

# Escassez e qualidade da água no século 21

*André Luís Teixeira Fernandes<sup>1</sup>  
Márcio Augusto de Souza Nogueira<sup>2</sup>  
Paulo Veloso Rabelo<sup>3</sup>*

**Resumo** - A água é o constituinte mais precioso da terra, sendo ingrediente essencial à vida. Embora se observe, por vários países do mundo, total negligência e falta de visão com relação a este recurso, é de se esperar que os seres humanos tenham pela água grande respeito, que procurem manter seus reservatórios naturais e salvaguardar sua pureza. O futuro da espécie humana e de muitas outras espécies pode ficar comprometido, a menos que haja uma melhora significativa na administração dos recursos hídricos terrestres. Para enfrentar a escassez, devem-se considerar tecnologias para a obtenção de água mais limpa, diminuição do desperdício e do consumo excessivo, técnicas de reúso e de conservação, proteção de mananciais e reservas superficiais e subterrâneas em níveis local, regional e global.

**Palavras-chave:** Recurso hídrico. Conservação de água. Reaproveitamento de água. Qualidade da água. Poluição da água. Deficiência hídrica. Tratamento da água.

## INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, dos recursos hídricos é uma necessidade atual em todo o mundo. Evidências, constatadas e mensuradas, do grau de deterioração que vem sofrendo os recursos naturais (em conseqüência de exploração irracional e de escassez de grande parte desses recursos), já são sentidas em algumas regiões do planeta. A situação é alarmante no que se refere à demanda existente e, mais preocupante, em relação à demanda futura.

Os recursos hídricos são renováveis, porém, finitos. Assim, sua preservação é de extrema importância. O consumo de água é crescente para os diversos fins e sua disponibilidade com boa qualidade está-se tornando cada vez menor. A escassez de água é um problema ambiental, cujos impactos tendem a ser cada vez mais graves,

caso o manejo dos recursos hídricos não seja revisto pelos países. Atualmente, mais de um bilhão de pessoas já não têm acesso à água limpa suficiente para suprir suas necessidades básicas diárias.

Nas diversas atividades humanas, agrícolas, industriais ou recreativas, em que, de alguma forma, a água é consumida, técnicas para a utilização mais racional desse recurso hídrico devem ser procuradas, tanto para minimizar o seu consumo, quanto para preservar sua finalidade. Segundo Testezlaf et al. (2002), a agropecuária é responsável pela utilização de 61% da água doce do mundo, percentual muito superior aos 18% da indústria e aos 21% do consumo humano.

No Brasil, por iniciativa do estado de São Paulo e que já alcançou outros Estados, foram criados os Comitês de Bacias, com o objetivo de gerenciar o uso da água dos seus mananciais. Uma das atribuições desses

Comitês está relacionada com a cobrança pelo uso da água e, também, pelo grau de contaminação do despejo de resíduos nos mananciais de cada bacia.

A cobrança pelo uso da água atingirá agricultores e produtores rurais que hoje não pagam um centavo sequer pela captação da água em suas propriedades. Com a aprovação dessa medida, toda água captada superficialmente de rios e lagos, como a subterrânea de poços, será cobrada do usuário.

No Brasil, os Comitês de Bacias dos Rios Piracicaba, Jundiá e Capivari e Paraíba do Sul já fazem a cobrança do uso da água em suas áreas de abrangência, sendo, atualmente, referências nacionais no assunto.

No estado de Minas Gerais, o Comitê da Bacia do Rio Araguari deverá traçar, ainda em 2008, as diretrizes e normas para cobrança pelo uso da água na sua área de ação, a partir do ano de 2009.

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Prof./Pesq. UNIUBE/FAZU, Av. Nenê Sabino, 1801, CEP 38055-000 Uberaba-MG. Correio eletrônico: andre.fernandes@uniube.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Civil, D.Sc., Prof./Pesq. CEFET Uberaba, CEP 38055-000 Uberaba-MG. Correio eletrônico: souza\_nog@terra.com.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Prof./Pesq. UNIUBE, CEP 38055-000 Uberaba-MG. Correio eletrônico: paulo.rabelo@uniube.br

A cobrança pelo uso da água não é uma medida punitiva, mas de caráter educativo, que visa evitar desperdícios e mau uso da água por todos os usuários da bacia, sejam eles produtores rurais, indústrias, empresas de águas e esgotos e de turismo. Os recursos oriundos dessa cobrança serão utilizados em cada bacia, em obras e ações, visando sua preservação e melhoria da qualidade da água.

Em termos agrícolas, sem dúvida maior consumidor de água do mundo, o aspecto da qualidade da água tem sido desprezado em grande parte dos projetos que envolvem agricultura irrigada, pelo fato de, no passado, serem abundantes as águas de boa qualidade e de fácil utilização. Porém, essa situação está sendo alterada, devido ao uso intensivo do manancial hídrico, que exige para novos projetos a utilização de águas de qualidade inferior (AYERS; WESTCOT, 1991; SHAINBERG et al., 1978).

Os julgamentos com referência à adequabilidade das águas para irrigação não são tão simples como no caso relativo a águas domésticas, principalmente pelo fato de a reação de qualquer cultura depender de muitos fatores e não meramente da química do suprimento de água para irrigação. A natureza do solo, o clima, o tipo de cultura, o método de irrigação, as condições locais de drenagem e os métodos de orientação da cultura que será utilizada são fatores bastante significativos.

A água utilizada para irrigação é, em geral, obtida de fontes superficiais ou subterrâneas. No Brasil, a quase totalidade provém de fontes superficiais, como lagos, represas, rios e riachos, as quais estão sujeitas à poluição e à proliferação de organismos aquáticos. Por essa razão, torna-se necessário analisar a qualidade da água de irrigação, para permitir maior vida útil ao sistema de irrigação, menor risco à saúde das pessoas, maior rendimento das culturas e um menor impacto ambiental.

Este artigo tem como objetivos caracterizar a importância da água para a manutenção da vida na terra, solucionar problemas de escassez e de poluição e mostrar como a

água utilizada na agricultura pode impactar o desenvolvimento da sociedade no Brasil e no mundo.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

### Água e sua importância para plantas

De todas as substâncias absorvidas pelas plantas, a água é a que é necessária em maior quantidade. As moléculas de água são mais do que qualquer simples engrenagem na maquinaria metabólica das plantas: integram os seres vivos e, do ponto de vista ecológico, representam força para a configuração de padrões climáticos. Portanto, a água é essencial para a vida das plantas, tanto no sentido bioquímico como no biofísico, e suas influências são internas e ambientais (BENINCASA, 1984).

Por ser o principal constituinte das células vegetais, podendo atingir até 95% do peso total (SUTCLIFFE, 1980), a água é um fator vital na produção das plantas, pois participa de todos os fenômenos físicos, químicos e biológicos essenciais ao seu desenvolvimento.

A água atua também como veículo de transporte de nutrientes minerais e produtos orgânicos da fotossíntese, absorvidos do solo e conduzidos para as plantas por meio da contínua demanda evapotranspirativa, com destino à atmosfera (REICHARDT, 1993). Taiz e Zeiger (2004) citam que para cada grama de matéria orgânica (MO) produzida pela planta, aproximadamente 500 g de água são absorvidos pelas raízes, transportados pelo corpo da planta e perdidos para a atmosfera. Mesmo um pequeno desequilíbrio nesse fluxo de água pode causar déficits hídricos e mau funcionamento severo de inúmeros processos celulares. Assim, toda a planta deve realizar um balanço delicado de sua absorção e perda de água, que constitui um sério desafio para as plantas terrestres.

A maior parte da água absorvida por uma planta é perdida na forma de vapor pela superfície das folhas, processo este conhecido como transpiração. Plantas de

milho, por exemplo, transpiram mais de 98% do total da água que absorvem. Do restante, a maior parte fica retida nos tecidos vegetais e somente uma porção muito pequena (< 0,2%) é utilizada na fotossíntese.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), de todos os recursos que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola.

As sociedades humanas, embora dependam da água para a sua sobrevivência e desenvolvimento econômico, poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais como as subterrâneas. A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos sólidos e líquidos em mananciais e a destruição das áreas alagadas e das matas ciliares têm produzido contínua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água (TUNDISI, 2003).

Tundisi (2003) também observa que a partir dos resultados de análises de especialistas do Instituto Mundial de Recursos – World Resources Institute (WRI), os volumes disponíveis de água e os efeitos dos usos múltiplos apontam para uma crise sem precedentes na história da humanidade. São apontadas seis grandes alterações nos mecanismos e legislação sobre os usos da água, a avaliação dos impactos, a disponibilidade de água *per capita* e as necessidades de gerenciamento integrado:

- a) água potável e de qualidade para todos;
- b) aumento do suprimento e alternativas;
- c) crescimento populacional e usos da água na agricultura;
- d) controle das enchentes e secas;
- e) mudanças climáticas e seus efeitos;
- f) impactos sociais e econômicos nos usos da água.

### Água na natureza

Com o progressivo aumento das populações e a evolução da civilização moderna, vêm crescendo as demandas de água para os inúmeros fins: domésticos, industriais e

agrícolas. Isto porque, na sociedade atual, a água desempenha função sem precedentes. Embora três quartos da superfície terrestre sejam cobertos por água, as expectativas para o próximo século são preocupantes quanto à disponibilidade de água potável para o consumo humano, tanto pelo crescimento populacional como, principalmente, pela poluição dos reservatórios naturais, rios, lagos, depósitos subterrâneos, etc. Entre 1940 e 1960, o consumo total de água dobrou de 1 mil para 2 mil km<sup>3</sup>/ano; de 1960 para 1990, saltou para 4,13 mil km<sup>3(4)</sup> (GHASSEMI et al., 1995). As estimativas são de que, ao final deste século, o consumo de água aumente em cerca de 10 vezes em relação ao ano de 1900. Segundo a Agência Nacional de Águas (2005), somente no Brasil o consumo anual de água é de 26,5 km<sup>3</sup> sendo o maior consumo na irrigação (591 m<sup>3</sup>/s, representando 69% do total), seguido pelo consumo animal e urbano (89 e 88 m<sup>3</sup>/s, respectivamente). Já na área rural, o consumo é de 18 m<sup>3</sup>/s e nas atividades industriais 55 m<sup>3</sup>/s.

Por outro lado, cerca de 9 mil km<sup>3</sup> de água doce são disponíveis para exploração humana em todo o mundo, o que seria suficiente para a manutenção de 20 bilhões de pessoas que correspondem ao triplo da população atual (GHASSEMI, 1995). Entretanto, existem problemas sérios de distribuição. Países cuja disponibilidade de água não atinge 1 mil m<sup>3</sup>/hab./ano sofrem de escassez de oferta. Em 1990, cerca de 20 países integravam o bloco dos deficitários, prevendo-se para 2025 a inclusão de mais 10, entre os quais: Haiti, Marrocos, África do Sul, Síria, Etiópia, Egito, etc.

A água existe na natureza nas fases sólida, líquida e gasosa, como componentes do chamado ciclo hidrológico ou ciclo da água. O ciclo hidrológico é um ciclo contínuo, em que a água no estado líquido evapora-se da superfície da Terra, dos oceanos e outras reservas e incorpora-se à atmosfera no estado gasoso, retornando ao estado anterior sob a forma de chuva

ou neve. Anualmente, a energia do sol faz com que um volume aproximado de 500 mil km<sup>3</sup> de água se evapore, principalmente dos oceanos. Do ponto de vista de suprimento de água para as plantas e uso em agricultura irrigada, são de grande interesse estudos que envolvam a água de chuva, água armazenada em reservatório de superfície e água subterrânea.

Segundo Tundisi (2003), o ciclo hidrológico é o modelo pelo qual são representados a interdependência e o movimento contínuo da água nas fases sólida, líquida e gasosa, embora a fase de maior interesse seja a líquida, fundamental para satisfazer as necessidades do homem e de todos os outros organismos, animais e vegetais. De acordo com Speidel et al. (1988), os componentes do ciclo hidrológico são:

- precipitação: água adicionada à superfície da Terra a partir da atmosfera, que pode ser líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo);
- evaporação: processo de transformação da água líquida para a fase

gasosa, sendo a maior contribuição dos oceanos;

- transpiração: perda de vapor de água pelas plantas, que entra na atmosfera;
- infiltração: processo pelo qual a água é absorvida pelo solo;
- percolação: processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas até o lençol freático;
- drenagem: deslocamento de água nas superfícies, durante a precipitação.

Na Figura 1, é possível visualizar as peculiaridades do ciclo hidrológico e seus principais processos. No Quadro 1, podem ser comparados os volumes de água em circulação na Terra.

### Água de chuva

A água de chuva é o componente mais importante do ciclo hidrológico por constituir a principal fonte de uso pelas plantas por meio da reposição da capacidade de armazenamento hídrico do solo e do reabastecimento dos reservatórios de águas superficiais e subterrâneas. Estima-se que a

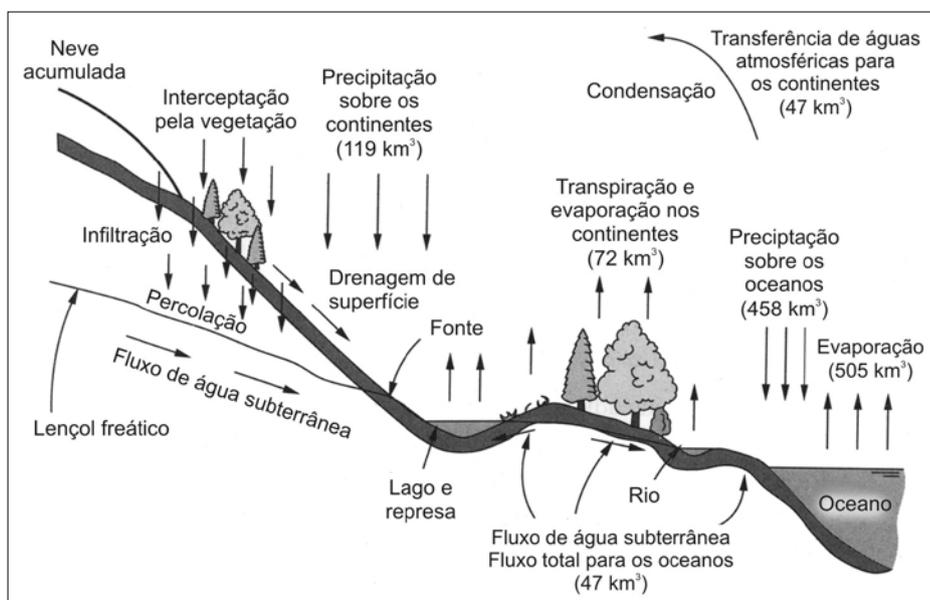


Figura 1 - Ciclo hidrológico

FONTE: Tundisi (2003).

NOTA: Os números em km<sup>3</sup> ( $\times 10^3$ ) indicam os fluxos de evaporação, precipitação e drenagem para os oceanos.

<sup>4</sup>1 km<sup>3</sup> = 1 bilhão m<sup>3</sup>.

QUADRO 1 - Volume de água em circulação na terra, em km<sup>3</sup>/hab./ano

Componente hidrológico	Volume (km <sup>3</sup> /hab./ano)
Precipitação nos oceanos	458.000
Precipitação nos continentes	119.000
Descarga total nos rios	43.000
Volume do vapor atmosférico	13.000
Evaporação dos oceanos	503.000
Evaporação dos continentes	74.200
Contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas dos rios	43.000

FONTE: Costa (2007b).

contribuição do ciclo hidrológico, de água oriunda dos oceanos para a terra firme, apresenta um saldo positivo próximo de 40 mil km<sup>3</sup>/ano, servindo como alimentador dos rios e recarga dos depósitos superficiais e subterrâneos (CRISE..., 1994).

A chuva é uma forma de irrigação natural das lavouras com água praticamente isenta de sais, apresentando condutividade elétrica (CE) em torno de 0,010 dS/m (MOLLE; CADIER, 1992), o que confere à planta um ótimo sabor para consumo humano.

### Águas de superfície

Entende-se como águas de superfície as águas doces armazenadas em barragens, açudes, lagos, represas em geral e as contidas nos fluxos dos rios. Cerca de 2,5% das águas da Terra, o que corresponde a 35 milhões de km<sup>3</sup>, são consideradas potáveis. Entretanto, 24 milhões de km<sup>3</sup> desse total (1,74%) estão indisponíveis por estocagem na forma de gelo ou neve no topo de montanhas ou nas calotas polares. O volume de água doce contido nos lagos é estimado em 91 mil km<sup>3</sup>, o que corresponde a apenas 0,007% de toda a água existente, e o volume dos rios compreende cerca de 2.120 km<sup>3</sup> (CRISE..., 1994; GHASSEMI et al., 1995).

Dos 3% de reserva de água doce da Terra, o Brasil detém 13%. Essa visão de abundância, aliada à grande dimensão continental do País, favoreceu o desenvolvimento de uma consciência de inegotabilidade, isto é, um consumo distante

dos princípios de sustentabilidade e sem preocupação com a escassez. A elevada taxa de desperdício de água no Brasil, 70%, comprova essa despreocupação. A oferta gratuita de recursos pela natureza e a crença de sua capacidade ilimitada de recuperação diante das ações exploratórias, contribuiu para essa postura descomprometida com a proteção e o equilíbrio ecológico (AMBIENTE BRASIL, 2004).

As principais fontes de água para irrigação são representadas pelas águas de superfície, que são abastecidas pelas águas de chuva e apresentam maior facilidade de captação.

### Água subterrânea

A água subterrânea estende-se por toda parte sob a superfície do solo, distribuída desde as planícies mais áridas até os pontos mais altos do relevo terrestre e constitui uma das principais fontes de toda a água utilizável pelo homem. As reservas subterrâneas são abastecidas por infiltração lenta das águas superficiais, através dos solos e acomodam-se em camadas rochosas a diferentes profundidades, sendo mantidas, muitas vezes, sob pressão. São essas águas que abastecem os poços utilizados nas zonas rurais, pequenas e médias cidades.

Com um custo maior que o da água de superfície, a subterrânea deve ser tratada como reserva estratégica e protegida como recurso natural capaz de assegurar a sobrevivência humana com direito à boa qualidade de vida.

No que diz respeito à gestão de águas,

Rodriguez (1991) afirma que as águas subterrâneas não podem ter tratamento distinto das águas de superfície, já que no ciclo hidrológico elas interagem. Os cursos de águas perenes mantêm-se com as águas das chuvas que se infiltram e abastecem depósitos subterrâneos. Problemas, no entanto, podem surgir, quando o uso consultivo superar a recarga natural do manancial subterrâneo.

Em algumas regiões cafeeiras, como Araguari, no Triângulo Mineiro, a utilização de água subterrânea para a irrigação tem grande importância, tanto no que diz respeito ao aumento de produtividade da cultura, como na incidência de constantes conflitos pelo uso dessa água.

## RECURSOS HÍDRICOS: DISPONIBILIDADE E USOS

Sabe-se que a maior parte do nosso planeta é coberta de água. Entretanto, apenas uma pequena parcela pode ser facilmente utilizada pelo homem para suas diversas atividades. A maior parte da água que cobre 71% da superfície da Terra está contida nos mares e oceanos e corresponde a 96,5% de toda água existente no planeta. Há também uma significativa parcela de água presente nas geleiras e neves que são de difícil captação e, portanto, não são aproveitáveis.

Segundo Setti (1995), a qualidade de água livre sobre a Terra atinge 1.370 milhão de km<sup>3</sup>, sendo apenas 0,6% de água doce líquida disponível naturalmente. Desse valor, apenas 1,2% é de águas superficiais encontradas nos rios e lagos e o restante (98,8%) está no subsolo. Dessa água subterrânea, somente a metade é utilizada, já que a outra parte é encontrada a profundidades maiores que 800 m e, portanto, de difícil captação. Assim, resta apenas 0,3% de toda água do planeta, que pode ser aproveitada facilmente e captada dos rios e lagos.

A disponibilidade de água no planeta é superior à demanda da população. No entanto, sua distribuição aos diferentes setores consumidores para os diversos usos é extremamente desigual, o que confere a muitas regiões déficit de recursos hídricos,

comprometendo o atendimento à população em geral.

Além da má distribuição e das perdas, a crescente degradação dos recursos hídricos, devido à concentração de cargas poluidoras em algumas regiões e à falta de escrúpulos quanto ao lançamento dessa carga nos cursos d'água, também deve ser considerada um dos fatores que tornam a água imprópria para diversos usos.

Assim, diversas regiões do mundo enfrentam hoje problemas relativos à escassez de água com qualidade compatível ao uso que se fará dela.

Mota (1997) classifica os principais usos da água como consultivos (quando há perdas entre o que é retirado e o que retorna ao sistema natural) e não consultivos (quando ocorre o contrário). Os consultivos são: abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação e dessedentação de animais. Os não consultivos são: recreação, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, conservação da flora e da fauna, navegação, pesca e diluição, assimilação e afastamento de despejos.

O consumo de água tende a crescer com o aumento da população, o desenvolvimento industrial e outras atividades humanas. Cada vez mais retira-se água dos mananciais e produzem-se resíduos líquidos, que voltam para seus recursos hídricos alterando a sua qualidade.

Para cada uso da água, há necessidade de que esta tenha uma determinada qualidade. A água para beber, por exemplo, deve obedecer a critérios mais rígidos do que a utilização na recreação ou para fins paisagísticos. A qualidade desejável para a água usada na irrigação varia em função dos tipos de culturas, onde será aplicada. Culturas alimentícias, por exemplo, exigem uma qualidade de água superior à de culturas não alimentícias. O mesmo acontece com a água destinada às indústrias, cujas características dependem dos tipos de processamentos e produtos das fábricas. Alguns usos provocam alterações nas características da água, tornando-a imprópria para outras finalidades. A irrigação, com o uso de fertilizantes e pesticidas, pode pro-

vocar a poluição de mananciais, causando prejuízos a outros usos. A água utilizada para diluir despejos, mesmo tratada, torna-se imprópria para o consumo humano e para outros fins.

Observa-se que há necessidade do manejo adequado dos recursos hídricos, compatibilizando seus diversos usos de forma que garanta água com qualidade e na quantidade desejáveis aos seus diversos fins. Este é um dos grandes desafios da humanidade: saber aproveitar os seus recursos hídricos garantindo os seus múltiplos usos hoje e sempre.

Em algumas regiões, há água em abundância, suficiente para suprir as necessidades da população e para diluir os resíduos líquidos resultantes dos diversos usos. Em outras, com características áridas ou semi-áridas, há escassez de água, muitas vezes até para fins mais nobres, como o abastecimento humano. No Brasil, por exemplo, na região Semi-Árida do Nordeste, em períodos longos de estiagem, a população de algumas áreas é, muitas vezes, obrigada a percorrer grandes distâncias para apanhar água que, freqüentemente, é de péssima qualidade.

Em outras regiões do País, onde há relativa abundância de água, os problemas de poluição são graves, resultantes da urbanização, industrialização, mineração, irrigação e outras atividades, havendo, muitas vezes, dificuldade de obter água na qualidade adequada para determinados usos. Com isso, torna-se necessária a implantação de processos de tratamento mais rigorosos e isso será refletido no custo da água fornecida.

Constata-se, assim, que no manejo dos recursos hídricos é importante considerar os aspectos de qualidade e quantidade de água. Os múltiplos usos desse líquido devem ocorrer de forma equilibrada, considerando a sua disponibilidade e a capacidade dos mananciais em diluir e depurar recursos líquidos.

### **Crise da água**

De acordo com Tundisi (2003), a deterioração dos mananciais e do suprimento de

água é resultado do constante aumento no volume de água utilizado para vários fins e do aumento da poluição e da contaminação hídrica. Os impactos causados têm custos econômicos elevados na recuperação das fontes de água para abastecimento, incidindo sobre a sociedade nos diferentes continentes e países. Um dos maiores agravantes da deterioração dos recursos hídricos é a repercussão na saúde humana e no aumento da mortalidade infantil e das internações hospitalares.

Ainda segundo Tundisi (2003), outra causa das mudanças no ciclo hidrológico são as alterações globais no planeta, que deverão causar impactos na evaporação, no balanço hídrico e na biodiversidade dos sistemas aquáticos. Águas superficiais e subterrâneas sofrem contínuos impactos com grandes danos ao funcionamento dos ecossistemas, ao balanço hídrico e à disponibilidade de recursos hídricos para a espécie humana e outras espécies de animais e plantas.

Conforme a Unesco (2003), os principais problemas mundiais de água no planeta são os seguintes:

- a) o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) identifica 80 países com grandes problemas de água, representando 40% da população mundial;
- b) 1/3 da população mundial vive em países onde a falta de água vai de moderada a alta;
- c) mais de 1 bilhão de pessoas têm problemas de acesso à água potável e 2,4 bilhões não têm acesso a saneamento básico, provocando centenas de milhões de casos de doenças de veiculação hídrica e mais de 5 milhões de mortes a cada ano. Estima-se que de 10 mil a 20 mil crianças morrem todo dia vítimas de doenças de veiculação hídrica;
- d) mais de 20% de todas as espécies de água doce estão ameaçadas em função da construção de barragens, diminuição do volume de água e danos causados por poluição e contaminação;

- e) 37% da população mundial vive próximo à costa, onde o esgoto doméstico é a maior fonte de contaminação;
- f) 30 a 60 milhões de pessoas foram deslocadas diretamente pela construção de represas em todo o planeta;
- g) 120 mil km<sup>3</sup> de água estão contaminados.

Segundo Watson et al. (1998), as perspectivas para o futuro não são nada promissoras. Esses autores observam que:

a) em 2025, dois terços da população mundial estarão vivendo em regiões com estresse hídrico. Em muitos países em desenvolvimento, a pouca disponibilidade de água afetará o crescimento e a economia local e regional;

b) a poluição da água continuará afetando os recursos hídricos continentais e as águas costeiras;

c) o uso inadequado do solo afetará bacias hidrográficas nos continentes, águas costeiras e estuários.

No Quadro 2, pode-se visualizar a disponibilidade de água nos continentes em relação ao percentual populacional, segundo a Unesco (2003). Nota-se que o problema mais sério é no Continente Asiático, que possui mais da metade da população do mundo, mas tem disponíveis somente 36% dos recursos hídricos mundiais.

Em algumas regiões do mundo, a disponibilidade hídrica já é problema sério, com regiões e países à beira do colapso (Quadros 3 e 4).

De acordo com Costa (2007b), a situação também é crítica no México, Hungria, Índia, China, Tailândia e Estados Unidos. Os países mais pobres em água têm a sua população concentrada nas áreas próximas a rios, em regiões áridas ou insulares da terra. A disponibilidade de menos de 1 mil m<sup>3</sup>/hab./ano já representa condição de “estresse de água” e menos de 500 m<sup>3</sup>/hab./ano configura “escassez de água”, segundo Falkenmark (1986). Outro fator que também deve ser considerado no consumo de

QUADRO 2 - Relação entre a disponibilidade de água e a população

Continente	Água (%)	População (%)
América do Norte e Central	15	8
América do Sul	26	6
Europa	8	13
África	11	13
Ásia	36	60
Austrália e Oceania	5	1

FONTE: Unesco (2003).

QUADRO 3 - Regiões onde há deficiência de água

Continente	Área (km <sup>2</sup> )
África	Saara (9.000.000)
	Kalahari (260.000)
Ásia	Arábia (225.000)
	Gobi (1.295.000)
Chile	Atacama (78.268)

FONTE: Universidade da Água (2005).

QUADRO 4 - Países pobres em água

País	Disponibilidade de água (m <sup>3</sup> /hab./ano)
Kuwait	Praticamente nula
Malta	40
Quatar	54
Gaza	59
Bahamas	75
Arábia Saudita	105
Líbia	111
Bahrein	185
Jordânia	185
Cingapura	211
União dos Emirados Árabes	279

FONTE: Margat (1998).

água é a faixa de renda da população, que envolve fatores ligados ao desperdício por falta de conscientização, de instrução (classe baixa) ou por descaso provocado pelo seu baixo valor monetário (classe alta), conforme Gráfico 1.

Segundo Costa (2007b), o Brasil destaca-se no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica é de 177.900 m<sup>3</sup>/s.

Esse valor, somado aos 73.100 m<sup>3</sup>/s da Amazônia internacional, representa 53% da produção de água doce do Continente Sul-Americano e 12% do total mundial, distribuído em quatro bacias hidrográficas: Amazônica, Prata ou Platina, São Francisco e Tocantins.

Porém, mesmo possuindo grandes bacias hidrográficas, que totalizam cerca de 80% da produção hídrica, cobrindo 72%

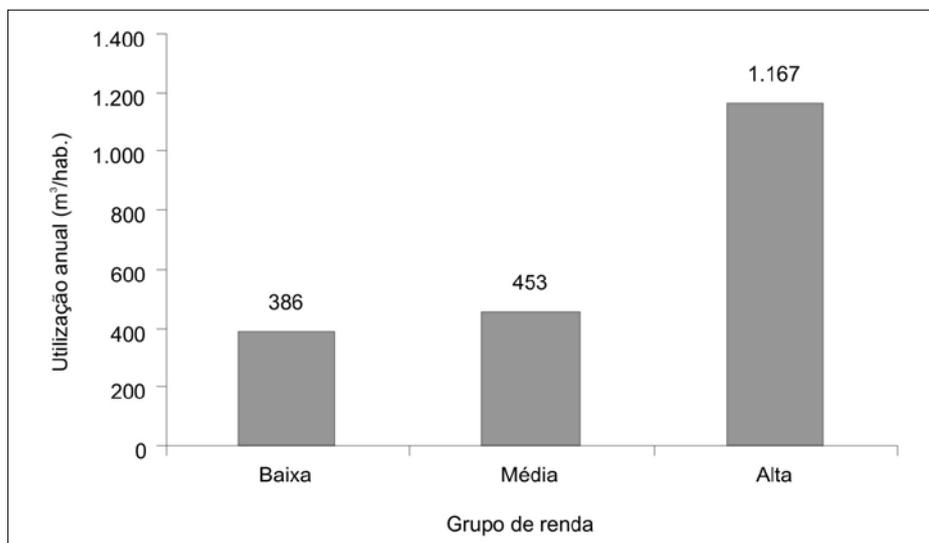


Gráfico 1 - Relação entre consumo de água e faixa de renda da população mundial  
 FONTE: Dados básicos: Universidade da Água (2005).

do território brasileiro, o Brasil sofre com escassez de água, devido à má distribuição da densidade populacional dominante, que cresce exageradamente e concentra-se em áreas de pouca disponibilidade hídrica.

### Gestão dos recursos hídricos

Todos os problemas relacionados com escassez de água no mundo, segundo Costa (2007a), confirmam a necessidade de maior controle em sua utilização. Porém, a água pode ser hoje considerada como o produto mais valioso do mundo, abrindo nova fronteira para os investidores privados.

Em 8 de janeiro de 1997, foi promulgada a Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta lei, popularmente conhecida como “lei das águas”, estabelece como fundamentos em seu art. 1º:

- I- a água é um bem de domínio público;
- II- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV- gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V- a bacia hidrográfica é a unidade

territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Segundo Tundisi (2003), o gerenciamento preditivo, integrado e adaptativo de recursos hídricos implica em um conjunto de estratégias de planejamento, participação de usuários e organizações institucionais, implementando tecnologias diferenciadas, avançadas e de baixo custo.

Este gerenciamento deve ser efetivado a partir da bacia hidrográfica, sendo mais efetivo, à medida que a organização institucional incorpora a participação de usuários, a promoção de políticas públicas e o treinamento de gerentes com visão sistêmica tecnológica de problemas sociais e econômicos.

A gestão atual dos recursos hídricos passa por um processo de transição em que a descentralização, a gestão por bacias hidrográficas, o monitoramento permanente e a disponibilização de informações para a sociedade são pontos fundamentais.

### Água no terceiro milênio

Segundo Tundisi (2003), a água é um recurso natural, distribuído desigualmente pela superfície e aquíferos do planeta e sua disponibilidade, uso e gerenciamento adequado são fundamentais para o futuro sustentável da humanidade. A água apresenta algumas características essenciais:

- a) é ubíqua: está em quase todas as regiões do planeta, principalmente onde há concentração humana;
- b) é um recurso heterogêneo: existe nas formas líquida, sólida e gasosa, sendo a líquida a mais utilizada;
- c) é um recurso renovável: o ciclo da água implica permanente renovação do seu estoque e da sua qualidade. Tecnologias modernas têm interferido no ciclo natural, como dessalinização, alteração nos padrões de precipitação, etc.;
- d) é uma propriedade comum: não há ainda definição clara dos direitos de propriedade da água em muitos países;
- e) é utilizada em grandes volumes: excede consideravelmente as quantidades de outros recursos naturais usados pelo homem;
- f) a água doce é muito barata: águas municipais custam menos de US\$ 0,30 por tonelada métrica, enquanto areia custa US\$ 3,00/tonelada, o ferro custa US\$ 30,00/tonelada. No Brasil, a água municipal, cujo custo varia, está em torno de R\$ 0,35/mil m³ para uso doméstico, ou US\$ 0,22/tonelada.

Ainda segundo Tundisi (2003), é fundamental persistir na proposta do gerenciamento integrado, preditivo em nível de ecossistema, utilizando a bacia hidrográfica como um mecanismo básico de gestão do solo e das águas. As missões mais importantes para a gestão de águas e para a política de gerenciamento devem ser:

- a) fornecer água adequada e com qualidade e quantidades suficientes para uso doméstico, industrial e para a agricultura;

- b) promover e proporcionar suprimentos adequados a todos;
- c) gerenciar adequadamente a água, seu uso e seu suprimento;
- d) proteger a capacidade de renovação da água superficial e subterrânea;
- e) conservar a biodiversidade dos sistemas aquáticos;
- f) reduzir conflitos internacionais, locais e regionais sobre o uso das águas;
- g) proteger comunidades rurais e urbanas de enchentes;
- h) purificar e tratar a água de esgoto e de efluentes;
- i) proteger os mananciais.

Segundo Rosengrant (1996), os desafios referentes à escassez de água devem ser enfrentados com gerenciamento do suprimento e da demanda, com a inclusão de novas fontes, como a exploração sustentada dos aquíferos subterrâneos, reflorestamento intensivo para proteger recargas e proteção e recuperação dos solos para melhor gestão da qualidade da água. O reúso da água deve ser um fator cada vez mais preponderante no século 21, podendo desempenhar papel econômico fundamental.

Além do reúso, a captação das águas de precipitação ou enchentes para suprir cultivos irrigados deve ser intensificada em regiões áridas e semi-áridas. Esse procedimento pode melhorar o padrão de conservação do solo, evitando a erosão (CLARKE, 1993 apud TUNDISI, 2003).

Folegatti et al. (2004) apresentam informações muito importantes a respeito do consumo diário de cada um dos sistemas de irrigação mais utilizados no Brasil (Quadro 5). Nota-se que alguns são muito mais eficientes no que diz respeito à economia de água, como a microaspersão e o gotejamento.

Conforme Carmo (2005), a grande participação do setor agrícola no consumo de água explica-se principalmente, pelo uso da água para irrigação. Com a intensificação da prática da irrigação, como uma alternativa estratégica para aumentar a oferta de produtos agrícolas, as áreas

QUADRO 5 - Comparação de vazão, consumo diário e população equivalente dos principais sistemas de irrigação utilizados no Brasil

Sistema de irrigação	Vazão contínua (L/s/ha/dia)	Consumo diário (m <sup>3</sup> /ha)	População equivalente (habitantes)
Gotejamento	0,35 a 0,50	30 a 44	300 a 440
Microaspersão	0,50 a 0,70	44 a 61	440 a 610
Aspersão (todos os tipos)	1,00	86,4	864
Inundação	2,00 a 2,50	>121	>1210

FONTE: Folegatti et al. (2004).

irrigadas no Brasil vêm aumentando. No período de 1992 a 2002, a área irrigada teve crescimento de 8%. É necessário que haja um manejo racional da irrigação, não apenas utilizando técnicas mais modernas, mas também aplicando quantidades adequadas de água para cada tipo de cultura nos períodos ótimos. Atualmente, por não adotar métodos de manejo de irrigação, o produtor rural acaba utilizando água em excesso, para garantir que a cultura não sofra um estresse hídrico, o que poderia comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência um desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário.

Assumindo-se que com um programa de conscientização sobre o uso racional da água de irrigação consiga-se reduzir, em média, 1 mm/dia a água aplicada nas áreas irrigadas, o que equivaleria a 10 m<sup>3</sup>/ha/dia. Em 3 milhões de hectares irrigados atualmente no Brasil, corresponderia a uma economia de 30 milhões m<sup>3</sup>/dia. Admitindo-se que se irriga, em média, apenas 180 dias do ano, a economia total seria de 5,4 bilhões m<sup>3</sup>/ano. Considerando que o consumo de água numa cidade do porte de Belo Horizonte (3 milhões de habitantes) seja de 12 m/s ou 1.063.800 m<sup>3</sup>/dia, em um ano, consomem-se 378.432.000 m<sup>3</sup> de água. A economia com o uso racional da água daria para suprir 14 cidades do porte de Belo Horizonte por ano (RESENDE, 2001 apud MIRANDA, 2004).

Telles (2002) observa que, no uso inadequado da água para a irrigação e para a dessedentação de animais, os pontos de maior conflito são o desperdício e a

pouca preocupação com a qualidade da água. Outro aspecto a ser mencionado é que a água utilizada amplamente no setor agropecuário não retorna a suas fontes de origem ou retorna comprometida por contaminação com pesticidas ou com dejetos do rebanho.

A importância do manejo adequado da água nos grandes centros urbanos destaca-se por conta da pressão exercida pelo não tratamento e pela relativa escassez hídrica encontrada na maioria dessas áreas, conforme aponta Carmo (2005).

Várias estratégias podem ser utilizadas para enfrentar a escassez e aumentar a disponibilidade de água (SHIKLOMANOV, 1998; VILLIERS, 2000; REBOUÇAS, 1999):

- a) estratégia para a obtenção de mais água: deve-se aumentar as áreas de reservas, proteger os aquíferos subterrâneos e desenvolver sistemas de transporte de água para onde há escassez. A dessalinização pode ser importante instrumento para a obtenção de água doce no futuro, tendo como principal problema o custo da energia despendida no sistema. Outro mecanismo que pode ser um fator decisivo para muitas regiões no alívio da pressão sobre recursos e mananciais é a transposição de águas, porém deve ser acompanhada de um processo permanente de auditoria, avaliando o impacto da transposição e seus efeitos posteriores;
- b) estratégias para diminuir o consumo e reciclar água: deve-se reduzir a demanda de água, colocando preços adequados no fornecimento, taxando

a poluição ou tornando o consumo mais eficiente, com técnicas mais baratas, educação da população e uma nova ética da água. Técnicas inovadoras de irrigação, como gotejamento, por aspersão com baixa pressão, podem ser estimuladas, com muitos benefícios para a conservação de água;

- c) estratégias para o gerenciamento integrado: devem-se estabelecer bases sólidas para o gerenciamento integrado, aprimorando capacidades institucionais, integrando sistemas federais, estaduais e municipais, implantando Comitês de Bacias Hidrográficas, dando proteção para as questões relacionadas com a proteção dos mananciais e com os usos múltiplos da água e educação da população;
- d) estratégias para a conservação da água em nível internacional e entre fronteiras estaduais: atualmente há 200 bacias internacionais, cujos usos múltiplos de água têm gerado conflitos, produzindo efeitos no volume (enchentes) e grandes perdas econômicas em razão da poluição e da eutrofização de grandes volumes de água. A conservação desta em nível internacional somente pode ser realizada se grupos internacionais puderem administrar os recursos hídricos com legislação apropriada, internacional, com novas tecnologias e investimentos compartilhados.

## PRINCIPAIS PROPRIEDADES DA ÁGUA

A água possui propriedades que a caracterizam, diferenciando-a dos ambientes terrestre e aéreo, e que são responsáveis pela sobrevivência de grande variedade de animais e vegetais. Estas propriedades estão descritas no Quadro 6.

## PRINCIPAIS TIPOS DE MANANCIAIS

As águas utilizadas para consumo, em geral, são provenientes dos seguintes tipos de mananciais: poços, rios ou lagos.

QUADRO 6 - Propriedades da água

Propriedade	Definição
Peso específico	O elevado peso específico da água em relação ao do ar (cerca de 800 vezes maior) possibilita a existência, nesse ambiente, de uma fauna e flora próprias, que vivem em suspensão, compreendendo o plâncton.
Viscosidade	A resistência que a água oferece ao deslocamento ou atrito dos corpos em suspensão (viscosidade) é também bem mais elevada na água do que no ar, permitindo grande número de espécies animais, vegetais, microscópicas e macroscópicas.
Tensão superficial	A película de tensão superficial existente no limite entre a água e o mar tem grande importância, por várias razões: alguns organismos conseguem manter-se sobre a superfície da água graças a essa película (ex: aves aquáticas); outros animais, de pequeno peso, conseguem sustentar-se sobre a película; outros organismos, como os insetos, reproduzem-se dependurados nessa película.
Calor específico e temperatura	O calor específico da água (quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a sua temperatura) é muito alto. Assim, a água tem capacidade de absorver grandes quantidades de calor sem que ocorram elevações bruscas de temperatura. Este é um fenômeno importante, pois permite que os imensos volumes de água dos oceanos absorvam grandes quantidades de calor durante o dia, devolvendo-as à atmosfera durante a noite, de forma que não ocorram elevadas variações de temperatura do ar atmosférico. A temperatura da água também varia pouco e de forma lenta durante o dia, garantindo a sobrevivência dos seres aquáticos.
Oxigênio dissolvido	A sobrevivência dos organismos aeróbios (como os peixes) na água depende da presença de oxigênio dissolvido, que provém do ar e da atividade fotossintética das algas e de outros vegetais aquáticos. Quanto maior for a agitação da água (velocidade, quedas d'água), maior quantidade de oxigênio será absorvida.
Transparência	Como já foi dito no item anterior, a transparência da água tem grande importância ecológica, pois, em função dela, os raios solares podem penetrar a maior ou menor profundidade e, em função disso, pode ocorrer maior ou menor atividade fotossintética.
Gás carbônico	Este gás desempenha, também, importante papel no meio aquático, pois é indispensável à realização da fotossíntese. É introduzido na água a partir do ar atmosférico, da atividade respiratória dos organismos do meio aquático ou da decomposição da matéria orgânica. Sais minerais são indispensáveis à atividade fotossintética das algas e de outros vegetais aquáticos. Elementos como nitrogênio, fósforo, potássio existem, geralmente, na água. Algumas atividades humanas resultam no lançamento de grandes quantidades desses sais, ocasionando o problema da eutrofização da água.
Matéria orgânica (MO)	A MO é utilizada na alimentação dos seres heterótrofos e como fonte de sais nutrientes e gás carbônico para os autótrofos após a decomposição bacteriana. A MO na água origina-se, normalmente, da atividade fotossintetizante dos organismos autótrofos (ou produtores) ou da presença de folhas, solo carregado das margens, restos de animais, etc. O lançamento de resíduos na água pode aumentar bastante a quantidade da MO, provocando desequilíbrios ecológicos, pois a sua elevação significa mais atividade de decomposição pelas bactérias aeróbias, com elevado consumo e conseqüente redução do oxigênio do meio.

## Poços

Os poços, especialmente os denominados poços artesanais (geralmente de grande profundidade e cujo nível d'água eleva-se acima do nível natural do lençol freático), constituem, freqüentemente, importantes fontes, dada a quase completa ausência de microorganismos em suas águas.

## Rios

Os rios constituem um ambiente ecológico caracterizado, especialmente, pela presença de correnteza. Além disso, não chegam, em condições naturais (a não ser excepcionalmente), a possuir concentrações tão elevadas de substâncias nutritivas quanto os lagos, que têm esta possibilidade.

Os rios podem ser classificados, ecologicamente, por diferentes critérios, de acordo com vários fatores, como pode ser visto no Quadro 7.

## Lagos

Os lagos caracterizam-se, em geral, por uma maior estabilidade quanto às suas propriedades físicas. Os efeitos, devido à presença de correnteza, são geralmente muito diminuídos, a sedimentação do lodo no fundo é maior, assim como a superfície de evaporação. No Quadro 8, constam as diferentes classificações para lagos.

## POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A poluição das águas resulta da introdução de resíduos, na forma de matéria ou energia, de modo que esta água se torna prejudicial ao homem e a outras formas de vida ou imprópria para um determinado uso.

Esse é um conceito amplo, que associa poluição ao uso da água e não somente aos danos que esta água pode causar aos organismos. É, portanto, um conceito relativo. Uma água pode ser considerada poluída para um determinado uso e não para outro.

Quando a poluição da água resulta em

QUADRO 7 - Classificação dos rios

Classificação	Descrição
Natureza da fonte	As fontes que podem dar origem a um rio são: glaciários, fusão da neve, nascentes e drenagem direta das chuvas. No clima brasileiro, somente podem ser encontrados os dois últimos tipos e, destes, o rio de nascentes é o que se reveste de maior importância, como fonte perene de água para abastecimento público.
Constância	A natureza perene ou intermitente de um rio depende, em primeiro lugar, do tipo de fonte que lhe dá origem. Rios, como o desconhecido Vaza Bar- ris, tão bem descrito pelo Eng <sup>o</sup> Euclides da Cunha, são característicos da Região Nordeste brasileira, chegando a apresentar uma vazão de várias dezenas de metros cúbicos na época de chuvas e secando totalmente na época da seca.
Declividade, tamanho, velocidade da corrente	São três fatores intimamente relacionados. O tamanho do rio e sua declividade determinam a velocidade de sua corrente que é o mais importante fator ecológico. A velocidade, por sua vez, está sujeita a grandes variações, de acordo com o volume de água e, portanto, a variações estacionais. Quanto à velocidade, os rios são classificados em lentos, quando esta é menor que 0,5 m por segundo, e rápidos, quando maior. Quanto maior é a velocidade de um rio, maior é a sua vazão, já que esta é o produto da velocidade do rio pela área da sua seção: $Q(m^3/s) = V(m/s) \times A(m^2)$ .
Natureza do leito	A natureza do leito de um rio depende, essencialmente, da velocidade de sua correnteza. Os rios ou os trechos de rios, onde a água corre com maior velocidade, possuem o seu leito formado de seixos de maior volume, enquanto que em locais de menor velocidade dá-se a sedimentação do material mais fino e leve, como areias finas, silte ou vaza orgânica.
Temperatura	Os rios podem ser classificados, também, quanto à temperatura de suas águas. Este é um importante fator ecológico, tanto pela influência direta que pode exercer sobre os vários tipos de organismos, como pela relação existente entre ele e o teor de gases dissolvido.
Produtividade	A produtividade de uma massa d'água qualquer pode ser definida, em sentido amplo, como a sua capacidade de alimentar organismos, isto é, a sua riqueza em nutrientes que possibilitem a vida e a reprodução de organismos aquáticos. Esse parece ser um dos mais significativos dados a respeito de uma massa d'água e um ótimo critério para classificação de rios ou lagos, embora a sua avaliação apresente dificuldades materiais e exija recursos e precisão técnica.

prejuízos à saúde do homem, diz-se que está contaminada. Assim, contaminação é um caso particular de poluição. Uma água está contaminada, quando contém microorganismos patogênicos ou substâncias químicas ou radioativas, causadores de doenças e/ou morte ao homem.

## FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA

Os poluentes podem alcançar as águas superficiais ou subterrâneas pelo lançamento direto, precipitação, escoamento pela superfície do solo ou infiltração.

As fontes de poluição da água podem ser localizadas (pontuais), quando o lança-

mento de carga poluidora é feito de forma concentrada, em determinado local, ou não localizadas (difusas), quando os poluentes alcançam um manancial de modo disperso, não se determinando um ponto específico de introdução.

Como exemplos de fontes localizadas, citam-se as tubulações emissárias de esgotos domésticos ou industriais e as galerias de águas pluviais. Como fontes não localizadas, podem ser incluídas as águas do escoamento superficial ou de infiltração. No Quadro 9 constam os principais agentes poluidores de água, de acordo com os seus diversos usos.

QUADRO 8 - Classificações de lagos

Classificação	Definição
Efêmero	Seca anualmente durante a estiagem ou em anos particularmente secos.
Endorréico	Sem escoamento de saída superficial ou subsuperficial, no qual a vazão afluente é perdida por evaporação.
Eutrófico	Caracterizado por grande quantidade de substâncias nutrientes e biogênicas, assim como pela presença abundante de fitoplâncton durante o verão.
Exorréico	Caracterizado por um escoamento permanente que decorre do excesso da vazão total afluente (inclusive a precipitação) sobre as perdas globais em água.
Fechado	Geralmente em regiões áridas e só perde água por evaporação ou por fugas.
Meromítico	No qual se dá uma alteração de circulação incompleta no outono.
Mesotrófico	Contém quantidades moderadas de nutrientes vegetais.
Oligotrófico	Deficiente em nutrientes vegetais, geralmente com abundante oxigênio dissolvido sem estratificação acentuada.
Temporário	Leito de um lago encontrado em regiões áridas ou desérticas, no fundo de um vale fechado, cuja drenagem se faz para o interior. O lago é geralmente seco, salvo após temporais intensos, quando pode ficar recoberto por uma delgada lâmina de água que desaparece rapidamente por evaporação.

QUADRO 9 - Principais agentes poluidores das águas

Poluentes	Principais parâmetros	Possível efeito poluidor
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	Problemas estéticos Depósitos de iodo Adsorção de poluentes Proteção de patogênicos
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio	Consumo de oxigênio Mortandade de peixes Condições sépticas
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	Crescimento excessivo de algas Toxicidade aos peixes Doença em recém-nascidos (nitrato) Poluição da água subterrânea
Patogênicos	Coliformes	Doenças de veiculação hídrica
Matéria orgânica não biodegradável	Pesticidas, alguns detergentes, outros	Toxicidade (vários) Espumas (detergentes) Redução da transferência de oxigênio (detergentes) Não biodegradabilidade Maus odores (ex.: fenóis)
Metais pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, P, Zn, etc.)	Toxicidade Inibição do tratamento biológico dos esgotos Problemas na disposição do lodo na agricultura Contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais Condutividade elétrica	Salinidade excessiva Prejuízo às plantações (irrigação) Toxicidade às plantas (alguns íons) Problemas de permeabilidade de solo (sódio)

FONTE: Dados básicos: Sperling (1996 apud COSTA, 2007c).

## PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os teores máximos de impureza permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos. Esses teores constituem os padrões de qualidade, os quais são fixados por entidades públicas com o objetivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas

que prejudiquem o seu uso.

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, aqueles de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (água para fins de recreação de contato primário), que, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinada ao uso industrial. O

Quadro 10 destaca as associações da qualidade da água em relação ao seu uso.

## CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

No Brasil, a classificação das águas é definida pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

Esta Resolução estabeleceu 12 classes,

QUADRO 10 - Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento doméstico de água	-	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Adequada para serviços domésticos Baixa agressividade e dureza Esteticamente agradável
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (ex.: alimento, bebidas, remédios)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Esteticamente agradável
	Água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (exemplo: refrigeração e caldeiras)	Baixa dureza Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Salinidade não excessiva
	Demais plantações	Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais	-	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da flora e fauna	-	Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Recreação e lazer	Contato primário (direto com o meio líquido, por exemplo: natação, esqui)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido, por exemplo: navegação de lazer, pesca, etc.)	Aparência agradável
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termoelétricas	Baixa dureza Baixa presença de material grosseiro que possa pôr em risco as embarcações
Transporte	-	
Diluição de despejos	-	-

FONTE: Sperling (1996 apud COSTA, 2007d).

sendo cinco de águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5%), três de águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) e quatro de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30‰).

Para cada classe, foram definidos os usos a que se destina, sendo que para uso na irrigação as mais indicadas são as de água doce, classes 1, 2 e 3, conforme Quadro 11.

A Resolução nº 357/2005 (CONAMA, 2005) também descreve as aplicações das águas salinas e salobras, bem como todos os padrões para classificação das águas doces, salinas e salobras quanto a parâmetros orgânicos e inorgânicos. Também apresenta condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos d'água.

A classificação das águas é muito importante nos programas de controle de poluição, pois permite o enquadramento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.

## REÚSO DA ÁGUA

O reúso da água constitui um instrumento adicional para a gestão dos recursos hídricos, visando à redução da pressão sobre os mananciais de abastecimento, liberando águas de melhor qualidade para fins mais nobres com benefícios específicos aos usuários, como o aumento da produtividade agrícola, a redução de custos com a compra de água e fertilizantes e a preservação dos aquíferos subterrâneos (RODRIGUES, 2005). O reúso vem sendo difundido de

forma recente no Brasil, impulsionado pelos reflexos financeiros associados aos instrumentos da Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), que visam a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos: a outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

De acordo com o Conama (2005), os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, após o devido tratamento e desde que obedecem às condições, aos padrões e às exigências dispostos na Resolução nº 357, de 2005, e em outras normas aplicáveis.

Segundo Costa (2007e), a técnica do reúso da água, embora seja cada vez mais reconhecida como uma das opções mais inteligentes para a racionalização dos recursos hídricos, depende da aceitação popular, aprovação mercadológica e vontade política para se efetivar como tecnologia sistemática.

A seguir, serão descritas as classificações do reúso da água e algumas possibilidades do seu uso agrícola.

### Classificações do reúso

#### Quanto ao método

Segundo Rodrigues (2005), o reúso da água quanto ao método pode ser classificado em:

- reúso indireto, quando a água utilizada é descartada nos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos, sendo então diluída e depois captada para um novo uso, a jusante (Fig. 2)
- reúso direto, quando a água de reúso é conduzida do local de produção ao ponto de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos (Fig. 3).

#### Quanto ao uso final

De acordo com Hespanhol (1999), o reúso da água em função da diversidade de usos possíveis classifica-se em:

- usos urbanos: que se dividem para fins potáveis e não potáveis, como

QUADRO 11 - Classificação das águas doces segundo seus usos preponderantes, de acordo com o Conama

Classe (águas doces)	Usos
Classe especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em comunidades indígenas.
Classe 2	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aqüicultura e atividade de pesca
Classe 3	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; dessedentação de animais.
Classe 4	navegação; harmonia paisagística.

FONTE: Conama (2005).

os esgotos urbanos;

- b) usos industriais: quando se faz o apro-veitamento de efluentes na própria indústria ou pela utilização dos esgotos tratados nas estações de tratamento das companhias de saneamento (FIESP e CIESP, 2004);
- c) uso agrícola: com a possibilidade do uso de esgotos tratados para a irrigação das culturas, cuja produtividade tem sido comprovadamente aumentada, em função da carga de nutrientes que esses esgotos carregam, conforme pode ser observado no Quadro 12;
- d) uso para aquíicultura: com o abastecimento de reservatórios de peixes e plantas aquáticas por esgotos tratados (SETTI, 1995);
- e) uso para recarga de aquíferos: que é uma possibilidade viável para amenizar os efeitos das recargas naturais e provocadas.

Durante as últimas décadas, o aproveitamento dos esgotos para irrigação de culturas obteve um aumento significativo, em função de diversos fatores:

- a) dificuldade em obter fontes alternativas de água;
- b) elevado custo dos fertilizantes;
- c) aumento do conhecimento sobre os riscos à saúde pública e a segurança sobre a minimização de impactos no solo, se precauções não forem tomadas;
- d) custos elevados de tratamento para a descarga de efluentes nos corpos receptores;

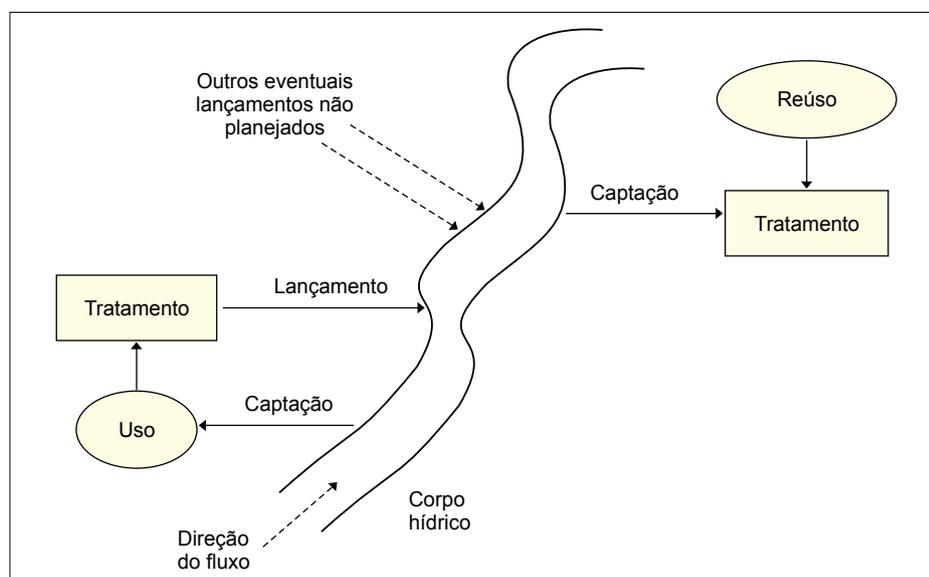


Figura 2 - Reuso indireto não planejado da água  
FONTE: Rodrigues (2005).

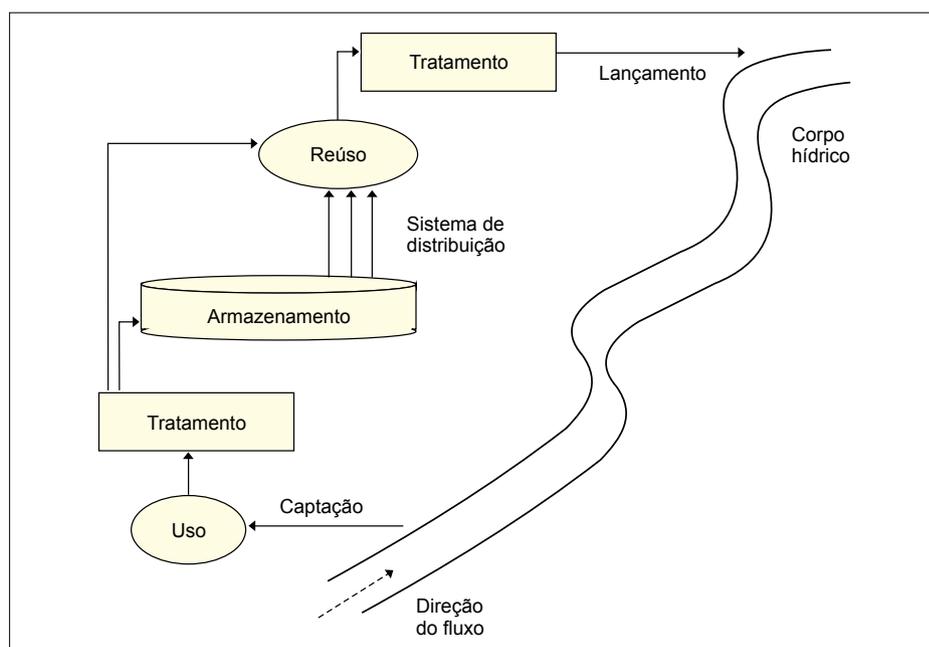


Figura 3 - Reuso direto planejado da água  
FONTE: Rodrigues (2005).

QUADRO 12 - Aumento da produtividade agrícola (t/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos

Irrigação (efetuada com)	Trigo ( <sup>1</sup> 8 anos)	Feijão ( <sup>1</sup> 5 anos)	Arroz 7 anos	Batata ( <sup>1</sup> 4 anos)	Algodão ( <sup>1</sup> 3 anos)
Esgoto bruto	3,34	0,90	2,97	23,11	2,56
Esgoto primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,30
Efluente de lagoa de estabilização	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
Água + NPK	2,70	0,72	2,03	17,16	1,70

FONTE: Hспанhol (1999).

(1)Número de anos para cálculo da produtividade média.

- e) aumento da aceitação da prática do reúso agrícola;
- f) reconhecimento pelos órgãos gestores de recursos hídricos do valor intrínseco da prática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para enfrentar a escassez da água, devem-se considerar tecnologias para a obtenção de água mais limpa, diminuição do desperdício e do consumo excessivo, técnicas de reúso e de conservação, proteção de mananciais e reservas superficiais e subterrâneas em nível local, regional e global. As novas leis implicam em descentralização da gestão, com uma revisão de valores para os recursos hídricos, incluindo valores estáticos, educacionais, operacionais, de segurança e liberdades individuais e coletivas. Especificamente, para a agricultura e pecuária, maiores consumidores de água, os aspectos relacionados com a gestão eficiente dos recursos hídricos devem ser fortalecidos em todas as etapas do processo de produção.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2007. (Ana. CADERNOS DE RECURSOS HÍDRICOS, 2). 1 CD-ROM.

AMBIENTE BRASIL. **Água: esgotabilidade, responsabilidade e sustentabilidade**. Disponível em: <[www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/agua/doce/index.html&conteudo=/agua/doce/artigos/esgotabilidade.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/agua/doce/index.html&conteudo=/agua/doce/artigos/esgotabilidade.html)>. Acesso em: 29 nov. 2004.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1).

BENINCASA, M.M.P. **Ecofisiologia vegetal**. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1984. 72p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei no

8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 23 mar. 2008.

CARMO, R.L. Urbanização, metropolização e recursos hídricos no Brasil. In: DOWBOR, L.; TAGNIN R.A. **Administrando a água como se fosse importante**. São Paulo: SENAC, 2005.

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2008.

COSTA, R.H.P.G. Água: um bem público de valor econômico. In: TELLES, D.A.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2007a. cap. 8, p.141-178.

\_\_\_\_\_. Consumo de água. In: TELLES, D.A.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2007b. cap. 2, p.13-23.

\_\_\_\_\_. Poluição da água. In: TELLES, D.A.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2007c. cap. 7, p.35-40.

\_\_\_\_\_. Qualidade da água. In: TELLES, D.A.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2007d. cap. 7, p.25-33.

\_\_\_\_\_. Reúso. In: TELLES, D.A.; COSTA, R.H.P.G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007e. cap. 7, p.93-140.

CRISE de água chega com o próximo século. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, p.7, 23 out. 1994.

FALKENMARK, M. **Marco-scale water supply demand comparison on the global scene**. Stockholm: International Water Institute, 1986. p.15-40.

FIESP/CIESP. **Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor empresarial**. São Paulo, 2004. v.1.

FOLEGATTI, M.V.; SILVA, T.J.A. da; CASARINI, E. O manejo da irrigação como elemento essencial na utilização racional dos recursos hídricos. In: THAME, A.C.M. (Org). **A cobrança pelo uso da água na agricultura**. São Paulo: IQUAL, 2004. p. 213-220.

GHASSEMI, J.N.; GHASSEMI, F.; NIX, H.; JAKEMAN, A.J. **Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies**. Wallingford: CABI, 1995.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TINDISI, J.G. (Org.). **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

MARGAT, J. Repartition des ressources et des utilisations d'eau dans le monde disparités présentes et futures. **La Houille Blanche: revue internationale de l'eau**, Paris, n.2, p.40-51, 1998.

MIRANDA, J.H. Manejo da água para irrigação. In: THAME, A.C.M. (Org). **A cobrança pelo uso da água na agricultura**. São Paulo: IQUAL, 2004. p.193-206.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE, 1992. 523p.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1993. 505p.

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. 192p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RODRIGUEZ, F. Recursos hídricos para a irrigação: aspectos institucionais. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.44, p.21-33, 1991.

ROSENGRANT, M.W. **Water resources in the 21st century:** increasing scarcity, declining quality, and implications for action. Yokohama: UNU: IAS, 1996. 52p. (Working Paper n, 3).

SETTI, M. do C.B. de C. **Reúso da água:** condições de contorno. 1995. 270p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SHAINBERG, I.; OSTER, J.D. **Quality of irrigation water.** Bet Dagan, Israel: International Irrigation Information Centre, 1978. 65p. (IIIC. Publication, 2).

SHIKLOMANOV, I. **Word water resources:** a new appraisal and assessment for the 21st century. Paris: UNESCO, 1998. 32p.

SPEIDEL, D.H.; RUEDISILI, L.C.; AGNEW, A.F. (Ed.). **Perspectives on water:** uses and abuses. New York: Oxford University Press, 1988. 388p.

SUTCLIFFE, J.F. **As plantas e a água.** São Paulo: USP, 1980. 126p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. São Paulo: Artmed, 2004. 720p.

TELES, D.A. A água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doce no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p.305-336.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E.; CARDOSO, J.L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio.** Brasília: ABI-MAC, 2002. 45p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI:** enfrentando a escassez. 2.ed. São Paulo: RiMa, 2003. 248p.

UNESCO. Compartilhar a água e definir o interesse comum. In: \_\_\_\_\_. **Água para todos:** água para a vida. Brasília, 2003. 36p.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. **Água no Planeta.** São Paulo, [2005]. Disponível em: <[www.uniagua.org.br/aguaPlaneta.htm](http://www.uniagua.org.br/aguaPlaneta.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2005.

VILLERS, M. **Water:** the fate of our most precious resource. Boston: Houghton Mifflin, 2000. 352p.

WATSON, R.T.; DIXON, J.A.; HAMBURG, S.P.; JANETOS, A.C.; MOSS, R.H. **Protecting our planet securing our future:** linkages among global environmental issues and human needs. Nairobi: United Nations Environment Programme, 1998. 95p.

Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

## PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DA CAFEICULTURA

- 1 Gerenciamento da propriedade cafeeira
- 2 Normas e padrões para comercialização de sementes e mudas
- 3 Índices e coeficientes técnicos para podas
- 4 Produtos fitossanitários: precauções na utilização e manuseio
- 5 Colheita e pós-colheita do café: recomendações e coeficientes técnicos



Leia e Assine o **INFORME AGROPECUÁRIO**  
**(31) 3489-5002 - [publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)**