Sociedade. **Precipitação: Tipos de Chuva**. Disponível em: <http://web.rcts.pt/~pr1085/Humidade/Precipitacao.htm#Tipos%20de%20chuva>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- [46] REBOUÇAS, A. C. **A Política Nacional de Recursos Hídricos e as Águas Subterrâneas**. Revista: Águas Subterrâneas. N. 16 – Maio - 2002.
- [47] REBOUÇAS, A. C. **Professor da USP denuncia estratégia da escassez e condena caixa d'água**. O Estado De São Paulo, São Paulo, 22 set. 2003.
- [48] REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação – 3ª edição – São Paulo - SP: Escrituras Editora, 2006**.
- [49] REIS, L. V. S. **Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento**

público: Caso do manancial do município de Piracicaba. – Piracicaba – SP. 215 p. 2004.

- [50] RIJN, J. V.; TAL, Y.; SCHREIER, H. J. **Denitrification in recirculating systems:** theory and applications. *Aquacultural Engineering*, v. 34, p. 364 - 376, 2006.
- [51] SAAEC - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Colina/SP. **Doenças de veiculação hídrica.** Disponível em: <http://www.saaecolina.com.br/principal.php?xvar=analises_doencas>. Acesso em: 27 jul. 2009.
- [52] SANTOS, I. dos., et al. **Hidrometria aplicada.** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.
- [53] SEMARHN/COHIDRO. **Plano Diretor da Região Hidrográfica Pratagy.** Relatório, Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais - SEMARHN e a COHIDRO - Consultoria, estudos e Projetos S/S Ltda, 2006.
- [54] SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M. & PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 3ª edição. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 328p.
- [55] SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETO, O. M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente:** elementos para formulação de um modelo de planejamento de saneamento. *Caderno de Saúde Pública*, v.18, n.6, p.1713-1724, nov./dez. 2002.
- [56] TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** Deptº. de Engª. Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
- [57] TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 156p. 2001.
- [58] TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Org. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.
- [59] TUNDISI, J. G. **Água no século XXI:** Enfrentando a Escassez. São Carlos/SP. Ed. Rima, iie, 284p., 2003.
- [60] U.S. EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Toxicological review of phenol.** 2002. Disponível em: <http://www.epa.gov/iriswebp/iris/toxreviews/0088-tr.pdf>.

- [61] VAN SCHIE, P. M.; YOUNG, L. Y. **Biodegradation of phenol: mechanisms and applications.** Bioremediation Journal, v. 4, n. 1, p. 1 - 18, 2000.
- [62] VAN SCHIE, P. M.; YOUNG, L. Y. **Isolation and characterization of phenol-degrading denitrifying bacteria.** Applied and Environmental Microbiology, v. 64, n. 7, p. 2432 - 2438, 1998.
- [63] VILLELA, S. W. & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- [64] VILLIERS M. de. **Água.** 1 ed. Editora Ediouro, 2002. 457p.
- [65] VIVACQUA, M. C. R. **Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano.** Revisão Visando o Uso Local. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 185p., 2005.
- [66] VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2ª edição. Belo Horizonte: Depto. de Eng^o. Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.
- [67] WHO. **World Health Organization.** Disponível em: <http://www.who.int/inf-pr-2000/en/pr2000-73.html>
- [68] WWF. Brasil. Cadernos de Educação Ambiental: **Água para vida, água para todos:** Livro das Águas - Larissa Costa e Samuel Roiphe Barreto – (coordenação). Brasília, 2006.