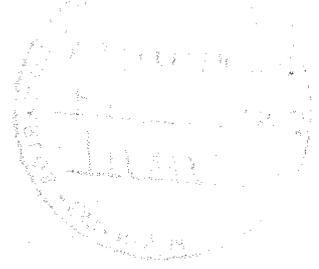


**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS**  
**INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS**



**Cássio Luiz Rufino dos Santos**

**ÁGUA: DISPOSIÇÕES GERAIS**

**M 22**  
**2005**  
**Meio ambiente**

**Juiz de Fora**  
**2005**

U000 238

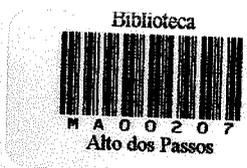
628  
E237  
UNIPAC

**Cássio Luiz Rufino dos Santos**

**ÁGUA: DISPOSIÇÕES GERAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente do Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antonio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de graduação.

Professor: Marconi Moraes



Juiz de Fora  
2005

**CÁSSIO LUIZ RUFINO DOS SANTOS**

**ÁGUA: DISPOSIÇÕES GERAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Meio Ambiente do Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antonio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do Título de Graduação aprovada pelo seguinte orientador:



Professor: Marconi Moraes

Universidade Presidente Antonio Carlos

Juiz de Fora

15/12/2005

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos mestres pelo apoio, dedicação e compreensão durante o tempo do Curso.

Este trabalho é dedicado aos nossos familiares,  
amigos e professores.

“Bem natural cada dia mais escasso, a água já vem sendo vista como o recurso econômico mais valioso do futuro. O que hoje o cidadão comum chora e sofre a sua falta, os megainvestidores aplaudem como o novo ‘ouro’ do mercado.”

COUTINHO

## RESUMO

O trabalho a seguir trata das formas de utilização das águas, a sua importância e através de quais fontes e sobre a atuação de que poluentes elas podem ser contaminadas, além das fontes e das formas como as águas se distribuem no mundo e no Brasil. As consequências da contaminação dos recursos hídricos e a inviabilização do seu uso causa um grande problema ambiental que deve ser enfrentado atuando nas causas e minimizando as consequências. Este trabalho foi desenvolvido através de leitura, pesquisa bibliográfica e síntese de conhecimentos e objetiva explicitar as generalidades deste recurso natural tão importante que é a água.

## FIGURAS

<b>Figura 1: Ciclo hidrológico</b> -----	<b>38</b>
<b>Figura 2: Escoamento subterrâneo</b> -----	<b>39</b>
<b>Figura 3: Distribuição de água na Terra</b> -----	<b>46</b>

## QUADROS

Quadro 1: Valores máximos permissíveis-----	26
Quadro 2: Concentração limiar de odor na água-----	27
Quadro 3: Doenças infecciosas relacionadas com a água-----	28
Quadro 4: Consumo médio diário em litros/hab.dia para áreas rurais de países em desenvolvimento-----	30
Quadro 5: Distribuição de água na Terra-----	46
Quadro 6: período de renovação da água em diferentes reservatórios da Terra-----	47
Quadro 7: Estimativa da quantidade total de instrumentos da rede mundial de monitoramento hidrológico-----	48
Quadro 8: Disponibilidade, uso e distribuição da água no Brasil-----	49
Quadro 9: Disponibilidade de água por estados-----	53
Quadro 10: Disponibilidade hídrica per capita por Estado-----	54
Quadro 11: Situação atual das captações de água doce no Brasil por setor-----	55
Quadro 12: Reservas de águas subterrâneas do Brasil-----	57

## SUMÁRIO

1. INTODUÇÃO	10
2. IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	11
3. PROPRIEDADES DA ÁGUA	13
4. PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA	15
4.1. Densidade	15
4.2. Calor específico	15
4.3. Tensão superficial	16
4.4. Viscosidade	16
4.5. Penetração da luz - (transparência da água)	16
5. PROPRIEDADES QUÍMICAS DA ÁGUA	18
5.1. Gases dissolvidos	18
5.2. Sais minerais	18
5.3. Matéria orgânica	19
5.4. Eutrofização	19
6. USO, CONTROLE E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	20
6.1. Abastecimento Urbano	22
6.2. Abastecimento industrial	22
6.3. Irrigação	22
6.4. Abastecimento	22
6.5. Agricultura	23
6.6. Geração hidroelétrica	23
6.7. Navegação fluvial	23
6.8. Recreação, lazer e harmonia paisagística	23
6.9. Pesca	24
6.10. Assimilação de esgotos	24
6.11. Usos de preservação	24

<b>7. TIPOS DE USOS</b> -----	<b>25</b>
7.1. Usos consuntivos-----	25
7.2. Usos não consuntivos-----	32
<b>8. POLUIÇÃO DAS ÁGUAS</b> -----	<b>34</b>
8.1. Nos rios-----	34
8.2. Nos mares-----	34
<b>9. CICLO HIDROLÓGICO</b> -----	<b>36</b>
<b>10. CONTROLE DOS RECURSOS HÍDRICOS</b> -----	<b>41</b>
<b>11. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS</b> -----	<b>42</b>
<b>12. RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO MUNDO</b> -----	<b>45</b>
12.1. Recursos hídricos no mundo-----	45
12.2. Recursos hídricos no Brasil-----	45
<b>13. CONCLUSÃO</b> -----	<b>57</b>
<b>14. REFERÊNCIAS</b> -----	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O novo século traz crise de falta de água e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. A abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recursos inesgotável. Pelas contas dos especialistas, 95,1% da água do planeta é salgada, sendo imprópria para consumo humano. Dos 4,9% que sobram, 4,7% estão na forma de geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e somente os 0,147% restantes estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos. Já o jornal Folha de São Paulo (1999) e Nogueira (1999), ressaltam que 97,5% da água disponível na terra é salgada e esta em oceanos e mares, 2,493% é doce mas se encontra em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e somente 0,007% é doce encontrada em rios, lagos e na atmosfera, de fácil acesso para o consumo humano.

A idéia de que o Brasil, pode afogar sua população com uma média anual de 36000 M3 de água por habitante, é uma falsa impressão. A começar pelo fato de que 80% dessa água está na Amazônia, onde vivem apenas 5% de nossa população brasileira. Já o nordeste, com quase 1/3 de nossa população, tem apenas 3,3% das disponibilidades hídricas do país.

O quadro abaixo, mostra que a evolução do homem levou a um maior consumo *per capita* de água. Segundo FREITAS, (1998) o volume de água em l/dia utilizado pelo homem através dos tempos é o seguinte:

- 100 anos a.c - 12 l/dia
- Romano - 20 l/dia
- Séc XIX (cidades pequenas) - 40 l/dia
- Séc XIX (cidades grandes) - 60 l/dia
- Séc XX - 80 l/dia

Atualmente 29 países não possuem água doce para toda a população. Em 2025, segundo a ONU, serão 48 países e 2050 cerca de 50 países sem água em quantidade suficiente para toda a população. Enquanto em Nova York, o consumo atinge cerca de 2000 litros/habitantes/dia, na África, a média do continente é de 15 litros/habitantes/dia.

## 2. IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

Uma pessoa pode ficar sem comer por mais de um mês, se puder beber água. Sem água, viverá somente alguns dias. Isso acontece porque a maior parte de nosso corpo é constituída de água. Em cada 100 partes do nosso corpo, 65 são de água. Em porcentagem, temos 65% de água e 35% de matéria sólida. (FREITAS, 1998)

Estamos sempre perdendo água. Para fazer qualquer coisa, nosso organismo gasta água. Perdemos água quando urinamos, suamos e etc. Porém, essa água eliminada tem que ser repostada no corpo.

Conseguimos água bebendo-a junto com sucos e alimentos em geral, que tem quantidades diferentes de água.

Não só o homem que precisa de água para viver. Todos os seres vivos dependem dela. Uns resistem mais à falta de água, outros menos.

Certas regiões do nordeste do Brasil ficam muito tempo sem chuvas. Quando isso acontece, as plantas morrem. Sem plantas para comer e sem água para beber, os animais também morrem. Mas há outros seres vivos que dependem muito mais da água. Além de usarem como todos os outros, também vivem mergulhados nela. São os organismos aquáticos, como golfinhos, peixes e algas.

A água não serve só para beber, precisamos dela também para cozinhar, lavar, tomar banho e ou fazer qualquer tipo de limpeza.

A água é importante para o transporte fluvial ou marítimo, para atividades de lazer, como a natação e etc. A água é também usada em indústria, para limpeza das instalações e dos equipamentos e na fabricação de seus produtos. Nas usinas hidrelétricas, a água é representada num nível mais elevado. Ao cair, sua força movimenta uma turbina. Nesse trabalho, a energia elétrica é gerada.

A água cobre a maior parte da superfície terrestre. Olhando-se para uma representação geral do nosso planeta, como um mapa-múndi, verificamos que a maior parte é pintada de azul. Esse azul representa a água dos mares e oceanos. Três quartos da superfície da terra estão cobertos de água; apenas um quarto não está.

Além da água do mar, há também a dos rios, lagos, lençóis subterrâneos e a água congelada das regiões polares e dos picos das montanhas. Também existe água no mar, mas não podemos vê-la, porque ela está em vapor. As nuvens e a neblina são formadas por gotinhas de água.

Também existe água no solo. Quando perfuramos o solo, quase sempre encontramos água. Isso porque nas regiões mais profundas existem grandes reservatórios de água; são os lençóis de água. Quando eles acham um caminho para subir à superfície, forma-se uma fonte.

A terra é constituída por camadas permeáveis, que deixem a água passar, e camadas impermeáveis, que não deixam. A água da chuva cai e penetra na terra até encontrar uma camada impermeável. Como não consegue passar por essa camada, a água se junta sobre ela e forma um lençol de água subterrâneo.

### 3. PROPRIEDADES DA ÁGUA

A água apresenta uma série de características próprias, ou seja, uma série de propriedades. Antes de estudarmos as propriedades da água, vamos saber do que ela é constituída. Uma das maneiras de se verificar a constituição de alguma coisa é decompô-la, isto é, separa-la em seus componentes.

A água não tem cheiro, isto é, é inodora; não tem gosto, ou seja, é implícita, e também não tem cor, é incolor.

Colocando-se um pouco de açúcar num copo de água e misturando-se bem, ele se dissolverá completamente. Assim como o açúcar, muitas outras substâncias sólidas, líquidas e gasosas se dissolvem na água. É o caso, por exemplo, do vinho, do ar, do gás carbônico e etc. A água dissolve muitas substâncias, por isso, é conhecida como solvente universal.

Quando a água esfria, diminui de volume, isto é, contrai-se. Quando aquecida, aumenta de volume, isto é, dilata-se.

Os vasos comunicantes são vários recipientes que têm ligação entre si. Se colocarmos água num recipiente, veremos que ela vai passando de um para outro e, no fim, todos ficam com a mesma altura de água. O nível do recipiente mais alto tende a descer, e os níveis dos mais baixos tendem a subir. eles podem até transbordar. É por essa razão que a caixa-da-água fica no ponto mais alto de uma cidade. Ela é colocada no ponto mais alto porque o sistema de distribuição de água obedece ao sistema de vasos comunicantes. Isto é, a água de uma casa está ligada à de seus vizinhos.

Por que os corpos bóiam?

- A primeira pessoa a se preocupar cientificamente com esse fato foi Arquimedes, um cientista grego que viveu entre 287 e 212 a.c

- Já fazia algum tempo que Arquimedes andava curioso com o fato de os corpos flutuarem. Certo dia, tomando banho de imersão, ele percebeu que, na verdade, era a água que empurrava seu corpo para cima.

- Ele tomava a sua descoberta da seguinte maneira; usou objetos de diferentes materiais e mesmo tamanho e verificou que tinham pesos diferentes. Colocou tais objetos, um de cada vez, num recipiente cheio de água até a borda, recolhendo a água que transbordava. Ao pesar a água transbordada, verificou que quando o objeto afundava, a água por ele deslocada pesava menos que o próprio objeto. Quando o objeto flutuava, a água deslocada pesava mais do que o próprio objeto. (FREITAS, 1998)

O que Arquimedes descobriu pode ser resumido assim: todo corpo mergulhado na água sofre um empuxo, isto é, um empurrão de baixo para cima; essa força é igual ao peso do volume de água deslocado pelo corpo. (FREITAS, 1998)

Um navio não afunda porque sua forma faz com que ele sofra um grande empuxo. Esse empuxo o mantém na superfície. Já os submarinos têm reservatórios especiais que podem ser preenchidos com água, ou esvaziado. Quando cheio da água, o submarino fica mais denso que a água e desça. Para vir à tona, o tanque é esvaziado utilizando-se bombas. Desse modo, o submarino fica menos denso que a água e sobe.

Num prédio de apartamento, a água sai com mais força nas torneiras do primeiro andar do que nas do último. Isso acontece porque a coluna de água, nos canos de andares inferiores, é muito mais alta do que nos andares superiores. Mergulhadores de grandes profundidades precisam de roupas especiais. São roupas muito resistentes, pois quanto maior a profundidade, maior a pressão que a água exerce sobre o mergulhador. Se ele não estiver protegido, seu organismo sofrerá muitos problemas. (FREITAS, 1998)

Quando fazemos pressão sobre a água, essa pressão é transmitida para todos os pontos do líquido com a mesma intensidade. Quem descobriu isso foi Pascal, físico, filósofo e matemático que viveu de 1623 a 1662. Se tivermos uma garrafa com duas rolhas e enchermos essa garrafa de água e batermos com um martelo numa das rolhas, a outra se saltará. Isso acontece porque a pressão que exercemos na primeira rolha se transmite para toda a água, chegando à segunda rolha. O mesmo acontece com os demais líquidos. Essa propriedade dos líquidos é utilizada nos elevadores de carros dos postos de gasolina. (FREITAS, 1998)

Como qualquer substância que existe, a água é formada por pequeníssimas partículas chamadas átomos. Os átomos costumam agrupar-se, formando outras partículas chamadas Moléculas. Tanto os átomos como as moléculas são invisíveis.

A molécula de água pode ser representada pela sua fórmula;  $H_2O$ . A fórmula da água mostra que sua molécula é formada por dois átomos de hidrogênio ( $H_2$ ) e um átomo de oxigênio (O).

## 4. PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA

### 4.1. Densidade:

- vegetais e animais submersos apresentam estruturas menos rígidas em comparação com aquelas existentes em organismos do ambiente terrestre;
- plantas aquáticas não emergentes se mantêm apoiadas no próprio meio;
- animais pesados, com carapaças sólidas, perdem completamente a mobilidade fora da água;
- densidade juntamente com a capacidade de dissolver compostos orgânicos e inorgânicos faz surgir um complexo ecossistema em suspensão denominado PLANCTON (inúmeras espécies de animais e vegetais a maioria sem mobilidade), caracterizado por relações trópicas (permuta de energia e matéria NUTRIÇÃO).
- O Fenômeno de Estratificação; ocorre devido às diferenças de temperatura (densidade), entre a superfície e o fundo do lago especialmente em épocas quentes do ano. não há misturamento vertical entre as camadas (heterogeneidade térmica), {consequência; diferentes densidades, temperaturas e teores de oxigênio}, formação de diferentes ambientes entre as camadas distribuição diferenciada de animais e vegetais.
- as gradientes de densidades em altas temperaturas são muito maiores que em baixas temperaturas.

### 4.2. Calor específico:

- é a resistência oferecida pela água às variações de temperaturas;
- calor específico da água é de  $1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} = 2095 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$  (muito elevado); isso significa que variações de temperatura da água requerem grandes quantidades de absorção/liberação de energia do/para o ambiente; (FELDMAN, 1992)
- a amenidade do clima no planeta também é devida ao alto calor específico da água em regiões temperadas, enquanto as águas dos lagos variam de 0 grau c a 22 grau c (temperatura superficiais de um lago entre o inverno e verão) as temperaturas dos ecossistemas terrestre podem variar entre -40 grau c e +40 grau c;
- lançamentos de efluentes derivados de processos de refrigeração industriais

causam grandes desequilíbrios e impactos sobre organismos aquáticos.

#### **4.3. Tensão superficial:**

- é o fenômeno que se verifica na superfície de separação de dois fluidos não miscíveis (ar-água), a qual se comporta como se estivesse num estado de tensão uniforme dando a impressão de haver uma película que suporta pequenas cargas;
- é função da natureza dos fluidos em contato e da temperatura (diminui com o aumento da temperatura e com a quantidade de substâncias orgânicas dissolvidas).
- os organismos aquáticos dependem desta película para caminharem sobre as águas;
- certos organismos dependem desta película para a própria respiração;
- aves aquáticas flutuam na água apoiadas na película de tensão superficial;
- detergentes reduzem a resistência da película de tensão superficial impossibilitando a sobrevivência de organismos que dela dependem.

#### **4.4. Viscosidade:**

- é a capacidade da água em oferecer resistência ao movimento dos organismos e partículas nela presentes. Muitos organismos utilizam-se desta resistência para manterem-se próximos à superfície da água;
- é função da temperatura : quanto maior a temperatura, menor a viscosidade;
- despejos térmicos de processos industriais alteram a viscosidade local da água.

#### **4.5. Penetração da luz - (transparência da água):**

- a água é pouco permeável à passagem da luz;
- penetração da luz é função do comprimento de onda incidente (Energia), da cor e da turbidez da água. Os raios solares mais energéticos seguem até profundidades maiores. Os menos energéticos são absorvidos nas camadas superficiais. Diferentes tipos de organismos absorvem diferentes comprimentos de onda, tornando o fenômeno responsável também pela estratificação biológica;
- a penetração da cor é função da luz, e turbidez da água.

- avaliação da transparência é feita com DISCO DE SECHI, um disco de 20 a 30cm de diâmetro dividido em quatro setores de cores preta e branca. A profundidade a partir da qual não mais é possível visualiza-lo é denominada profundidade SECHI. Ela indica que 95% da luz que penetra no corpo hídrico já se extinguiu. Admite-se que a zona EUFOTICA, isto é, a zona de luz onde a fotossíntese é possível corresponde a TRÊS VEZES A PROFUNDIDADE SECHI. (FELDMAN, 1992)

## 5. PROPRIEDADES QUÍMICAS DA ÁGUA

### 5.1. Gases dissolvidos:

- concentração de gases dissolvidas é função da temperatura, da pressão atmosférica;
- fontes de OD; ar atmosférico, F (temperatura, pressão, turbulência, pressão turbulência) atividades fotossintética de vegetais aquáticos;
- o carbono inorgânico é encontrado na água na forma dissolvida de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , ou de carbonatos e bicarbonatos de metais alcalinos e alcalinos terrosos;
- fontes de  $\text{CO}_2$ ; atmosfera, chuva, águas subterrâneas, decomposição e respiração de organismos;
- as atividades metabólicas dos organismos heterótrofos bem como os processos de decomposição de matéria orgânica incorporam gás carbônico a água, havendo conseqüentemente a formação de  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;
- é uma dinâmica complexa que tende a manter o pH do meio estável.

### 5.2. Sais minerais:

- origem físico-químico de rochas e terrenos que compõe a bacia de drenagem do curso da água;
- decomposição de resíduos animais e vegetais da bacia de drenagem;
- ação do homem; aporte de elemento fertilizantes da bacia de drenagem através das chuvas, decomposição de resíduos orgânicos e de atividades pecuárias, esgotos domésticos;
- principais íons formadores de sais; {cátions > cálcio, magnésio, sódio e potássio};
- {ânions > bicarbonatos, cloretos e sulfetos} CONDUTIVIDADE ELÉTRICA de uma solução é função da concentração de íons presentes;
- informações acerca das concentrações de íons ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{CO}_3^-$ , etc);
- variação diária da condutividade fornece informações acerca da produtividade primária e decomposição;
- auxilia na detecção de fontes de poluição nos ecossistemas aquáticos.

### 5.3. Matéria orgânica:

- proveniente da atividade fotossintética dentro do ambiente aquático (algas / vegetais em geral é denominada ENDÓGENA OU AUTÓCONE) (FELDMAN, 1992)
- proveniente dos solos da bacia de drenagem, folhas, restos de animais além de intervenção humana.

### 5.4. Eutrofização:

- processo de desequilíbrio entre produção, consumo e decomposição de matéria orgânica devido ao aporte de nutrientes inorgânicos (N e P). É um processo natural que pode ser acelerado devido às atividades antropogênicas.
- origem de N e P (produtos de higiene e limpeza, excrementos humanos e de animais; fertilizantes agrícolas; efluentes industriais; precipitação pluviométrica em regiões com elevado índice de poluição atmosférica).
- é o processo de fertilização dos ecossistemas aquáticos (aumento da produção devido à elevação de elementos que constituem fatores limitantes). O lançamento de esgotos, resíduos industriais, fertilizantes, erosão do solo aceleram o processo podendo atingir o que é denominado de HIPEREUTROFIZAÇÃO com todas as conseqüências citadas anteriormente.

## 6. USO, CONTROLE E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS:

A quantidade e a natureza dos constituintes presentes na água variam principalmente conforme a natureza do solo de onde são originárias, das condições climáticas e do grau de poluição que lhes é conferido, especialmente pelos despejos municipais e industriais. Uma análise completa de uma água natural indicaria a presença de mais de cinquenta constituintes nela dissolvidos ou em suspensão. Esses elementos, em geral, são sólidos dissolvidos ionizados, gases, compostos orgânicos, matéria em suspensão, incluindo microorganismo e materiais coloidal.

Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações em sua qualidade. Isso ocorre nas condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do sistema de meio ambiente, quando os recursos hídricos são influenciados devido ao uso para suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo, urbano e rural. Os recursos hídricos têm capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração. Entretanto, essa capacidade é limitada em face da quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes.

O tratamento prévio de esgotos urbanos e industriais é fundamental para a conservação dos recursos em padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização para os mais diversos fins. As águas subterrâneas, embora mais protegidas da poluição, podem ser seriamente comprometidas, pois sua recuperação é mais lenta. Há substâncias que não se autodepuram e causam poluição cumulativas das águas, com sérios riscos ao homem, à fauna e à flora, quando não tratadas e lançadas nos rios, lagos e mesmo no solo.

A água pode servir, ainda, de veículo para a transmissão de doenças, principalmente quando recebe lançamento de esgotos sanitários não tratados, constituindo sério risco à saúde pública. O lançamento de resíduos e detritos é fator de poluição e obstrução dos corpos de água. A erosão do solo urbano e rural e o assoreamento dos cursos de água são fatos extremamente danosos.

Essencial à vida, a água constitui elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo, ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. Trata-se de bem precioso, de valor inestimável, que deve ser, a qualquer custo, conservado e protegido. Presta-se para múltiplos usos;

- geração de energia elétrica;
- abastecimento doméstico e industrial;

- irrigação de culturas agrícolas;
- navegação;
- recreação;
- aquicultura;
- piscicultura;
- pesca;
- também assimilação e afastamento de esgotos.

Quando há abundância de água, ela pode ser tratada como bem livre, sem valor econômico. Com o crescimento da demanda, começam a surgir conflitos entre usos e usuários da água, a qual passa a ser escassa e, então, precisa ser gerida como bem econômica, devendo, devendo ser-lhe atribuído o justo valor. Essa escassez também pode decorrer devido aspectos qualitativos, quando a poluição afeta de tal forma a qualidade da água que os valores excedem os padrões admissíveis para determinados usos.

Os setores usuários das águas são os mais diversos, com aplicação para inúmeros fins. A utilização pode ter caráter consultivo, ocorrendo quando a água é captada do seu curso natural e somente parte dela retorna ao curso normal do rio, ou não consultivo, onde toda a água captada retorna ao curso da água de origem. Cada uso da água deve ter normas próprias, mas são necessárias normas gerais que regulamentem as suas inter-relações e estabeleçam prioridades e regras para a solução dos conflitos entre os usuários.

O esquema a seguir, apresenta uma classificação sistemática dos usos da água, explicitando algumas características:

- existências ou não de derivação de águas do seu curso natural;
- a finalidade e os tipos de uso;
- as perdas por uso consultivo da água;
- os requisitos de qualidade exigidos para cada uso, e;
- os efeitos da utilização, especialmente as alterações de qualidade.

OBS: situação específica ocorre quando da reversão de águas de bacias hidrográficas. Para a bacia da qual é captada a água, tudo se passa como se o uso consultivo fosse de 100%, enquanto a bacia que recebe as águas revertidas tem acréscimos artificial do seu potencial hídrico. (LIMA, 1999)

### 6.1. Abastecimento Urbano

- forma; com derivação de águas.
- tipos de uso; abastecimento doméstico, industrial, comercial e público.
- uso consultivo; baixo, de 10% sem contar as perdas nas redes.
- requisitos de qualidade; altos e médios, influenciando no custo do tratamento.
- efeitos na água; poluição orgânica e bacteriológica.

### 6.2. Abastecimento industrial

- forma; com derivação de águas.
- tipos de uso; sanitário, de processo, incorporação ao produto, refrigeração e geração de vapor.
- uso consultivo; médio, de 20%, variando com o tipo de uso e de indústrias.
- requisitos de qualidade; médios, variando com o tipo de uso.
- efeitos nas águas; poluição orgânica, substâncias tóxicas, elevação de temperatura.

### 6.3. Irrigação

- forma; com derivação de águas.
- tipos de uso; irrigação artificial de culturas agrícolas segundo diversos métodos.
- uso consultivo; alto, de 90%.
- requisitos de qualidade; médios, dependendo do tipo de cultura.
- efeitos nas águas; carreamento de agrotóxicos e fertilizantes.

### 6.4. Abastecimento

- forma; com derivação de águas.
- tipos de uso; doméstico ou para dessedentação de animais.
- uso consuntivo; baixo, de 10%.
- requisitos de qualidade; médios.
- efeitos nas águas; alterações na qualidade com efeitos difusos.

### 6.9. Pesca

- forma; sem derivação de águas.
- tipos de usos; com fins comerciais de espécies naturais ou introduzidas através de estações de piscicultura.
- uso consultivo; não há.
- requisitos de qualidade; altos, nos corpos de água, correntes, lagos, ou reservatórios artificiais.
- efeitos nas águas; alterações na qualidade após mortandade de peixes.

### 6.10. Assimilação de esgotos

- forma; sem derivação de águas.
- tipos de uso; diluição, autodepuração e transporte de esgotos urbanos e industriais.
- uso consultivo; não há.
- requisitos de qualidade; não há.
- efeitos nas águas; poluição orgânica, física, química e bacteriológica.

### 6.11. Usos de preservação

- forma; sem derivação de águas.
- tipos de uso; vazões para assegurar o equilíbrio ecológico.
- uso consultivo; não há.
- requisitos de qualidade; médios.
- efeitos nas águas; melhoria da qualidade da água.

## 7. TIPOS DE USO

### 7.1. Usos consuntivos

#### a) Abastecimento doméstico;

Todos os usos gerados em cidades, vilas e pequenos núcleos urbanos, para fins de abastecimento doméstico, comercial, público e industrial, são considerados usos urbanos. A demanda urbana de água é constituída pela demanda doméstica, acrescida de outras, praticamente inseparáveis desta, visto que referem-se às atividades que dão origem ao núcleo urbano, indústria, comércio, prestação de serviços públicos e privados.

A demanda de águas urbanas são definidas mediante determinação da população abastecida e adoção de quotas de consumo de água per capita. A população deve ser estimada por estudos demográficos, enquanto a quota per capita é função dos níveis dos níveis de desenvolvimento previsto e das condições desejáveis. Em geral, os consumos específicos de água crescem com o melhoramento do nível de vida e com o desenvolvimento do núcleo urbano. Quanto maior o tamanho, maiores são as demandas industriais e comerciais de uma localidade. Outros fatores sociais, econômicos, climáticos e técnicos poderão influir nesses consumos específicos. (LANNA, 1996)

O abastecimento doméstico da área rural é pouco significativo por serem as demandas dispersas e de pequena monta. Para o cálculo do volume demandado, basta adotar a população favorecida com o abastecimento de água e as respectivas quotas per capita, em geral, bem menores do que as dos núcleos urbanos, devido às diferenças de estilo de vida e padrões de consumo. Outros usos, como a dessedentação de animais, poderão ser de importância em regiões semi-árida, embora bem menores do que as demandas para irrigação.

O quadro 1, apresenta os valores máximos permissíveis (VMP) das características físicas, organolépticas e química dos parâmetros de qualidade da água potável.

Quadro 1: Valores máximos permissíveis

Características	VMP
I - Físicas e Organolépticas: Cor aparente Odor Sabor Turbidez	5 mg Pt/Co Não objetável Não objetável 1 NTU
II - Químicas: a) Componentes Inorgânicos que Afetam a Saúde Arsênio Bário Cádmio Chumbo Cianetos Cromo Total Mercúrio Nitratos Prata Selênio	0,05 1,0 0,005 0,05 0,1 0,05 0,001 10 0,05 0,01
b) Componentes Orgânicos que Afetam a Saúde Aldrin e Dieldrin Benzeno Benzo-a-pireno Clordano (Total de isômeros) DDT (p-p' DDT; o-p' DDT; p-p' DDE; o-p' DDE) Endrin Heptacloro e Heptacloro epóxido Hexaclorobenzeno Lindano (Gama HCH) Metoxicloro Pentaclorofenol Tetracloroeto de Carbono Tetracloroeteno Toxafeno Tricloroeteno Trihalometanos 1,1 Dicloroeteno 1,2 Dicloroetano 2,4,6 Triclorofenol	0,03 10 0,01 0,3 1 0,2 0,1 0,01 3 30 10 3 10 5,0 30 100 0,3 10 10
c) Componentes que Afetam a Qualidade Organoléptica: Alumínio Agentes Tensioativos (Reagentes ao azul de metileno) Cloretos Cobre Dureza Total Ferro Total Manganês Sólidos Totais Dissolvidos Sulfatos Zinco	0,2 0,2 250 1,0 500 0,3 0,1 1000 400 5

Fonte: (LANNA, A.E.L. *Gestão de águas*. IPH, Porto Alegre, 1996.)

Outras recomendações sobre a qualidade das águas para consumo humano;

- pH deverá ficar situado no intervalo de 6,5 a 8,5;
- a concentração mínima de cloro residual livre, em qualquer ponto de rede de distribuição, deverá ser de 0,2 mg/l;
- a água de abastecimento não deverá apresentar nenhuma das substâncias relacionadas no quadro LL em teores que lhe confirmam odor característicos;
- recomenda-se a realização de análise pelo método da atividade antocolinesterásica para verificação da presença de carbanatos e fosforados nas águas de abastecimento público (limite do método = 10 m/l). (LANNA, 1996)

Quadro 2: Concentração limiar de odor na água

Substância	Concentração Limiar de odor
Clorobenzenos	0,1 a 3 $\mu$ /L
Clorofenóis e Fenóis	0,1 $\mu$ /L
Sulfetos de Hidrogênio (não ionizável)	0,025 a 0,25 $\mu$ /L

Fonte: (LANNA, A.E.L. **Gestão de águas**. IPH, Porto Alegre, 1996.)

As doenças relacionadas à água e que afetam a saúde do homem são muito comuns nas áreas rurais dos países em desenvolvimento. A incidência dessas doenças depende do clima, da geografia, da cultura, dos hábitos sanitários e, certamente, da quantidade e qualidade da água utilizada no abastecimento local, além dos métodos de tratamento e deposição de seus dejetos.

As mudanças que ocorrem nos sistema de abastecimento de água podem afetar diversos grupos de doenças, de diferentes modos: um grupo pode depender das alterações na qualidade da água, outro da disponibilidade de água, e outro, dos efeitos indiretos da água estagnada. Por exemplo, a instalação de um sistema de abastecimento de água potável em uma dada comunidade tropical pode proteger as pessoas de doenças como cólera, esquistossomose, doenças de pele e diarreias resultantes da falta de higiene pessoal, e de febres disseminadas por mosquitos que tenham a água parada como seu habitat.

Algumas das importantes doenças infecciosas relacionadas com a água estão resumidas no quadro 3, elas são agrupadas em cinco categorias gerais que ajudam a prever os prováveis efeitos das mudanças verificadas no abastecimento de água para a saúde do homem. É de se notar que esses grupos não são necessariamente mutuamente exclusivos e que não foi possível delimitar com precisão em qual das duas primeiras categorias vários tipos de diarreia melhor se encaixaria. Dos cinco grupos, quatro são diretamente relacionados à água, ao passo que o quinto é determinado, principalmente, pela adequação da disposição de dejetos.

Na apresentação desse quadro, observa-se o grande número de doenças vinculadas aos recursos hídricos e, conseqüentemente, a importância de a água potável estar sempre disponível para a população.

De acordo com o quadro 3, podemos observar a relação de doenças relacionadas a deficiência do abastecimento de água ou na disposição de dejetos.

Quadro 3: Doenças infecciosas relacionadas com a água

Grupo	Doenças	Via de saída do corpo humano	Via de entrada no corpo humano
Doenças transmitidas pela água	Cólera	F	O
	Febre Tifóide	F,U	O
	Leptospirose	U,F	P,O
	Giardíase	F	O
	Amebíase	F	O
	Hepatite infecciosa	F	O
Doenças controladas pela limpeza com água	Escabiose	C	C
	Sepsia dérmica		
	Bouba	C	C
	Lepra	C	C
	Piolhos e tifo	N(?)	?
	Tracoma	B	B
	Conjuntivite	C	C
	Disenteria bacilar	C	C
	Salmonelose	F	O
	Diarréias por enterovirus	F	O
	Febre paratifóide		
	Ascariíase	F	O
	Tricurose	F	O
Enterobiose	F	O	
Ancilostomose	F	O	
Doenças associadas à água	Esquistossomose	U	P
	Urinária		
	Esquistossomose retal	F	P
	Dracunculose	C	O
Doenças cujos fatores se relacionam com a água	Febre amarela	B	B mosquito
	Dengue e febre hemorrágica por dengue	B	B mosquito
	Febre do oeste do Nilo e do Vale do Rift	B	
	Encefalite por arbovirus		B mosquito
	Filiarose Bancroft	B	
		B	B mosquito
Doenças cujos vetores se relacionam com a água	Malária	B	B mosquito
	Ancorercose	B	B mosca simuliium
	Doenças do sono	B	B Tsé - Tsé
Doenças relacionadas ao destino de dejetos	Necatoriose	F	P
	Clonorquíase	F	Peixe
	Difilobotríase	F	Peixe
	Fasciolose	F	Planta Comestível
	Paragonimíase	F,S	Camarão-de-água doce

F = fezes; O = oral; U = urina; P= percutâneo; C = cutâneo; B = picada; N = nariz; S = saliva

Fonte: (FELDMAN, F. *Guia da Ecologia*. Editora Abril. 1992.)

Os grupos do quadro anterior, têm a seguinte origem:

a) Doenças transmitidas pela água; A água atua somente como um veículo passivo para o agente infeccioso. Todas essas doenças dependem também das precárias condições da disposição de dejetos.

b) Doenças controladas pela limpeza com água; A falta de água e higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para a sua disseminação. As infecções intestinais

neste grupo resultam também da falta de disposições adequada de dejetos.

c) Doenças associadas à água; Parte necessária do ciclo de vida do agente infeccioso se passa num animal aquático. Algumas são também afetadas pela disposição de dejetos. Não incluímos aqui as infecções que não tenham sido propagadas pelo contato da água ou por sua ingestão.

d) Doenças cujos vetores se relacionam com a água; As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela. O encanamento nas casas faria com que as pessoas se afastassem das áreas onde são picadas ou permitiria que elas dispensassem o uso de potes para a armazenagem de água, onde os insetos proliferam. Não são afetadas pela disposição de dejetos.

e) Doenças associadas ao destino de dejetos e muito pouco afetadas pela água mais diretamente; Estas continuam o extremo de um espectro de doenças, na maioria controladas pela limpeza com a água, juntamente com um grupo de infecções do tipo associadas a água, que podem ser transmitidas somente através da ingestão de peixes ou de outros organismos aquáticos.

Os hábitos de uso de água aliados à tradição, cultura, e a falta de conhecimento determinam, em grande parte, a magnitude dos benefícios relativos à saúde que uma população pode obter a partir de investimentos em abastecimento público de água. Quando um sistema de abastecimento de água é introduzido numa comunidade, os hábitos dos moradores podem ser modificados por um programa de educação e demonstração do uso racional da água. Por exemplo, é razoável supor que as formas de uso de água de uma acessível e confiável. Embora as melhorias na saúde possam não ser notadas de imediato, a médio prazo os benefícios serão evidentes.

Um programa de duração sanitária ambiental e de uso racional da água poderia aumentar os benefícios resultantes de melhorias no sistema de abastecimento de água e de tratamento de dejetos. Em contrapartida, a população deve estar disposta a pagar tarifas de água mais elevadas, de forma a reduzir a necessidade de subsídios e assegurar a melhor operação e manutenção dos seus sistemas de abastecimento. (FELDMAN, 1992)

Por outro lado, os programas de educação são complexos e, dependendo do seu modelo e aceitação, podem não exercer um impacto significativo sobre a comunidade. Como qualquer outra forma de investimento nessa área, antes que um programa de educação seja iniciado, seus custos e benefícios deverão ser examinados. Embora um programa de educação sanitária possa ser o meio mais eficaz, em termos de custo, para reduzir as doenças associadas à água, sua eficiência é de difícil comprovação a curto prazo. Há alguma evidência, contudo,

da importância do fator tempo em combinação com um programa de educação sanitária. Em Santa Lúcia, no Caribe, por exemplo, cerca de 3 anos depois da provisão de água de vários sistemas de abastecimento de água para uma população rural de aproximadamente 2000 pessoas, o consumo de água cresceu de 15 para 40 a 50 litros per capita por dia. Esse número inclui o abastecimento de água para lavanderias públicas, chuveiros e torneiras em cada casa. Com o aumento significativo de consumo, os problemas de saúde pública foram reduzidos e a qualidade de vida das pessoas aumentou consideravelmente. (FELDMAN, 1992)

É importante salientar que o montante de investimento necessário para servir uma dada população depende diretamente do uso racional da água, com a redução do desperdício. Se uma população faz uso adequado da água, é possível, presumivelmente, a obtenção de um alto nível de benefícios de saúde com menores custos. Por outro lado, isso implica no atendimento de maior número de pessoas com o mesmo montante de capital investido.

A água é utilizada para muitos fins e há grandes variações na quantidade de água que as pessoas requerem ou podem usar. Em levantamento realizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), foram encontrados os seguintes valores médios de consumo diário, em litro *per capita* por dia (l c d), para as áreas rurais dos países em desenvolvimento das regiões citadas:

Consumo médio diário, em litros/hab.dia(lcd), para áreas rurais de países em desenvolvimento (OMS), demonstrado no gráfico abaixo:

Quadro 4: Consumo médio diário em litros/hab.dia para áreas rurais de países em desenvolvimento

Região da OMS	Mínimo	Máximo
África	15	35
Sudeste da Ásia	30	70
Pacífico Ocidental	30	95
Mediterrâneo Oriental	40	85
Argélia, Marrocos, Turquia	20	65
América Latina e Caribe	70	190
Média Mundial nos países em desenvolvimento	35	90

Fonte: (LANNA, A.E.L. **Gestão de águas**. IPH, Porto Alegre, 1996)

Os dados encontrados referentes a cada país, individualmente, revelaram que em sete países a utilização foi de aproximadamente 5 lcd, consumo equivalente ao mínimo necessário para manter a vida, demonstrando a situação crítica de algumas regiões.

Na revisão dos estudos da saúde, concluiu-se que, de um modo geral, diante de situações menos favorecidas, à medida que os níveis de consumo de água aumentam, os benefícios tornam-se mais evidentes. Entretanto, casos específicos podem contradizer essa generalização.

A seguir são apresentados alguns casos em que a implementação de um sistema de abastecimento de água encanada pode não obter os benefícios esperados:

- Quando a água encanada é utilizada para outros fins, que não o de consumo humano, como por exemplo, para limpeza, irrigação e outros. Isso pode ocorrer devido à preferência da população pelo sabor da água contaminada ao da água de poço, que pode possuir um alto teor de minerais;
- A água encanada é usada para beber e os hábitos pessoais de higiene não permitem as melhorias esperadas e;
- A água encanada é transportada da torneira pública até as casas, porém é armazenada em latas ou jarras abertas, sendo contaminadas antes de seu consumo.

#### **b) Abastecimento Industrial**

Há vários tipos de uso da água nos processos industriais, como refrigeração e geração de vapor, incorporação aos produtos, higiene e limpeza.

As demandas industriais dependem de coeficientes de uso e de perdas de cada tipo, de cada ramo industrial e, ainda, da tecnologia adotada.

Para fins de determinação da demanda de água, há dois grupos de indústrias, um altamente consumidor de água e outro de pequenas demandas, em geral abastecidas por redes públicas ou poços profundos. Devem ser lembradas as usinas termoeletricas e nucleares.

#### **c) Irrigação**

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada de forma a complementar a necessidade de água, naturalmente promovida pela precipitação, proporcionando teor de umidade ao solo suficiente para o crescimento das plantas.

É o uso da água de maior consumo, demandando cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional com o mínimo de desperdício. Quando utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente tanto a qualidade dos solos quanto a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (fertilizantes, corretivos e agrotóxicos). (LIMA, 1999)

## **7.2. Usos não consultivos**

### **a) Geração de energia elétrica**

O ciclo hidrológico propicia a elevação da água das costas mais baixas para as maiores altitudes e, em sua descida, ela apresenta potencial energético. Como trata-se de um ciclo, adquire caráter renovável.

O homem dominou a tecnologia de aproveitamento desse potencial hidrelétrico que, em alguns países, é a opção mais econômica e de menor efeito sobre o meio ambiente para a geração de energia.

O potencial hidrelétrico é produto das vazões e das quedas de água, e, como decorrência, tem o mesmo caráter aleatório das vazões, sendo essa a principal característica de tal fonte de energia. A disponibilidade de energia hidrelétrica é, portanto, associada a riscos. O aproveitamento da energia hidrelétrica é a principal forma de uso não consuntivo de água. Merecem menção os seguintes aspectos: a construção de barragens de regularização causa alterações no regime dos cursos d'água, perdas por evaporação da água dos reservatórios, principalmente em regiões semi-áridas, e diversas alterações no meio físico.

### **b) Navegação fluvial**

Para que sejam obtidas condições de navegação comercial em rios, faz-se necessário que, durante o maior período possível, exista vazão suficiente no curso d'água para garantir a passagem de embarcações de determinado calado mínimo, viabilizando a utilização comercial da hidrovia. Em condições naturais, normalmente os rios são navegáveis apenas nos períodos de águas altas. Entretanto, através de obras nos canais e da regularização de vazões, essas condições podem ser melhoradas, alargando-se os períodos em que a navegabilidade é assegurada.

A criação de reservatórios pode trazer melhorias à navegabilidade de um dado curso d'água. No entanto, as barragens, caso não sejam planejadas para tal, podem configurar sérios obstáculos à navegação, o que pode ser solucionado com a construção de eclusas de transposição de níveis.

### **c) Recreação e harmonia paisagística**

A água é dos elementos mais importantes na promoção da qualidade de vida, particularmente através de atividades recreativas, esportes náuticos, navegação e pesca recreativas e, simplesmente, lazer contemplativo.

O requisito fundamental para o desenvolvimento dessas atividades é a qualidade de água, a qual deve ser assegurada pela proteção ambiental dos corpos de água, através do combate às fontes poluidoras.

### **d) Pesca**

O desenvolvimento da pesca em reservatórios artificiais pode propiciar excelente fonte de proteína para as populações ribeirinhas.

As demandas de água associadas a esse uso também estão relacionadas aos requisitos de qualidade.

### **e) Diluição, assimilação e transporte de esgoto e resíduos líquidos**

As demandas para a diluição e assimilação de esgotos urbanos, industriais, resíduos das atividades agrícolas e de mineração, e outras atividades poluidoras, irão determinar a capacidade de autodepuração dos rios.

Embora não sendo classificado como consuntivo, esse uso pode resultar em limitações do uso dos corpos de águas para outras atividades devido às restrições quanto aos padrões de qualidade requeridos.

### **f) Preservação**

As características de preservação estão associadas à manutenção de padrões adequados de qualidade e quantidade de água para a conservação da fauna e da flora, além da manutenção dos ambientes propícios às atividades humanas e à preservação da harmonia paisagística.

## 8. POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

### 8.1. Nos rios:

Um grande problema atual é a poluição dos rios. Quando esgoto sem tratamento é lançado num rio, os dejetos servem de alimento para certas bactérias que ali vivem, facilitando sua multiplicação. Essas bactérias, para respirar, consomem uma enorme quantidade do oxigênio dissolvido na água. Como consequência, o oxigênio fica insuficiente para os peixes respirarem e eles morrem.

Quando um rio está tão poluído que não tem mais peixes ou plantas, dizemos que é um rio morto. Também se pode matar um rio jogando na água substâncias tóxicas ou água muito quente.

Vamos dar um exemplo: uma indústria se instala perto de um rio e usa sua água para aquecer as caldeiras e depois devolve a água quente ao rio. Com o aquecimento da água, o gás carbônico que estava dissolvido nela diminui. Diminuindo o gás carbônico, muitas plantas não podem fazer fotossíntese e morrem. Com menos plantas, há menos oxigênio na água. Com isso, os animais vão também desaparecendo. Essa indústria, aquecendo a água do rio, acaba com a sua vida animal e vegetal.

Os agentes não-biodegradáveis também podem causar a morte de um rio. Eles formam um grande volume de espuma sobre a superfície da água, impedindo a penetração do oxigênio. Com isso, morrem as plantas, os animais e os micróbios que dependem dela para sobreviver. Além disso, o detergente se infiltra no solo e chega aos lençóis de água subterrâneos, de onde muitas vezes vem a água que as pessoas bebem. Essa água poluída pode causar problemas intestinais.

### 8.2. Nos mares:

Outro problema grave é a poluição dos mares.

O oxigênio necessário para renovar a atmosfera é produzido principalmente pelas algas marinhas. Se o mar for poluído a ponto de matar essas algas, o oxigênio da Terra pode diminuir tanto, que a vida se tornará impossível. E é o que vai acontecer, se o homem continuar transformando os mares em enormes lixeiras.

Os resíduos industriais tóxicos, os esgotos sem tratamento, o petróleo e seus

derivados podem matar as algas marinhas. Além de produzirem o oxigênio, elas também podem ser extremamente úteis como futura fonte de alimento para toda a humanidade.

Uma outra consequência da poluição dos mares é a redução da vida animal, com o extermínio de peixes, crustáceos e moluscos que são largamente utilizados como alimento pelo homem.

Tanto os mares como os rios podem estar contaminados com agentes causadores de doenças. A água, principalmente dos rios, pode transmitir agentes de cólera, febre tifóide, hepatite infecciosa, leptospirose e esquistossomose.

## 9. O CICLO HIDRÓLOGICO

A água é o principal componente dos organismos vivos. Seu percentual no peso dos seres varia entre 70 e 90, sendo mais abundante em tecidos jovens do que nos idosos. Uma vez que a quantidade de água apresenta enormes variações de um ponto a outro do planeta e dada sua importância para manutenção da vida, os seres vivos devem apresentar características específicas conforme a umidade e a ocorrência de água em seu habitat. Desse modo, às vezes torna-se mais importante a conservação da água interior que a ingestão de água do exterior. A água pode ser consumida pelos seres por diversos meios, seja ingerindo-a diretamente, seja utilizando a água contida nos alimentos ou ainda pela penetração por meio da pele. A perda de água por sua vez, dar-se basicamente por evapotranspiração, respiração, excreções urinárias e dejeções. (LANNA, 1996)

Os seres vivos que vivem em ambientes muito secos devem desenvolver mecanismos que lhes possibilitem evitar, ao máximo, a desidratação do organismo. Um desses mecanismos é a redução da perda de água, conseguida por meio de alterações fisiológicas e anatômicas como impermeabilização do tegumento, desenvolvimento de órgãos respiratórios internos em substituição às brânquias ou as excreções mais concentradas ou menos sólidas. Outro mecanismo é a utilização da água do metabolismo, proveniente da oxidação de gorduras. Por fim, podemos citar as adaptações ecológicas, visando ao máximo aproveitamento da umidade existente, como por exemplo morar em tocas e cavernas, adquirir hábitos noturnos ou ainda migrar em épocas de estiagem mais acentuada para locais favoráveis. (LANNA, 1996)

Para algumas espécies de insetos, a água ainda surge como fator influente na longevidade, fertilidade e comportamento dos indivíduos. No organismo, as principais funções desempenhadas pela água são de reguladora térmica, mantenedora do equilíbrio osmótico e equilibradora ácido-base, além de ser ativadora das enzimas.

A água é o grande regulador do ambiente. Além de seu alto calor específico (1g cal/g), ela possui elevado calor latente de fusão (80g cal/g) e alto calor latente de vaporização (536g cal/g). Em se tratando de comunidades aquáticas, a água e suas características condicionam totalmente os seres de cada região. Suas propriedades de possuir densidade máxima a 4 °C é de fundamental importância a essas comunidades, pois, com isso, apenas a superfície aquática se congela, tendo assim essas propriedades a função de anteparo protetor. O pH é outro fator de grande importância para as comunidades aquáticas, uma vez que os

peixes suportam viver apenas em águas com pH que varia entre 5 e 9, apresentando produtividade máxima em pH entre 6,5 e 8,5. A movimentação da água também influi nas comunidades aquáticas, permitindo uma maior oxigenação e uniformidade de temperatura. Além de o movimento influir na forma dos corpos, ele induz adaptações ecológicas, como a orientação contra a corrente. (LANNA, 1996)

Outras características que condiciona as espécies aquáticas é a turbidez da água, ou seja, a presença de sólidos em suspensão. Esses sólidos diminuem a incidência luminosa em regiões mais profundas, reduzindo, assim, a produtividade e o teor de oxigênio. As principais adaptações dos peixes habitantes dessas águas são a redução dos olhos, o desenvolvimento dos sentidos do tato e audição, além da liberação de um muco coagulante que precipita os sólidos suspensos em torno do animal.

A presença de água é fundamental para a existência de vida no planeta, uma vez que ela atua como regulador térmico do ambiente, fazendo com que as diferenças de temperatura entre a noite e o dia sejam minimizadas graças a seu alto calor específico. Considera-se água doce aquela cuja concentração de sais minerais está por volta de 0,5 g/l, principalmente cloretos e sulfatos. Água salgada é aquela cuja concentração de sais está acima de 3 g/l, principalmente cloretos e sulfatos. A salinidade é um importante condicionador das espécies aquáticas, uma vez que são raras as espécies que sobrevivem em água doce e salgada, devido, principalmente, às diferentes condições de equilíbrio osmótico existente entre as duas situações. (LANNA, 1996)

Observamos que a maior parte da água doce encontra-se em locais de difícil extração. A água na atmosfera mostra-se em porcentagem ínfima. Porém, devemos ter em mente que, ao longo de um ano, muita água circula na região da ecosfera.

A figura a seguir, apresenta o ciclo hidrológico propriamente dito, no qual os fenômenos básicos são a evaporação e a precipitação. Segundo estimativas feitas, calcula-se a precipitação anual total em 551 KM<sup>2</sup>, sendo 215 Km<sup>2</sup> sobre os continentes e 336 KM<sup>2</sup> sobre os oceanos. Assim, a umidade atmosférica deve ser reposta em média 40 vezes por ano, implicando um tempo de residência dessa umidade de aproximadamente nove dias. Ou seja, a velocidade de troca nesse ciclo é muito grande. Nos oceanos, a evaporação excede a precipitação, e nos continentes ocorrem os opostos. Daí concluímos que boa parte da água de chuva nos continentes provém da evaporação da água dos oceanos. Uma importante exceção é a bacia Amazônica, onde se especula cientificamente que perto de 50 % da precipitação provém da própria bacia. Essa circulação que ocorre com o vapor de água é de fundamental importância para o clima de diversas regiões, uma vez que ela depende a distribuição da

precipitação nas diversas partes do planeta. Assim, os ventos alísios, provenientes de latitudes mais frias em direção ao equador, vão carregando umidade à medida que se deslocam, provocando a precipitação sobre as regiões equatoriais. (LANNA, 1996)

As plantas retiram água do solo por meio de suas raízes e transpiram graças aos estômatos de suas folhas. Para termos uma idéia de quantidade é interessante observar que 0,5 ha de milho transpira dois milhões de litros de água em um ciclo vegetativo. Essa água fica disponível para evaporar. Esse fenômeno ocorre a partir das energias solar e eólica, que aumentam o nível de agitação das moléculas na interface atmosfera-hidrosfera. Esse nível de agitação chega a um ponto em que algumas moléculas escapam do meio aquático na forma de vapor de água, na verdade uma mistura de moléculas gasosas, formadas por água, oxigênio e nitrogênio. À medida que o vapor de água aquecido sobe, ele expande-se, reduzindo sua temperatura. Sabemos que a máxima capacidade de armazenamento de vapor na atmosfera é proporcional à temperatura do ar. Assim, a umidade relativa desse ar úmido vai aumentando à medida que ele sobe.

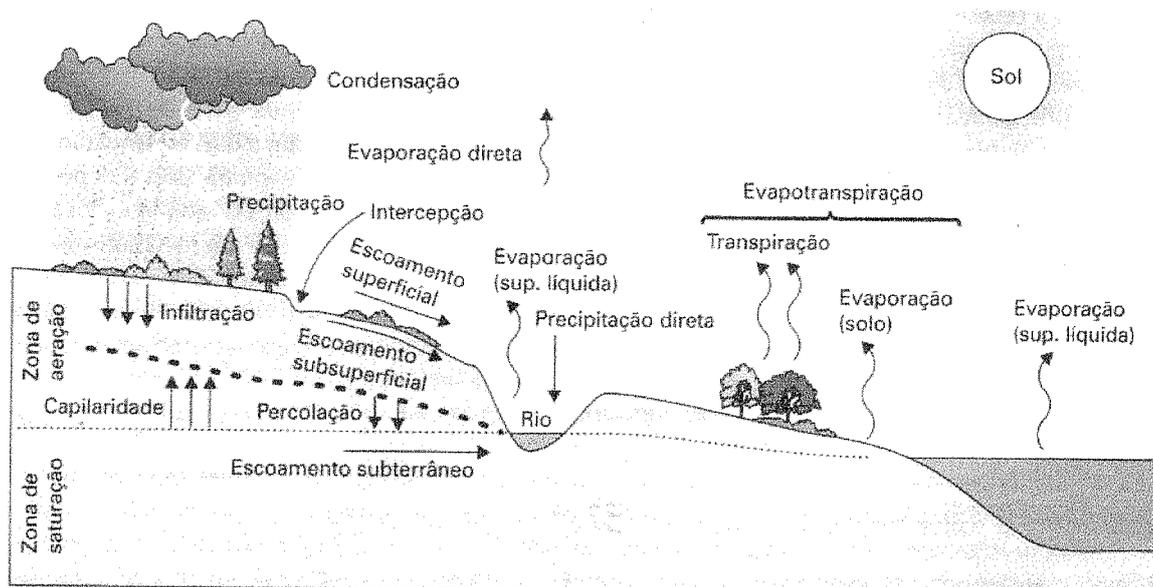


Figura 1: Ciclo hidrológico

Fonte: (LANNA, A.E.L. **Gestão de águas**. IPH, Porto Alegre, 1996)

A quantidade, distribuição espacial e periodicidade das precipitações, juntamente com a evapotranspiração é que vão determinar as características dos principais biomas terrestres.

A precipitação não interceptada pela planta atinge a superfície do terreno e parte dela se infiltra. A parcela remanescente escoam superficialmente, até encontrar o primeiro riacho, e

daí sequencialmente até a chegada no oceano, onde o ciclo se repete. A maior ou menor parcela de infiltração vai depender das condições de umidade da zona não saturada do solo ou da zona onde os poros do solo contêm água e ar. Dessa zona as plantas normalmente retiram a água necessária ao seu metabolismo por meio de suas raízes. A água é tépida, por capilaridade, até o ponto em que os poros vão se saturando, as forças gravitacionais superam as capilares e ocorre a percolação para zona saturada. Nesta zona os poros do solo estão completamente saturados e interligados, possibilitando o escoamento subterrâneo, responsável pelo suprimento de água dos rios, de forma lenta e contínua.

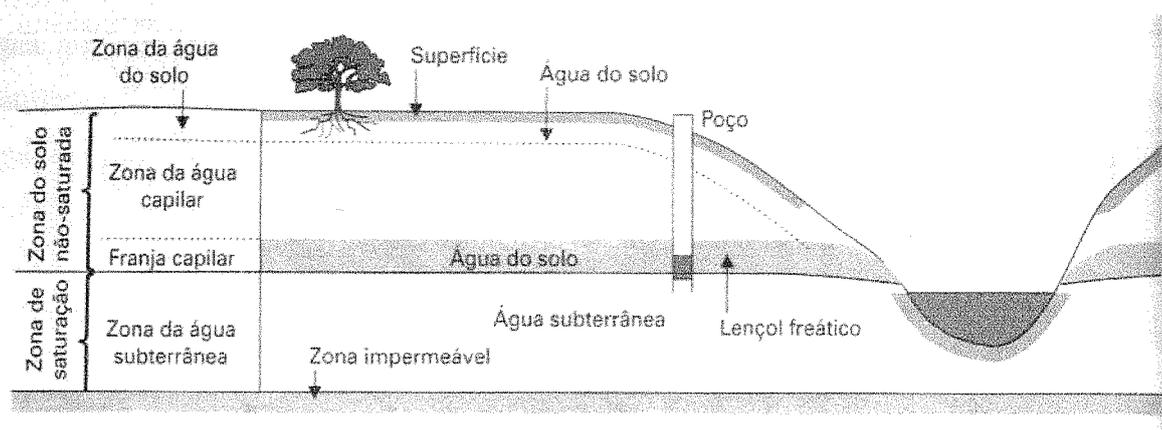


Figura 2: Escoamento subterrâneo

Fonte: (LANNA, A.E.L. **Gestão de águas**. IPH, Porto Alegre, 1996)

Assim, podemos resumir o ciclo por meio dos seguintes processos:

- Detenção; parte da precipitação fica retida na vegetação, depressões do terreno e construções. Essa massa de água retorna à atmosfera pela ação da evaporação ou penetra no solo pela infiltração.
- Escoamento Superficial; constituído pela água que escoar sobre o solo, fluindo para locais de altitudes inferiores, até atingir um corpo d'água como um rio, lago ou oceano. A água que compõe o escoamento superficial pode também sofrer infiltração para as camadas superiores do solo, ficar retida ou sofrer evaporação.
- Infiltração; a água infiltrada pode sofrer evaporação, ser utilizada pela vegetação, escoar ao longo da camada superior do solo ou alimentar o lençol de água subterrâneo.
- Escoamento Subterrâneo; constituído por parte da água infiltrada na camada superior do solo, sendo bem mais lento que o escoamento superficial. Parte desse escoamento alimenta os rios e os lagos, além de ser responsável pela manutenção desses corpos durante

épocas de estiagem.

- Evapotranspiração; parte da água existente no solo que é utilizada pela vegetação e eliminada pelas folhas na forma de vapor.
- Evaporação; em qualquer das fases descritas anteriormente, a água pode voltar à atmosfera na forma de vapor, reiniciando o ciclo hidrológico.
- Precipitação; água que cai sobre o solo ou sobre um corpo d'água.

Também nesse ciclo, a presença do homem pode ser notada por meio do desmatamento e da impermeabilização via pavimentação do solo. Isso acelera a evaporação e reduz a recarga dos aquíferos subterrâneos, gerando assim, maiores enchentes nos cursos de água que cortam centros urbanos, causando uma série de danos físicos, econômicos e transtornos aos habitantes da cidade. Nas regiões de clima frio, deve-se considerar e ainda a água armazenada na forma de geleiras, formada pela precipitação de neve, e o fluxo correspondente ao degelo dessas geleiras.

## 10. CONTROLE DOS RECURSOS HÍDRICOS

Quando há baixa densidade demográfica, ocupação rarefeita do solo e pouco desenvolvimento industrial, o uso da água não exige maiores cuidados quanto ao controle. À medida que o uso torna-se mais intensivo, é necessária atenção para a proteção dos recursos hídricos, visando o seu aproveitamento racional.

O controle do regime das águas é ponto fundamental na análise das obras que possam afetar o comportamento hidrológico dos rios e dos aquíferos subterrâneos e, também, outras ações do homem que afetam o ciclo hidrológico, como o desmatamento e a urbanização.

O controle das cheias e o combate às secas são formas de evitar os males de caráter econômico e social de eventos extremos.

As alterações qualitativas dos recursos hídricos, provocadas pelo lançamento de poluentes e detritos, assim como o assoreamento dos corpos de água em razão da erosão do solo urbano e rural, devem ser, também, objeto de controle.

## 11. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

As condições de acesso dos recursos hídricos se dão através de uma boa gestão e de adequado processo político.

Planejamento, no conceito da ciência econômica, onde é bastante empregado é a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes. Em recursos hídricos, o planejamento pode ser definido como conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso. Todavia, o planejamento de recursos hídricos reveste-se de especial complexidade, haja vista as peculiaridades expostas anteriormente.

Gestão de recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade.

A condição fundamental para que a gestão de recursos hídricos se realize é a motivação política para a sua efetiva implantação, conforme será visto a seguir. Havendo motivação política, será possível planejar o aproveitamento e o controle dos recursos hídricos e ter meios de implantar as obras e medidas recomendadas, controlando-se as variáveis que possam afastar os efeitos nocivos ao planejado.

A implantação das medidas e obras previstas no plano é o objetivo da administração dos recursos hídricos, incluindo-se entre seus instrumentos a outorga do direito de uso, o controle e a fiscalização. A administração independe da existência do plano, mas, se ele existir, será indispensável para sua consecução.

A gestão dos recursos hídricos, portanto, realiza-se mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração.

O planejamento dos recursos hídricos visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais, com a mínima degradação ambiental. É necessário planejar a longo prazo, em razão do tempo de maturação das obras hidráulicas, da vida útil dessas obras e pela repercussão das decisões tomadas, que podem atingir várias gerações, sendo muitas vezes irreversíveis.

A administração de recursos hídricos é o conjunto de ações necessárias para tornar efetivo o planejamento, com os devidos suportes técnicos, jurídicos e administrativos. Além disso, é instrumento de revisão permanente e dinâmica do plano, permitindo ajuste de objetivos

e metas a novas conjunturas, sem o que o plano torna-se obsoleto e irreal.

Alguns princípios fundamentais que devem nortear qualquer processo de gerenciamento de recursos hídricos que se queira implementar são:

- Acesso aos recursos hídricos deve ser um direito de todos;
- A água deve ser considerada um bem econômico;
- A bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento;
- A disponibilidade da água deve ser distribuída segundo critérios sociais, econômicos e ambientais;
- Deve haver um sistema de planejamento e controle;
- A cooperação internacional deve visar ao intercâmbio científico e tecnológico;
- Desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento de recursos humanos devem ser constantes;
- Quando os rios atravessam ou servem de fronteiras entre países, a cooperação internacional é indispensável;
- Os usuários devem participar da administração da água;
- A avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país é uma responsabilidade nacional e recursos financeiros devem ser assegurados para isso e;
- A educação ambiental deve estar presente em toda ação programada.

A gestão dos recursos hídricos é decisão política, motivada pela escassez relativa de tais recursos e pela necessidade de preservação para as futuras gerações.

Historicamente, essa gestão tem acontecido em países ou regiões em que a pouca água decorre da aridez do clima ou da poluição, havendo limitação ao desenvolvimento econômico e social.

A decisão política é, normalmente, tomada em condições em que a escassez já é efetiva. Somente na década de 60, países como Estados Unidos, França, Alemanha e Grã-Bretanha renovaram suas leis e instituições à procura de maior eficácia na recuperação e conservação dos recursos hídricos.

Quando a escassez é prevista para médio ou longo prazo, apenas preocupações conservacionistas podem levar à gestão dos recursos hídricos. De forma, ainda lenta, isso tem ocorrido, principalmente, a partir da década de 70, com os ambientalistas organizando-se e agindo de forma a provocar a antecipação de ações que visem a conservação dos recursos hídricos, antes que as situações atinjam índices críticos. (BEECKMAN, 1999)

Em qualquer circunstância, a informação ao público dos conflitos potenciais quanto

ao uso dos recursos hídricos é fundamental para a motivação política à discussão e participação nos processos gerenciais de tomada de decisão de uma dada região.

Uma política para a gestão dos recursos hídricos deve conter formas de estabelecimento do conjunto de princípios definidores de diretrizes, objetivos e metas a serem alcançados. Essa política estará consubstanciada em aspectos técnicos, normas jurídicas, planos e programas que revelem o conjunto de intenções, decisões, recomendações e determinações do governo e da sociedade quanto á gestão dos recursos hídricos.

O sistema institucional de administração de recursos hídricos é de tal complexidade e se relaciona com interesses tão relevantes, que não pode ser estabelecido a curto e sem obstáculos. Para isso, é preciso definir uma estratégia. As pessoas, convencidas da necessidade de definição de uma política de recursos hídricos, precisam conhecer os seus aliados e os seus opositores, empreender ações de congregação dos interessados no estabelecimento da política e desarticulação dos que a ele se opõem. Para tanto, será fundamental selecionar as pessoas e grupos que colocam o interesse público acima dos interesses particulares e corporativistas, pois as preocupações de gestão dos recursos hídricos somente podem prosperar em ambiente em que o interesse público prevaleça. As obras de aproveitamento e controle dos recursos hídricos exigem vultosos investimentos, principalmente para países do porte do Brasil e ainda carentes de infra-estrutura básica.

## 12. RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E NO MUNDO

### 12.1. Recursos hídricos no mundo

Atualmente, há mais de 1 bilhão de pessoas sem suficiente disponibilidade de água para consumo doméstico e se estima que, em 30 anos, haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta d'água. (BEECKMAN, 1999)

A população mundial e suas atividades antrópicas já atingiram uma escala de utilização dos recursos naturais disponíveis que obriga a todos a pensar no futuro de uma nova forma. É previsto que a população mundial estabilize-se, por volta do ano 2.050, entre 10 e 12 bilhões de habitantes, o que representa cerca de 5 bilhões a mais que a população atual, enquanto a quantidade de água disponível para o uso permanece a mesma. (BEECKMAN, 1999)

Considera-se, atualmente, que a quantidade total de água na Terra, de 1.386 milhões de Km<sup>3</sup>, tem permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. Vale ressaltar, todavia, que as quantidades estocadas nos diferentes reservatórios individuais de água na terra variam substancialmente ao longo desse período. (BEECKMAN, 1999)

A distribuição dos volumes estocados nos principais reservatórios de água da terra é demonstrada no QUADRO 5 e nas figuras 1 e 2, nas quais verifica-se que 97,5% do volume total de água da Terra são de água salgada, formando os oceanos, e somente 2,5% são de água doce. Ressalta-se que a maior parte dessa água doce (68,7%) está armazenada nas calotas polares e geleiras. A forma de armazenamento em que os recursos hídricos estão mais acessíveis ao uso humano e de ecossistemas é a água doce contida em lagos e rios, o que corresponde a apenas 0,27% do volume de água doce da Terra e cerca de 0,007% do volume total de água. (BEECKMAN, 1999)

Na tabela que se segue, podemos observar a distribuição de água na Terra.

Já nos gráficos subsequentes, vemos o Total de água da Terra e, na seqüência, a distribuição de água na Terra.

Quadro 5: distribuição de água na Terra.

Reservatório	Volume (10 <sup>3</sup> Km <sup>3</sup> )	% do Volume Total	% do Volume de Água Doce
Oceanos	1338000,0	96,5379	-
<b>Subsolo:</b>	<b>23400,0</b>	<b>1,6883</b>	-
Água doce	10530,0	0,7597	30,0607
Água salgada	12870,0	0,9286	-
Umidade do solo	16,5	0,0012	0,0471
<b>Áreas congeladas:</b>	<b>24064,0</b>	<b>1,7362</b>	<b>68,6971</b>
Antártida	21600,0	1,5585	61,6629
Groelândia	2340,0	0,1688	6,6802
Ártico	83,5	0,0060	0,2384
Montanhas	40,6	0,0029	0,1159
<b>Solos congelados</b>	<b>300,0</b>	<b>0,0216</b>	<b>0,8564</b>
<b>Lagos:</b>	<b>176,4</b>	<b>0,0127</b>	-
Água doce	91,4	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
Pântanos	11,5	0,0008	0,0328
Rios	2,1	0,0002	0,0061
Biomassa	1,1	0,0001	0,0032
Vapor d'água na atmosfera	12,9	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1350955,4	97,4726	-
Armazenamento total de água doce	35029,1	2,5274	100,0
Armazenamento total de água	1385984,5	100,0	-

Fonte: (BEECKMAN, G.B. *Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos*. IICA, Brasília, 1999.)

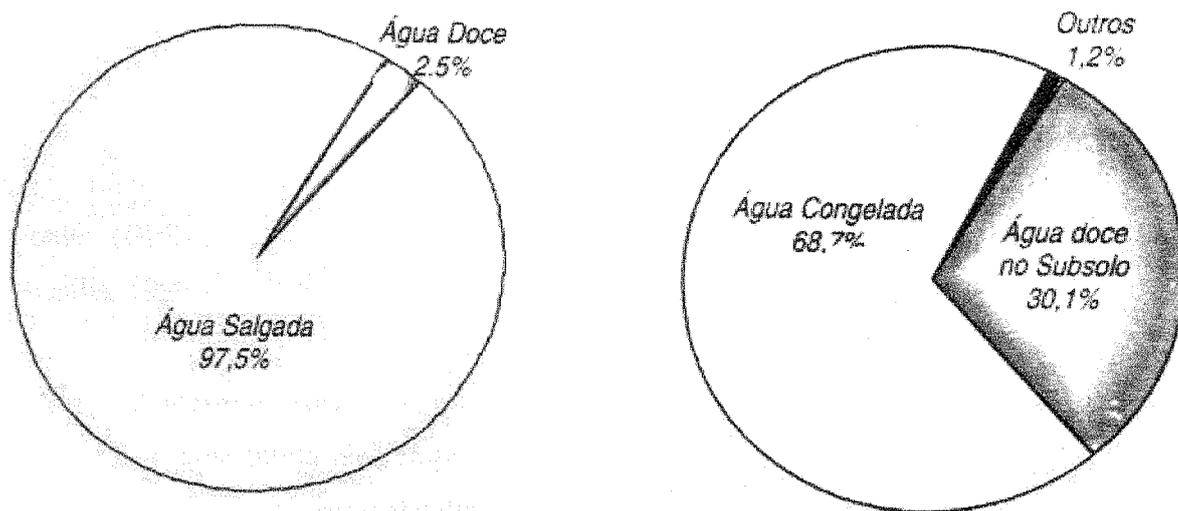


Figura 3: Distribuição de água na Terra

Fonte: (BARTH, F.T. et al. *Modelos para gerenciamento de Recursos hídricos*, ed. Nobel, São Paulo, 1997. 576p.)

Observa-se que, mesmo tendo a Terra um volume total de água da ordem de 1.386 milhões de Km<sup>3</sup>, o que efetivamente está disponível ao uso humano é muito pouco (0,007%).

As águas da Terra encontram-se em permanente movimento, constituindo o Ciclo Hidrológico. Efetivamente, desde os primórdios dos tempos geológicos, a água (líquida ou

sólida) que é transformada em vapor pela energia solar que atinge a superfície da Terra (oceanos, mares, continentes e ilhas) e pela transpiração dos organismos vivos, sobe para a atmosfera, onde esfria progressivamente, dando origem às nuvens. Essas massas de água voltam para a Terra sob a ação da gravidade, principalmente nas formas de chuva, neblina e neve. (BARTH, 1999)

O ciclo hidrológico é responsável pelo movimento de enormes quantidades de água ao redor do mundo. Parte desse movimento é rápido, pois, em média, uma gota de água permanece aproximadamente 16 dias em um rio e cerca de 8 dias na atmosfera. Entretanto, esse tempo pode estender-se por milhares de anos para a água que atravessa lentamente um aquífero profundo. Assim, as gotas de água reciclam-se continuamente. (BARTH, 1999)

De acordo com o quadro 6, vemos o período de renovação da água em diferentes reservatórios da Terra.

Quadro 6: período de renovação da água em diferentes reservatórios da Terra.

Reservatórios	Período médio de renovação
Oceanos	2.500 anos
Água subterrânea	1.400 anos
Umidade do solo	1 ano
Áreas permanentemente congeladas	9.700 anos
Geleiras em montanhas	1.600 anos
Solos congelados	10.000 anos
Lagos	17 anos
Pântanos	5 anos
Rios	16 dias
Biomassa	Algumas horas
Vapor d'água na atmosfera	8 dias

Fonte: (BEECKMAN, G.B. **Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos**. IICA, Brasília, 1999.)

O acesso ao volume total de água estocada nos diferentes reservatórios existentes na Terra não é uma tarefa elementar, pois, como se verifica no quadro 7, o ciclo hidrológico ocorre de forma muito variável e dinâmica.

Para satisfazer a demanda de água, a humanidade tem modificado o ciclo hidrológico desde o início de sua história, mediante a construção de poços, barragens, açudes, aquedutos, sistemas de abastecimento, sistemas de drenagem, projetos de irrigação e outras estruturas. Os governos e entidades públicas gastam grandes importâncias de dinheiro para implementar e manter essas instalações. No entanto, apesar dessas iniciativas, em 1995, aproximadamente 20% dos 5,7 bilhões de habitantes da Terra sofriam com a falta de um sistema de abastecimento confiável de água e, além disso, mais de 50% da população não dispunha de um sistema adequado de instalações sanitárias.

Devido ao acesso mais fácil, as formas mais importantes de armazenamento de água doce para o uso da humanidade e dos ecossistemas são rios, reservatórios e lagos, que representam apenas 0,27% do volume total de água doce na Terra, 93.100 km<sup>3</sup>. Entretanto, a contribuição de um único do ciclo hidrológico para a circulação global de água não depende apenas do volume estocado, mas, em grande parte, do seu período de renovação. Com base nos dados do QUADRO 6, verifica-se que o período para a renovação da água em determinados meios varia consideravelmente e, como a água dos rios tem um tempo de permanência muito curto em relação aos outros reservatórios, ela favorece substancialmente a elevação da taxa de renovação da água através do ciclo hidrológico.

O mesmo ocorre com o armazenamento da água na atmosfera, que é de aproximadamente 8 dias, isto é, no prazo de uma a duas semanas, a água que sobe à atmosfera retorna à superfície da Terra, podendo reabastecer o fluxo dos rios, a umidade do solo, as reservas de água subterrânea, ou cair diretamente nos espelhos líquidos dos lagos, oceanos e outros reservatórios, renovando as suas reservas e melhorando a sua qualidade à medida que proporciona a diluição de seus constituintes. (BEECKMAN, 1999)

Para o acompanhamento, análise e gerenciamento dos recursos hídricos, é fundamental a medição regular dos principais elementos que controlam o ciclo hidrológico para a determinação da quantidade de água disponível, e assim, otimizar o seu uso. Os principais elementos são a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento e o armazenamento de água no solo, aquíferos, represas e geleiras. Outro dado importante a ser acompanhado é o de qualidade da água, pois, em função deste, o uso da água fica limitado para algumas atividades. A tabela abaixo demonstra uma estimativa da quantidade total de instrumentos da rede mundial de monitoramento hidrológico.

Quadro 7: Estimativa da quantidade total de instrumentos da rede mundial de monitoramento hidrológico.

Parâmetro Hidrológico	Instrumentos	Nº de estações
Precipitação	Pluviógrafos e pluviômetros	194.000
Evaporação	Tanques e métodos indiretos	14.000
Escoamento	Limnigrafos e limnímetros	64.000
Fluxo de sedimento	-	16.000
Qualidade da água	-	44.000
Água Subterrânea	Poços de observação	146.000

Fonte: (BARTH, F.T. et al. **Modelos para gerenciamento de Recursos hídricos**, ed. Nobel, São Paulo, 1997. 576p.)

Apesar da grande quantidade de instrumentos de medição, a cobertura da rede

higrométrica mundial não é a mais adequada, principalmente nos países em desenvolvimento.

Os Governos e empresários estão dispostos a investir milhões em projetos sustentados por bases de dados tão frágeis e que podem inviabilizar seus empreendimentos, porem, não são capazes de gastar somas muito menores para garantir dados confiáveis e que iriam reduzir sensivelmente os seus riscos.

Alem dos dados referentes aos parâmetros do ciclo hidrológico, são fundamentais os conhecimentos das vazões requeridas por usuário dos recursos hídricos e os benefícios gerados para subsidiar a tomada de decisão dos gerenciadores dos recursos hídricos de dada localidade.

## 12.2. Recursos hídricos no Brasil

Com uma área de 8.512.000 km<sup>2</sup> e cerca de 170 milhões de habitantes, o Brasil é hoje o quinto país do mundo, tanto em extensão territorial como em população. Com dimensões continentais, os contrastes existentes quanto ao clima distribuição da população, desenvolvimento econômico social, entre outros fatores são muito grandes, fazendo com que o país apresente os mais variados cenários. (BEECKMAN, 1999)

Quadro 8: Disponibilidade, uso e distribuição da água no Brasil

Bacia Hidrográfica	Área		População		Densida de Hab/km 2	Vazão m <sup>3</sup> /s	Disponibilidade Hídrica		Disponibilida de Per Capita m <sup>3</sup> /hab.ano
	10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	%	Hab.				m <sup>3</sup> ano		
Amazônica	3.900	45,8	6.687.893	4,3	1,7	133.380	4206	73,2	628.940
Tocantins	757	8,9	3.503.365	2,2	4,6	11.800	372	6,5	106.220
Atlântico Norte/ Nordeste	1.029	12,1	31.253.068	19,9	30,4	9.050	285	5,0	9.130
São Francisco	634	7,4	11.734.966	7,5	18,5	2.850	90	1,6	7.660
Atlântico Leste	545	6,4	35.880.413	22,8	65,8	4.350	137	2,4	3.820
Paraguai	368	4,3	1.820.569	1,2	4,9	1.290	41	0,7	22.340
Paraná	877	10,3	49.924.540	31,8	56,9	11.000	347	6,0	6.950
Uruguai	178	2,1	3.837.972	2,4	21,6	4.150	131	2,3	34.100
Atlântico Sudeste	224	2,6	12.427.377	7,9	55,5	4.300	136	2,4	10.910
<b>Brasil</b>	<b>8.512</b>	<b>100</b>	<b>157.070.163</b>	<b>100</b>	<b>18,5</b>	<b>182.170</b>	<b>5.745</b>	<b>100</b>	<b>36.580</b>

Fonte: (BEECKMAN, G.B. Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos. IICA, Brasília, 1999.)

Como se pode observar, o Brasil tem uma posição privilegiada perante a maioria dos países quanto ao seu volume de recursos hídricos. Porém, como demonstra o Quadro 9, mais de 73% da água doce disponível do país encontra-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. Portanto, apenas 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 95% da população. (SILVA, 2000)

A idéia de abundância serviu durante muito tempo como suporte à cultura do desperdício da água disponível, à não realização dos investimentos necessários para seu uso e proteção mais eficientes, e à sua pequena valorização econômica.

Os problemas de escassez hídrica no Brasil decorrem, fundamentalmente, da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Esse quadro é uma consequência do aumento desordenado dos processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola, verificada a partir da década de 1950.

O crescimento demográfico brasileiro associado às transformações por que passou o perfil da economia do país refletiu-se de maneira notável sobre o uso de seus recursos hídricos na segunda metade do século.

A migração da população do campo para a cidade e a industrialização, além de exercerem significativo aumento na demanda das águas dos mananciais também exigiam o crescimento do parque gerador de energia elétrica que, por sua vez, implicou na necessidade de construção apreciável de aproveitamentos hidrelétricos. Adicionalmente, o aumento da população reclamou por maior produção de alimentos, o que veio a encontrar na agricultura irrigada o canal apropriado para satisfazer essa demanda.

Ao longo da década de 70 e, mais acentuadamente na de 80, a sociedade começou a despertar para as ameaças a que estava sujeita se não mudasse de comportamento quanto ao uso de seus recursos hídricos. Nesse período, várias comissões interministeriais foram instituídas para encontrar meios de aprimorar nosso sistema de uso múltiplo dos recursos hídricos e minimizar os riscos de comprometimento de sua qualidade, principalmente no que se refere às futuras gerações, pois a vulnerabilidade desse recurso natural já havia começado a se fazer sentir.

O Brasil já dispunha de um texto sobre o direito da água desde 1934, o Código de Águas. Porém, tal ordenamento não foi capaz de incorporar meios para combater ao desconforto hídrico, a contaminação das águas e conflitos de uso, tampouco para promover os meios de uma gestão descentralizada e participativa, exigências dos dias de hoje. Foi exatamente para preencher essa lacuna que foi elaborada a Lei nº 9.433 de janeiro de 1997, cujo projeto havia sido exaustivamente debatido durante os anos 80 e 90, até a sua

promulgação. (SILVA, 2000)

No que concerne aos princípios básicos da Lei nº9.433, de 08 de janeiro de 1997, destaque-se:

a) A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Tendo-se os limites da bacia como o que define o perímetro da área a ser planejada, fica mais fácil fazer-se o confronto entre as disponibilidades e as demandas, essenciais para o estabelecimento do balanço hídrico;

b) O princípio dos usos múltiplos da água, que coloca todas as categorias usuárias em igualdade de condições ao acesso a esse recurso natural. No Brasil tradicionalmente, o setor elétrico atuava como único agente do processo de gestão dos recursos hídricos superficiais, ilustrando a clara assimetria de tratamento conferida pelo poder central, durante a primeira metade do século, o que favorecia esse setor em detrimento das demais categorias usuárias da água. E não foi outro fator senão o rápido crescimento da demanda por água para outros usos o que fez florescer e tomar corpo o princípio dos usos múltiplos;

c) O reconhecimento da água como bem finito e vulnerável, o que serve de alerta para a necessidade de uma utilização preservacionista desse bem natural;

d) O reconhecimento do valor econômico da água é um forte indutor de seu uso racional e serve de base para a instituição da cobrança pela utilização dos recursos hídricos;

e) A gestão descentralizada e participativa. A filosofia por trás da gestão descentralizada é a de que tudo pode ser decidido em níveis hierárquicos mais baixos de governo não será resolvido por níveis mais altos dessa hierarquia. Em outras palavras, o que pode ser decidido no âmbito de governos regionais, e mesmo locais, não deve ser tratado em Brasília ou nas capitais de estados. Quanto à gestão participativa, ela constitui um método que enseja aos usuários, à sociedade civil organizada, às ONGs e outros agentes interessados a possibilidade de influenciar no processo de tomada de decisão.

Ainda são aspectos relevantes da Lei nº 9.433 o estabelecimento de cinco instrumentos de política para o setor:

a) Os Planos de Recursos Hídricos, que são os documentos programáticos para o setor no espaço de cada bacia. Trata-se de trabalho de profundidade, não só de atualização das informações regionais que influenciam a tomada de decisão na região da bacia hidrográfica, mas que também procura definir, com clareza, a repartição das vazões entre os usuários;

b) O enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes é extremamente importante para se estabelecer um sistema de vigilância sobre os níveis de qualidade da água dos mananciais. Aliado a isso, trata-se de instrumento que permite fazer a

ligação entre a gestão da quantidade e a gestão da qualidade da água;

c) A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é o mecanismo pelo qual o usuário recebe autorização ou concessão para fazer uso da água. A outorga de direito, juntamente com a cobrança pelo uso da água, constitui relevante elemento para o controle do uso dos recursos hídricos contribuindo também para a disciplina desse uso;

d) A cobrança pelo uso da água, essencial para criar as condições de equilíbrio entre as forças da oferta (disponibilidade da água) e da demanda, promovendo, em consequência, a harmonia entre os usuários competidores, ao mesmo tempo em que também promove a redistribuição dos custos sociais, a melhoria da qualidade dos efluentes lançados, além de ensejar a formação de fundos financeiros para o setor;

e) O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, destinado a coletar, organizar, criticar e difundir a base de dados relativa aos recursos hídricos, seus usos, o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia, promovendo os gestores, os usuários, a sociedade civil e outros segmentos interessados, com as condições necessárias para opinar no processo decisório ou mesmo para tomar suas decisões.

Foi aprovada no Congresso Nacional a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Caberá a essa Agência a implantação e aplicação da lei nº 9.433, de 1997, segundo seus princípios, instrumentos de ação e seu arranjo institucional previstos (Conselho Nacional de Recursos Hídricos, comitês de bacias hidrográficas, agências de água (aninhas) e os órgãos e entidades do serviço público federal, estaduais e municipais). (SILVA, 2000)

Pode-se notar que o setor de recursos hídricos no Brasil está ganhando importância e interesse por parte da sociedade. Não apenas pela ampla discussão que está em andamento no Congresso Nacional, mas pela própria mídia que constantemente tem apresentado programas de televisão ou matérias em jornais e revistas sobre os problemas relacionados ao tema. Só o fato da abertura dos problemas para reflexão e debate por parte, não só de técnicos, como de toda a sociedade, já é um grande passo que o Brasil está dando para que futuramente tenhamos um modelo sustentável de desenvolvimento no que diz respeito ao aproveitamento deste recurso natural de suma importância, a água.

Na atualidade brasileira é evidente o crescimento dos conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos. Exemplos em grande escala podem ser observados na bacia do rio São Francisco, onde as projeções de demanda de água para a irrigação, para a navegação, para o projeto de transposição, para o abastecimento humano e de animais e para a

manutenção dos atuais aproveitamentos hidrelétricos mostram-se preocupantes quanto à disponibilidade de água do rio. No Sudeste, evidenciam-se os conflitos pela da utilização das águas dos rios Paraíba do Sul, Piracicaba e Capivari, para citar apenas alguns casos. No Sul do país, a enorme demanda de água para a irrigação de arrozais e a degradação da qualidade da água, principalmente em regiões de uso agropecuário intenso, são os casos mais visíveis.

Quadro 9: Disponibilidade de água por estados

Estados	Potencial hídrico (km <sup>3</sup> /ano)	População (habitantes)	Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	Disponibilidade per Capita (m <sup>3</sup> /hab.ano)	Utilização total (m <sup>3</sup> /hab.ano)	Utilização no Estado (km <sup>3</sup> /ano)	Nível de Utilização (%)
Rondônia	150,2	1.229.306	5,81	122.183	44	0,054	0,04
Acre	154,0	483.593	3,02	318.450	95	0,046	0,03
Amazonas	1848,3	2.389.279	1,5	773.581	80	0,191	0,01
Roraima	372,3	247.131	4,21	1.506.488	92	0,023	0,01
Pará	1124,7	5.510.849	4,43	204.088	46	0,253	0,02
Amapá	196,0	379.459	2,33	516.525	69	0,026	0,01
Tocantins	122,8	1.048.642	3,66	117.104			
Maranhão	84,7	5.222.183	15,89	16.219	61	0,319	0,38
Piauí	24,8	2.673.085	10,92	9.278	101	0,270	1,09
Ceará	15,5	6.809.290	46,42	2.276	259	1,764	11,38
R.G.do Norte	4,3	2.558.660	49,15	1.681	207	0,530	12,32
Paraíba	4,6	3.305.616	59,58	1.392	172	0,569	12,36
Pernambuco	9,4	7.399.071	75,98	1.270	168	1,983	21,10
Alagoas	4,4	2.633.251	97,53	1.671	159	0,419	9,52
Sergipe	2,6	1.624.020	73,97	1.601	161	0,261	10,06
Bahia	35,9	12.541.675	22,6	2.862	173	2,170	6,04
M.Gerais	193,9	16.672.613	28,34	11.630	262	4,368	2,25
E.Santo	18,8	2.802.707	61,25	6.708	223	0,625	3,32
R.Janeiro	29,6	13.406.308	305,35	2.208	224	3,003	10,15
São Paulo	91,9	34.119.110	137,38	2.694	373	12,726	13,85
Paraná	113,4	9.003.804	43,92	12.595	189	1,702	1,50
Sta.Catarina	62,0	4.875.244	51,38	12.717	366	1,784	2,88
R.G.do Sul	190,0	9.634.688	34,31	19.720	1015	9,779	5,15
M.G.do Sul	69,7	1.927.834	5,42	36.155	174	0,335	0,48
M.Grosso	522,3	2.235.832	2,62	233.604	89	0,199	0,04
Goiás	283,9	4.514.967	12,81	62.880	177	0,799	0,28
D.Federal	2,8	1.821.946	303,85	1.537	150	0,273	9,76
<b>BRASIL</b>	<b>5732,8</b>	<b>157.070.163</b>	<b>18,5</b>	<b>36.498</b>	<b>283,13</b>	<b>44,5</b>	<b>0,78</b>

Fonte: (BEECKMAN, G.B. *Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos*. IICA, Brasília, 1999.)

Analisando o Quadro 10 em relação aos patamares específicos de escassez hídrica apresentados anteriormente, observa-se que nenhum estado brasileiro está sob o regime de crônica escassez de água. Porém, seis estados encontram-se com sua disponibilidade hídrica

entre 1.000 m<sup>3</sup>/hab.ano e 1.700 m<sup>3</sup>/hab.ano, o que configura situação de estresse hídrico periódico e regular. Ainda existem quatro estados que se encontram com tendências a sofrer ocasionalmente problemas de falta d'água.

Quadro 10: Disponibilidade hídrica per capita por Estado

Estado	Disponibilidade per Capita (m <sup>3</sup> /hab.ano)	Situação
Pernambuco	1.270	- O estresse hídrico é periódico e regular.
Paraíba	1.392	
D. Federal	1.537	
Sergipe	1.601	
Alagoas	1.671	
R.G.do Norte	1.681	- Somente ocasionalmente tenderá a sofrer problemas de falta d'água.
Rio de Janeiro	2.208	
Ceará	2.276	
São Paulo	2.694	
Bahia	2.862	

Fonte: (BARTH, F.T. **Evolução nos aspectos Institucionais e no Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil**. In: Estado das águas no Brasil - 1999.: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999)

Conforme citado anteriormente, a existência de uma rede hidrométrica bem distribuída e gerenciada, em dada região, para a elaboração de um banco de dados consistente e confiável, é fundamental para subsidiar as tomadas de decisão dos órgãos gestores dos recursos hídricos. Apesar de que, não apenas os dados hidrológicos são importantes, mas também dados ambientais, de obras e empreendimentos hidrelétricos, meteorológicos, climatológicos, censitários, fisiográficos e outros.

Atualmente, a maior parte da rede hidrométrica nacional pertence ao Ministério de Minas e Energia e é gerenciada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL que assumiu essa atribuição, anteriormente desempenhada pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, já extinto. Portanto, além da rede hidrométrica, a ANEEL tam é responsável pelo gerenciamento do banco de dados gerado por essa rede.

Mesmo não implicando consumo efetivo da água, o seu uso para a geração de energia elétrica interfere no volume que pode ser destinado a outros fins e, como os usos consuntivos, criam toda sorte de externalidades. A geração de energia elétrica requer a manutenção de uma vazão media estável, que permita a continuidade do fornecimento de uma quantidade determinada de eletricidade ao sistema distribuidor. Se o projeto hidrelétrico levar em consideração as demais possibilidades de utilização da água, poderá ser genericamente benéfico, justamente por regularizar a vazão. Outras fontes energéticas poderiam ser aproveitadas, como no caso da termelétricidade e da energia eólica no vale do São Francisco.

Nessa região, como conseqüência das características climáticas, durante o período mais seco do ano a capacidade hidrelétrica é reduzida e o potencial de produção de energia eólica é máximo, oferecendo-se como alternativa de substituição ou complementação à energia hidrelétrica que poderia reduzir as pressões sobre os recursos hídricos.

No Brasil, por iniciativa do governo federal, algumas obras que beneficiam a navegação interior foram ou estão sendo realizadas, em consonância com os programas de investimento do setor de transportes. Cabe destacar as bacias dos rios Tietê e Paraná e as dos rios Jacuí e Taquari, no estado do Rio Grande do Sul. Em termos do custo e capacidade de carga, o transporte hidroviário é cerca de oito vezes mais barato do que o rodoviário e de três vezes menor que o ferroviário.

Estudos atuais estimam que a quantidade total de água demandada pelo setor industrial é de 139 m<sup>3</sup>/s, o que corresponde a um volume de aproximadamente 4,4 km<sup>3</sup>/ano. (LIMA, 1999)

Segundo os dados supracitados relativos aos setores que utilizam a água de forma consuntiva, tem-se a situação atual das captações de água doce no Brasil por setor.

Quadro 11: Situação atual das captações de água doce no Brasil por setor

Setor	Volume captado (km <sup>3</sup> /ano)	%
Agrícola	33,8	72,5
Abastecimento	8,4	18,0
Industrial	4,4	9,5
Total	46,6	100,0

Fonte: (LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A. & CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. In: Estado das águas no Brasil –1999: Perspectivas de gestão e informação de Recursos hídricos. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999.)

A utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e as indicações são de que essa tendência deverá continuar. A comprovar esse fato, temos um crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atualização na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneas, tanto nos aspectos técnico-científico e sócio-econômico como no administrativo e legal.

As águas subterrâneas, mais do que uma reserva de água, devem ser consideradas um meio de acelerar o desenvolvimento econômico e social de regiões extremamente carentes, e do Brasil como um todo. Essa afirmação é apoiada na sua distribuição generalizada, na maior proteção às ações antrópicas e nos reduzidos financeiros exigidos para sua exploração.

Conhecer a disponibilidade dos sistemas aquíferos e a qualidade de suas águas é

primordial ao estabelecimento de política de gestão das águas subterrâneas.

A exploração de água subterrânea está condicionada a três fatores: a) quantidade, intimidade ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos; b) qualidade, influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas; c) econômico, que depende da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento.

De acordo com o Quadro 12, as reservas de águas subterrâneas do Brasil são claramente demonstradas abaixo.

Quadro 12: Reservas de águas subterrâneas do Brasil

Domínios Aquíferos	Áreas (km <sup>2</sup> )	Sistemas Aquíferos Principais	Volumes Estocados (km <sup>3</sup> )
Embasamento aflorante	600.000	Zonas fraturadas	80
Embasamento alterado	4.000.000	Manto de intemperismo e/ou fraturas	10.000
Bacia sedimentar Amazonas	1.300.000	Deposito clástico	32.500
Bacia sedimentar do Maranhão (Parnaíba)	700.000	Corda-Grajaú, Motuca, Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande	17.500
Bacia Sedimentar Potiguar-Recife	23.000	Grupo barreiras, Jandaíra, Açú e Beberibe	230
Bacia sedimentar Alagoas-Sergipe	10.000	Grupo Barreiras Muribeca	100
Bacia sedimentar Jatobá-Tucano-Recôncavo	56.000	Marizal, São Sebastião, Tacatu	840
Bacia sedimentar Paraná (Brasil)	1.000.000	Bauru-Caiuá, Serra Geral, Botucatu-Pirambóia-Rio do Rastro, Aquidauana	50.400
Depósitos diversos	823.000	Aluviões, dunas (Q)	411
<b>Total</b>	<b>8.512.000</b>		<b>112.000</b>

Fonte: (BARTH, F.T. **Evolução nos aspectos Institucionais e no Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil**. In: Estado das águas no Brasil - 1999.: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999)

## 14. CONCLUSÃO

As perspectivas para a gestão da água potável no Brasil são preocupantes, uma vez que o crescimento demográfico e a expansão urbana desordenada vêm atingindo índices muito superiores, se comparados às possibilidades de utilização das fontes de abastecimento, fazendo com que a água seja qualificada como o petróleo do século XXI.

Outra constatação se refere à lentidão do poder público na busca por soluções com vistas a minimizar os efeitos da escassez da água, buscando regulamentar as legislações sobre o tema e controlando as atividades potencialmente impactantes aos recursos hídricos.

A tarifação do recurso natural é uma maneira de reduzir seu consumo, porém, se administrada de maneira incorreta pode ocasionar a exclusão de grande parte da população de menor poder aquisitivo ao acesso a água.

Para que o problema da escassez da água seja minimizado deve ocorrer a união de esforços, cabendo, portanto, à população conscientizar-se sobre o tema, participando das discussões junto aos comitês de bacias. Às empresas cabe a adoção de tecnologias capazes de reduzir a demanda e o despejo de efluentes nos corpos hídricos. Ao governo, resta a aplicação da legislação existente através da fiscalização do uso dos recursos hídricos e coibindo sua degradação. Somente desta forma se conseguirá reduzir os efeitos deste problema.

## 15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTH, F.T. et al. **Modelos para gerenciamento de Recursos hídricos**, ed. Nobel, São Paulo, 1997. 576p.
- BARTH, F.T. **Evolução nos aspectos Institucionais e no Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil**. In: Estado das águas no Brasil - 1999.: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. p 27 – 34.
- BEECKMAN, G.B. **Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos**. IICA, Brasília, 1999. 64p.
- FREITAS, M.A.V. & COIMBRA, R.M. **Perspectivas da hidrometeorologia no Brasil**. In: Tópicos de hidrometeorologia no Brasil. Brasília, 1998.
- FREITAS, M.A.V. (ed) **Estado da águas no Brasil. Perspectivas de Gestão e informação de Recursos Hídricos**, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. 334p.
- FELDMAN, F. **Guia da Ecologia**. Editora Abril. 1992.
- LANNA, A.E.L. **Gestão de águas**. IPH, Porto Alegre, 1996.
- LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A. & CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. In: Estado das águas no Brasil –1999: Perspectivas de gestão e informação de Recursos hídricos. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. p 73 – 82.
- SETTI, A.A. **A necessidade do uso sustentado dos Recursos Hídricos**. IBAMA, Brasília, 1994. 344 p.
- SILVA, D.D. & PRUSKI, F.F. (ed), **Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos legais, econômicos e sociais**. SRH/UFV/ABRH, 2000. 659 p.