

An aerial photograph of a desert landscape featuring numerous large, circular green agricultural fields, likely used for irrigation. The fields are arranged in a somewhat regular pattern across a vast, arid, yellowish-brown terrain. In the background, there are dark, rugged mountains under a clear blue sky. The overall scene illustrates the contrast between natural aridity and human agricultural intervention.

José Galizia Tundisi
Takako Matsumura-Tundisi

RECURSOS HÍDRICOS no século XXI

nova edição ampliada e atualizada

oficina de textos

Planejamento e gestão dos recursos hídricos: novas abordagens e tecnologias

7

7.1 Novos paradigmas para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos

O planejamento dos usos múltiplos e do controle dos recursos hídricos desenvolve-se em dois níveis: de implementação e viabilização de políticas públicas e de interpretação. No primeiro plano estão situados os objetivos, as opções e a zonação em larga escala das prioridades no uso integrado do solo, da agricultura, pesca, conservação, recreação e dos usos domésticos e industriais da água, em uma unidade que é a bacia hidrográfica.

No segundo, o da interpretação, destaca-se a capacidade de gerenciar conflitos resultantes dos usos múltiplos e a interpretação de informações existentes, de forma a possibilitar a montagem de cenários de longo prazo, incorporando as perspectivas de desenvolvimento sustentável, os impactos dos usos múltiplos e a escolha de alternativas adequadas para a conservação e recuperação dos recursos hídricos (Roberts; Roberts, 1984).

Neste caso e nas ações de gerenciamento, o papel dos pesquisadores e dos gerentes e administradores é essencial, e deve ser realizado em conjunto, com a finalidade de obter o máximo possível de benefícios dessa associação e dar condições para otimizar os usos múltiplos (Frederick, 1993).

Do ponto de vista de planejamento e gerenciamento, é fundamental considerar a mudança de paradigma de um sistema **setorial, local** e de **resposta** a crises para um sistema **integrado, preditivo** e em **nível de ecossistema**.

Isso deverá produzir uma visão mais abrangente dos problemas e deverá incorporar a dimensão social e econômica nas abordagens de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. A Fig. 7.1 mostra alguns componentes essenciais do problema de gerenciamento, considerando-se o papel dos gerentes, administradores e cientistas.

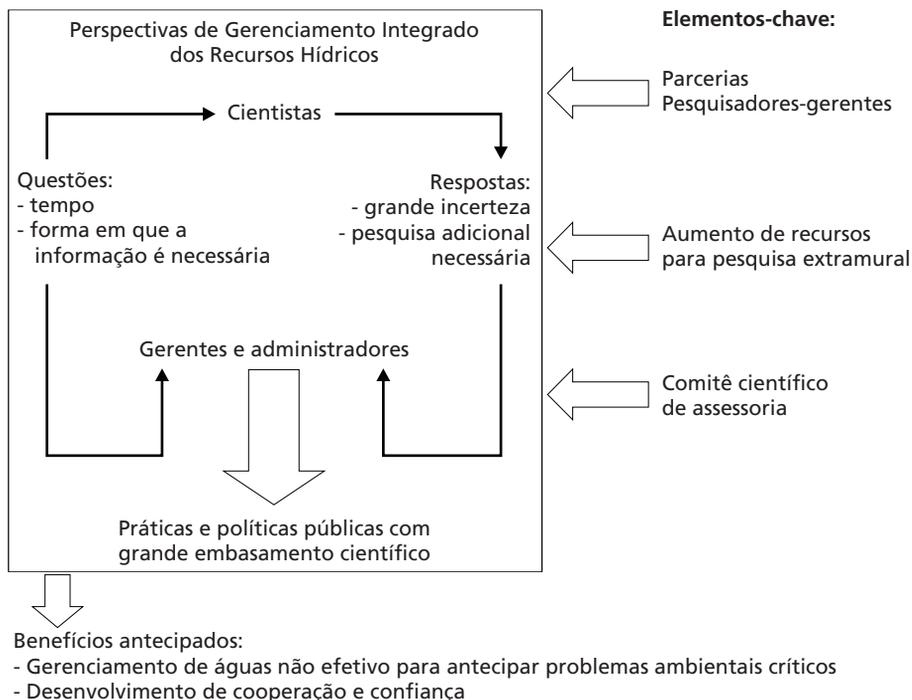


Fig. 7.1 Participação de cientistas, gerentes e administradores de recursos hídricos e os elementos-chave para a promoção de políticas públicas adequadas

Fonte: Naiman et al. (1995).

7.2 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão

A abordagem tradicional para a gestão de recursos hídricos sempre foi realizada de forma compartimentada, e não integrada. Foi necessário um longo tempo, cerca de 50 anos, para os limnólogos e engenheiros iniciarem sua interação na gestão das águas. A abordagem tradicional da engenharia, que é o tratamento de água, provém da concepção de que com tecnologia é possível tratar qualquer água e transformá-la em potável. Mesmo sendo verdade, os custos do tratamento tornam-se proibitivos, encarecendo demasiadamente a produção de água potável. Por outro lado, é necessário dar condições para cuidar dos mananciais e das fontes de abastecimento de água potável. Assim, os cuidados no gerenciamento devem incluir da “fonte à torneira” e tratar de todo o sistema de produção de água. Portanto, os avanços no sistema de planejamento e gerenciamento das águas devem considerar *processos conceituais* (a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e

gerenciamento e a integração econômica e social), *processos tecnológicos* (o uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento) e *processos institucionais* (a integração institucional em uma unidade fisiográfica, a bacia hidrográfica, é fundamental).

Nos últimos dez anos, a concepção de que a bacia hidrográfica é a unidade mais apropriada para o gerenciamento, a otimização de usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável consolidou-se de forma a ser adotada em muitos países e regiões. Não há dúvida de que a introdução dos conceitos de desenvolvimento sustentável a partir da Agenda 21 teve ampla repercussão mundial.

Muitos organismos internacionais deram aval a essa concepção, e o conceito de “serviços de ecossistema” (Ayensu et al., 1999) também envolve os “serviços” prestados pelo ecossistema a partir da bacia hidrográfica.

Os trabalhos realizados por Likens (1984, 1985, 1989, 1992) e Likens, Bormann e Johnson (1972) em Hubbard Brook, uma pequena bacia hidrográfica localizada na região central norte do Estado de New Hampshire, Estados Unidos, têm sido exemplo de um estudo integrado de bacia hidrográfica, além de funcionar como importante instrumento para gerenciamento de recursos, decisões políticas relevantes em meio ambiente e ética ambiental.

Esse trabalho também mostra o contraste entre a ciência ecológica profissional e o *ambientalismo* – o qual tem sido confundido até certo ponto –, que produz e introduz visões contraditórias entre gerenciamento profissional e ativismo ambiental não profissional (este é importante, mas não pode ser desprovido de embasamento técnico e capacidade de solução de problemas, pois só o ativismo ambiental não resolve situações). Embora o foco em sistemas naturais possa ser um elo entre os ecólogos profissionais e os ambientalistas, os objetivos e as atividades são muito diferentes. Entretanto, a bacia hidrográfica, como conceito de estudo e gerenciamento, pode prover uma melhor integração entre ecologia profissional e ativismo ambiental.

A bacia hidrográfica tem certas características essenciais que a tornam uma unidade muito bem caracterizada e permitem a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental. Além disso, permitem aplicação adequada de tecnologias avançadas (Margalef, 1983, 1997; Nakamura; Nakajima, 2002; Tundisi et al., 2003).

A bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representa um avanço conceitual muito importante

e integrado de ação. A abordagem por bacia hidrográfica tem as seguintes vantagens, características e situações que são fundamentais para o desenvolvimento de estudos interdisciplinares, gerenciamento dos usos múltiplos e conservação (Tundisi et al., 1988, 1998b; Tundisi; Schiel, 2002):

- ≈ a bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas, podendo estender-se por várias escalas espaciais, desde pequenas bacias de 100 a 200 km² até grandes bacias hidrográficas como a bacia do Prata (3 milhões de km²) (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 1995);
- ≈ é um ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos;
- ≈ oferece oportunidade para o desenvolvimento de parcerias e a resolução de conflitos (Tundisi; Straškraba, 1995);
- ≈ permite que a população local participe do processo de decisão (Nakamura; Nakajima, 2000);
- ≈ estimula a participação da população e a educação ambiental e sanitária (Tundisi et al., 1997);
- ≈ garante visão sistêmica adequada para o treinamento em gerenciamento de recursos hídricos e para o controle da eutrofização (gerentes, tomadores de decisão e técnicos) (Tundisi, 1994a);
- ≈ é uma forma racional de organização do banco de dados;
- ≈ garante alternativas para o uso dos mananciais e de seus recursos;
- ≈ é uma abordagem adequada para proporcionar a elaboração de um banco de dados sobre componentes biogeofísicos, econômicos e sociais;
- ≈ sendo uma unidade física, com limites bem definidos, o manancial garante uma base de integração institucional (Hufschmidt; McCauley, 1986);
- ≈ a abordagem de manancial promove a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, permitindo que eles trabalhem juntos em uma unidade física com limites definidos;
- ≈ promove a integração institucional necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável (Unesco, 2003).

Portanto, o conceito de bacia hidrográfica aplicado ao gerenciamento de recursos hídricos estende as barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, países) para uma unidade física de gerenciamento, planejamento e desenvolvimento econômico e social (Schiaveti; Camargo, 2002).

A falta da visão sistêmica na gestão de recursos hídricos e a incapacidade de incorporar/adaptar o projeto a processos econômicos e sociais atrasam o planejamento e interferem em políticas públicas competentes e saudáveis (Biswas, 1976, 1983). A capacidade de desenvolver um conjunto de indicadores é um aspecto importante do uso dessa unidade no planejamento. A bacia hidrográfica é também um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional. Os indicadores das condições da bacia hidrográfica também podem representar um passo importante na consolidação da descentralização e do gerenciamento. Os indicadores das condições que fornecem o índice de qualidade da bacia hidrográfica são:

- ≈ qualidade da água de rios e riachos;
- ≈ espécies de peixes e vida selvagem (fauna terrestre) presentes;
- ≈ taxa de preservação ou de perda de áreas alagadas;
- ≈ taxa de preservação ou de perda das florestas nativas;
- ≈ taxa de contaminação de sedimentos de rios, lagos e represas;
- ≈ taxa de preservação ou contaminação das fontes de abastecimento de água;
- ≈ taxa de urbanização (% de área da bacia hidrográfica);
- ≈ relação – população urbana/população rural (Revenga et al., 1998; Tundisi; Matsumura-Tundisi; Reis, 2002).

Em conjunto com os indicadores de qualidade, devem-se considerar os indicadores de vulnerabilidade da bacia hidrográfica:

- ≈ poluentes tóxicos (Pimentel; Edwards, 1982);
- ≈ carga de poluentes;
- ≈ descarga urbana;
- ≈ descarga agrícola;
- ≈ alterações na população: taxa de crescimento e ou migração/imigração;
- ≈ efeitos gerais das atividades humanas (Tundisi, 1978);
- ≈ potencial de eutrofização (Tundisi, 1986a).

Para o gerenciamento adequado da bacia hidrográfica, a integração entre o setor privado e usuários, universidade e setor público é fundamental. Tundisi e Straškraba (1995) destacaram os seguintes aspectos participativos entre esses vários componentes do sistema:

Universidade

- ≈ diagnóstico qualitativo e quantitativo dos problemas;
- ≈ elaboração dos bancos de dados e sistemas de informação;
- ≈ apoio na implementação de políticas públicas;
- ≈ apoio no desenvolvimento metodológico e na introdução de novas tecnologias;

Setor público

- ≈ implantação de políticas públicas nos comitês de bacia;
- ≈ implantação de projetos para conservação, proteção e recuperação;
- ≈ informação ao público e educação sanitária e ambiental;

Setor privado

- ≈ apoio na implantação de políticas públicas;
- ≈ desenvolvimento tecnológico e implantação de novos projetos;
- ≈ financiamento de tecnologias em parceira;

Usuários e público em geral

- ≈ participação na mobilização, para conservação e recuperação;
- ≈ informações ao Ministério Público e setor público;
- ≈ participação no processo de educação sanitária.

Ainda em relação ao planejamento e gerenciamento integrado de recursos hídricos, deve-se considerar a sequência e os tópicos da Fig. 7.2 extremamente importantes e fundamentais.

7.3 Serviços e valoração dos ecossistemas aquáticos e dos recursos hídricos

A questão dos “serviços” dos ecossistemas deve ser considerada ponto fundamental em qualquer projeto de conservação ou recuperação (Constanza et al., 1997; Whately; Hercowitz, 2008). A Fig. 7.3 descreve as principais interações entre os diversos componentes dos sistemas terrestres e aquáticos, além da posição central ocupada pelos recursos hídricos em relação à biodiversidade, usos do solo, mudanças climáticas e produção de alimentos.

Para estabelecer opções de gerenciamento, deve-se, segundo Jørgensen (1980) e Jørgensen e Muller (2000), analisar e consolidar o seguinte conhecimento:

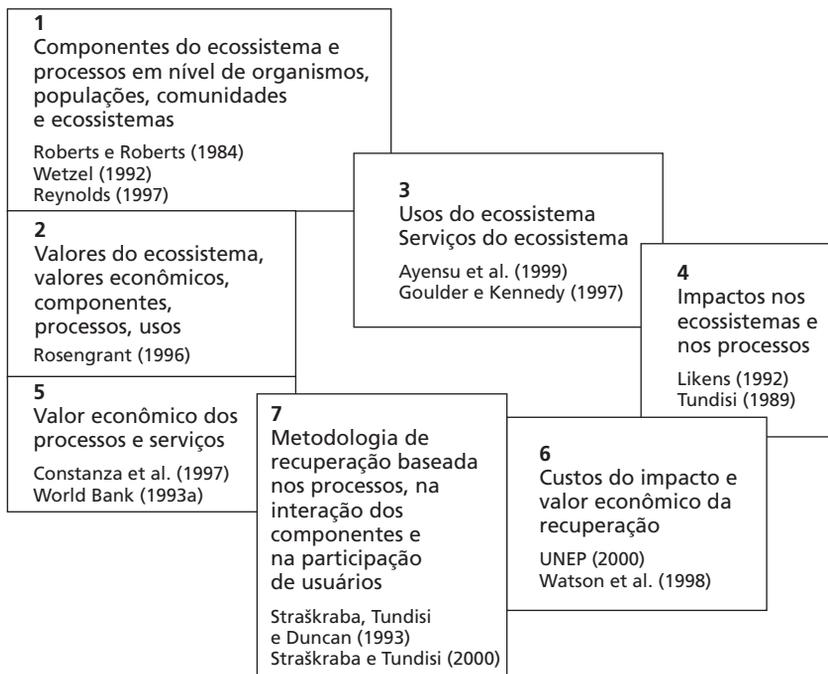


Fig. 7.2 Sequência dos procedimentos e etapas na recuperação dos ecossistemas

Fonte: original de Tundisi et al. (2003).

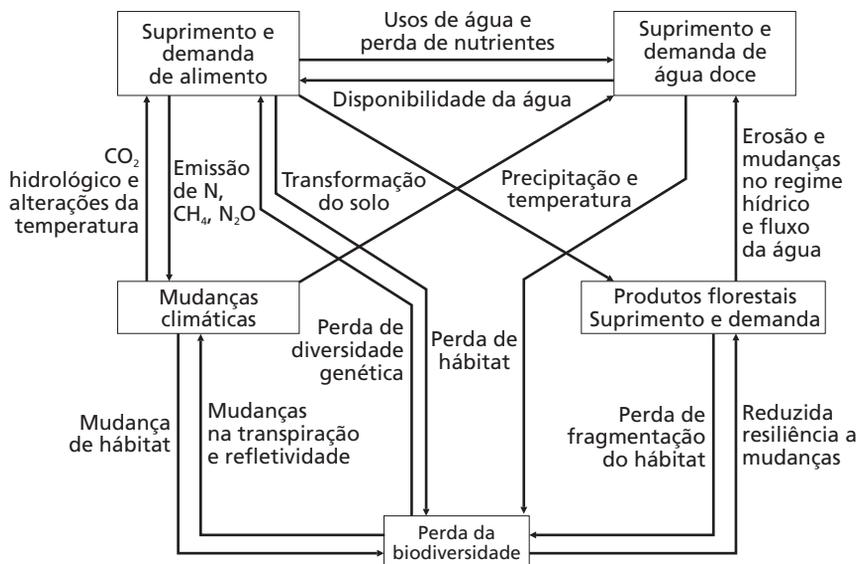


Fig. 7.3 Principais interações entre os componentes dos sistemas terrestres e aquáticos

Fonte: Ayensu et al. (1999).

- ≈ tecnologias de controle de processos de emissão de poluentes e caracterização qualitativa e quantitativa de efluentes industriais;
- ≈ conhecimento de fontes não pontuais de poluentes, incluindo metodologias de irrigação e alternativas que afetam descargas químicas (Minotti, 1995);
- ≈ conhecimento especializado em processos aquáticos, incluindo efeitos de substâncias químicas tóxicas provenientes de indústria (cadeias e redes alimentares, fluxo de substâncias tóxicas e potencial de “disrupção endócrina”) (Matsui; Barrett; Barergee, 2002);
- ≈ física e química dos rios, reservatórios e lagos, incluindo mecanismos de dispersão de poluentes, eutrofização e interações sedimento-água (Overbeck, 1989);
- ≈ modelagem ecológica e matemática que deverá integrar os diferentes componentes, planejar e estabelecer cenários adequados, prevendo interações para soluções adequadas (Henderson-Sellers, 1984; Jørgensen; Muller, 2000).

A Fig. 7.4 apresenta as duas abordagens no gerenciamento de recursos hídricos e os objetivos de longo prazo.

As abordagens mais recentes que envolvem a base de conhecimento existente apontam para os seguintes aspectos fundamentais a considerar:

- ≈ reconhecimento das incertezas (Cooke et al., 1986);
- ≈ reconhecimento de que as decisões sobre a política de gerenciamento e planejamento a ser adotada não proverão soluções “exatas”, mas “adaptativas” e em etapas, incorporando novas ideias e metodologias ao longo do processo (Cooke; Kennedy, 1988);
- ≈ desenvolvimento da capacidade preditiva por meio de interações entre clientes, usuários, planejadores e gerentes;
- ≈ definição de objetivos precisos: gerenciamento integrado, preditivo, adaptativo, avanço por etapas, introdução de ecotecnologias adequadas e implantação de sistemas de suporte à decisão com a participação. A construção de uma capacidade local de gerenciamento, com base no conhecimento e no desenvolvimento de capacidade local, é fundamental (PNUMA/IETC, 2000, 2001).

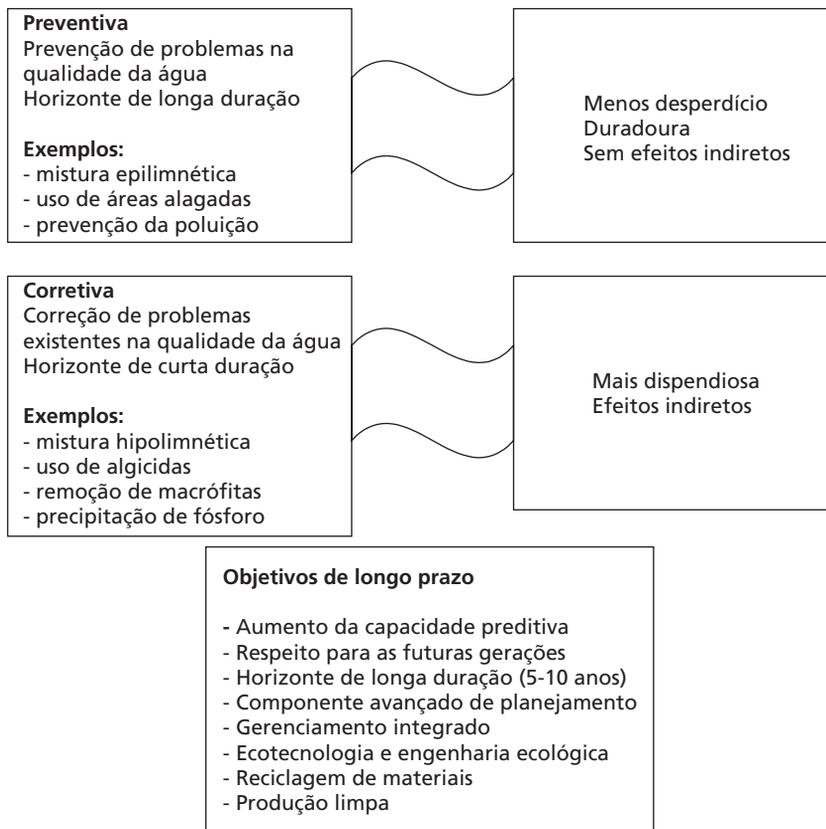


Fig. 7.4 Abordagens no gerenciamento de recursos hídricos e objetivos de longo prazo

Fonte: Straškraba e Tundisi (2000).

7.4 O reúso da água: novas oportunidades na gestão de recursos hídricos no Brasil

A reutilização de águas de esgotos tratados para fins não potáveis pode ser um importante mecanismo no aproveitamento de recursos hídricos. A água livre de organismos patogênicos e que normalmente é devolvida aos rios pode ser utilizada para várias finalidades, como: limpeza pública, irrigação de jardins, refrigeração de equipamentos industriais e lavagens de carros e caminhões. Há um mercado potencial muito grande para essa água ser reutilizada. Em São Paulo, a Sabesp introduziu em três estações de tratamento de esgotos (ETEs) a possibilidade de reúso da água a um custo bem inferior ao da água potável. O reúso é uma possibilidade muito importante de economia da água e de eliminação do desperdício. A Fig. 7.5 mostra algumas características

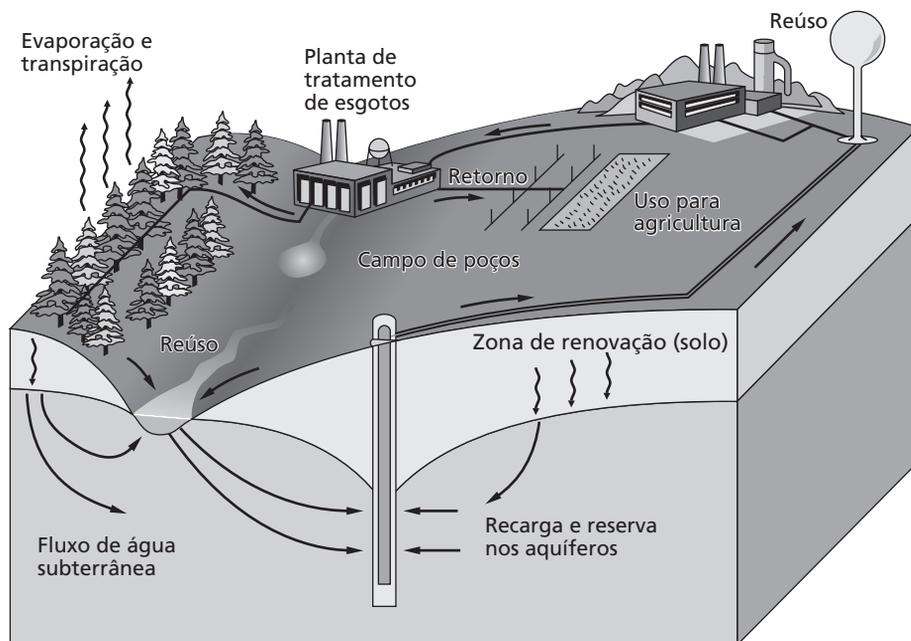


Fig. 7.5 Exemplo de algumas características do reuso da água

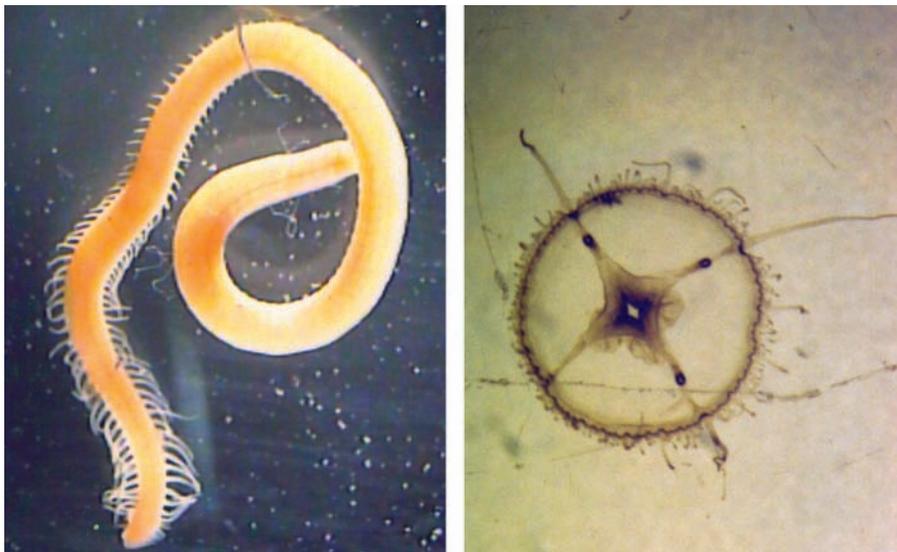
Fonte: modificado e simplificado de Soopper (1979) e Office of Technology Assessment (1988).

essenciais do reuso da água que, além de ter um componente econômico importante, elimina uma fonte de desperdício de água tratada e retarda, até certo ponto, o ciclo hidrológico regional. Os benefícios do reuso podem ser estimados com o aumento da produtividade da agricultura ou aquicultura, a redução de danos ambientais, o controle da erosão e o aumento da disponibilidade de empregos e de alternativas econômicas (Hespanhol, 1999; National Research Council, 1998).

7.5 Conservação da biodiversidade em ecossistemas aquáticos

A biodiversidade dos ecossistemas aquáticos continentais é fundamental para a manutenção da estabilidade e continuidade dos “serviços” proporcionados pelos ecossistemas, e para a estabilidade dos ciclos, como, por exemplo, ciclos de carbono, nitrogênio e fósforo.

As causas das pressões sobre a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos estão relacionadas com a superexploração da pesca, a construção de represas, os impactos de substâncias tóxicas, a poluição da água em geral e a invasão de espécies exóticas, além da superexploração da água para usos agrícola, urbano e industrial (McAllister; Hamilton; Harvey, 1997; Barbosa, 1994).



Fotos: Daniela Câmbeses Pareschi

Organismos indicadores de qualidade da água são importantes componentes da biodiversidade aquática

Boxe 7.1

O gerenciamento de recursos hídricos em nível municipal: novos desafios

O grau elevado de urbanização produz novos problemas ao gerenciamento de recursos hídricos: municípios de médio e pequeno porte devem promover alterações na legislação, no controle e nas tecnologias para gerenciamento e tratamento de recursos hídricos, tendo em vista a minimização dos impactos e a otimização dos usos múltiplos. Grande parte dos municípios do Brasil tem entre 20 mil e 50 mil habitantes. As áreas metropolitanas têm problemas especiais de abastecimento de água e de tratamento de esgotos, os quais serão tratados em outro boxe. Nesses municípios pequenos e médios, um dos principais desafios é a conservação dos mananciais e a preservação das fontes de abastecimento superficiais e/ou subterrâneas. Essa conservação deve tratar dos usos do solo, do reflorestamento e da proteção da vegetação, inclusive das matas ciliares. O reflorestamento ciliar pode gerar inúmeras oportunidades de desenvolvimento econômico e social, uma vez que pode promover cooperativas populares para a construção de viveiros que produzam mudas e sementes. Por outro lado, pode ser um mecanismo efetivo de mobilização da população, principalmente da periferia e da zona rural de áreas urbanas, onde se encontram os mananciais. O tratamento de esgotos é outra ação importante para a recuperação das águas municipais, mas além de estações de tratamento, é necessário implantar sistemas de recuperação para rios

urbanos (com o reflorestamento ciliar e o tratamento localizado de pequenos rios urbanos). Outra gestão municipal importante é a disposição de resíduos sólidos de forma que não afetem os mananciais e não aumentem os riscos à saúde das populações. O treinamento de gerentes municipais de meio ambiente, principalmente voltado para a gestão dos recursos hídricos e recuperação dos mananciais, é outro recurso importante para melhorar as condições ambientais. Finalmente, a introdução de tecnologias baratas de tratamento e despoluição (ecotecnologias), a educação sanitária da população, os cuidados com caixas de água nas residências, desde o manancial até a torneira, podem ser soluções de curto prazo com a educação de gerentes e do público em geral e com a introdução de novas tecnologias.

Os municípios também devem introduzir legislação específica para a proteção de mananciais e implantar programas de monitoramento, em tempo real, de grande efetividade na avaliação de riscos e no controle ambiental. Esse monitoramento pode diminuir consideravelmente os custos e as incertezas no tratamento de água, dando melhores condições de operação às estações de tratamento e estabilizando a qualidade da água servida à população.

É fundamental, também, que se possa dar condições adequadas aos municípios, aos gerentes de bacias hidrográficas e às administrações de hidrovias de avaliar continuamente os riscos e suas causas principais, por intermédio do monitoramento, do uso de imagens de satélite e do permanente controle da toxicidade.

De modo geral, no que tange aos municípios, pode-se sintetizar as soluções para os principais problemas relacionados com os recursos hídricos nos seguintes pontos fundamentais:

- ≈ proteção dos mananciais e das bacias hidrográficas;
- ≈ tratamento de esgotos e de águas residuárias industriais;
- ≈ tratamento e disposição dos resíduos sólidos (lixo doméstico, industrial e de construção civil);
- ≈ controle da poluição difusa;
- ≈ treinamento de gerentes, técnicos ambientais e de recursos hídricos;
- ≈ educação sanitária da população;
- ≈ programas de mobilização comunitária e institucional;
- ≈ campanhas e introdução de tecnologia para diminuir o desperdício da água tratada, pois as perdas são comuns, principalmente em grandes cidades, e atingem até 40% de toda a água tratada;
- ≈ estímulo e apoio às práticas coletivas de organização dos usos da água por associações ou grupos de pessoas.

A Tab. 7.1 mostra a eficiência do saneamento na queda da morbidez por diarreia. Isso pode ser um bom exemplo para muitos municípios.

A gestão de recursos hídricos ganha hoje relevância em todo o mundo, até nos países abundantes, acentuada pelo crescente problema de escassez e contaminação da água. *Recursos hídricos no Século XXI*, edição revista e ampliada do livro *Água no Século XXI*, apresenta a situação atual dos recursos hídricos no Brasil e no mundo, seus usos múltiplos, os principais desafios enfrentados e os mais recentes desenvolvimentos científicos e tecnológicos na área. A obra discute soluções e alternativas para a gestão dos recursos hídricos, com exemplos reais e inovadores implantados ou em implantação em 19 países.

À medida que se torna mais importante descentralizar e integrar a gestão dos recursos hídricos, estabelecer novas políticas públicas e desenvolver cursos e programas de capacitação, *Recursos hídricos no Século XXI* surge como fonte de informação ampla e atualizada para profissionais e formuladores de políticas da área ambiental, estudantes de graduação e pós-graduação em Biologia, Engenharia Civil e Ambiental, Geografia e Ecologia e todos aqueles interessados na gestão de recursos hídricos.

Ao disponibilizar para o leitor uma visão atualizada, abrangente e crítica desse tema de grande relevância, os autores oferecem sua contribuição para a construção da gestão dos recursos hídricos voltada ao desenvolvimento sustentável e para uma nova ética no uso da água.

Virgínia S. T. Ciminelli, professora titular da UFMG e coordenadora do Instituto Nacional de Recursos Minerais, Água e Biodiversidade (INCT-Acqua)

ISBN 978-85-7975-012-0



9 788579 1750120

