

Cuidando das Águas

Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos

2ª Edição



CEBDS
Conselho Empresarial Brasileiro
para o Desenvolvimento Sustentável



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Cuidando das Águas

soluções para melhorar a qualidade
dos recursos hídricos



República Federativa do Brasil

Dilma Vana Rousseff
Presidenta

Ministério do Meio Ambiente

Izabella Mônica Vieira Teixeira
Ministra

Agência Nacional de Águas

Diretoria Colegiada

Vicente Andreu Guillo (Diretor-Presidente)
Dalvino Troccoli Franca
João Gilberto Lotufo Conejo
Paulo Lopes Varella Neto

Coordenação de Articulação e Comunicação (CAC)

Antônio Félix Domingues

Coordenação de Gestão Estratégica (CGE)

Bruno Pagnoccheschi

Cuidando das Águas

soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos



2ª Edição

Traduzido e adaptado do original

“Clearing the waters: a focus on water quality solutions”

Produzido em Nairobi, Kenya em março de 2010.

Brasília - DF
2013

© 2013, Agência Nacional de Águas (ANA).

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos "B", "L", "M" e "T". CEP 70610-200, Brasília-DF
PABX: (61) 2109-5400/ (61) 2109-5252
Endereço eletrônico: www.ana.gov.br

Comitê de Editoração

João Gilberto Lotufo Conejo
Reginaldo Pereira Miguel
Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Ricardo Medeiros de Andrade
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho
Mayui Vieira Guimarães Scafura

Secretária-Executiva

Coordenação de Articulação e Comunicação da ANA

Antônio Félix Domingues

Coordenação de Gestão Estratégica da ANA

Bruno Pagnoccheschi

Colaboradores da ANA

Adriana Niemeyer Pires Ferreira
Cristianny Villela Teixeira
Devanir Garcia dos Santos
Diana Wahrendorff Engel
Érika de Castro Hessen
Flávio Hermínio de Carvalho
Herbert Eugênio de Araújo Cardoso
Leonardo de Almeida
Marcelo Mazzola
Marcelo Pires da Costa
Paulo Augusto C. Libânio
Regina Coeli Montenegro Generino
Rossini Ferreira Matos Sena
Vivyanne Graça de Melo

Projeto gráfico e editoração

Exemplos de Boas Práticas no Brasil

tda.brasil

Direção – Marcos Rebouças

Direção de Arte – Carlos André Cascelli

Editoração – Rael Lamarques

Ilustração – Anderson Araruna e Enrico Pieratti

Revisão – Danúzia Queiroz

www.tdabrasil.com.br

Traduzido e adaptado do original "Clearing the waters: a focus on water quality solutions". Produzido em Nairobi, Kenya em março de 2010.

Catálogo na fonte: CEDOC / BIBLIOTECA

A265c Agência Nacional de Águas (Brasil).

Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2. ed. -- Brasília: ANA, 2013.

157 p. : il.

ISBN: 978-85-8210-018-9

1. recursos hídricos 2. gestão dos recursos hídricos 3. preservação do meio ambiente

I. Agência Nacional de Águas (Brasil) II. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente III. Título

CDU 628.1

Copyright © 2010, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente Imagem da capa: © Christasvengel / Dreamstime.com Outras imagens, de cima para baixo: © Milan Kopcok / Dreamstime.com; © DenGuy / Istockphoto.com; © Lucian Coman / Dreamstime.com



PACIFIC
INSTITUTE

Pacific Institute 654
13th Street
Preservation Park
Oakland, CA 94612
www.pacinst.org.

Autores

Meena Palaniappan
Peter H. Gleick
Lucy Allen
Michael J. Cohen
Juliet Christian-Smith
Courtney Smith
Editor: Nancy Ross

Aviso legal

As designações empregadas e a apresentação do material da presente publicação não representam a expressão de qualquer opinião por parte do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente quanto ao marco legal de qualquer país, território, cidade ou área ou de suas autoridades, ou mesmo quanto à delimitação de seus limites ou fronteiras. Ademais, as opiniões expressas não representam necessariamente as decisões ou políticas do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, assim como a menção de marcas registradas ou processos comerciais não constitui endosso.

Designer

Nikki Meith

Impressão gráfica da obra adaptada: UNON, Publishing Services Section, Nairobi, ISO 14001:2004-certified.

Reprodução

Esta publicação poderá ser reproduzida total ou parcialmente, em qualquer formato para fins educacionais ou sem fins lucrativos, sem a necessidade de permissão especial dos detentores dos direitos autorais, desde que a fonte seja citada. O PNUMA gostaria de receber um exemplar de qualquer publicação que venha a utilizar o presente documento como fonte. A reprodução desta publicação para revenda ou quaisquer finalidades comerciais não é permitida sem permissão por escrito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

AGRADECIMENTO



A presente publicação representa o conhecimento especializado coletivo de um grupo diverso de pessoas preocupadas com a proteção dos nossos limitados recursos de água doce e com a preservação do seu papel fundamental na manutenção da saúde humana e do ecossistema. Estes especialistas aplicaram sua sabedoria coletiva na produção de um relatório que oferece soluções práticas e eficazes para reverter a catastrófica degradação dos ecossistemas de água doce do planeta. O documento insta a comunidade internacional, os governos, as comunidades e os domicílios a agirem com responsabilidade e em cooperação para construir um futuro melhor. Espera-se que os conteúdos deste documento, preparados como aporte para as celebrações do Dia Mundial da Água 2010 sobre o tema – Qualidade da Água –, sirvam de inspiração a todos que o leiam para que contribuam com esta causa tão importante.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) agradece a todos que contribuíram para este documento, cujo trabalho árduo e percepções levaram à sua consecução. Em especial, agradece as enormes contribuições de Peter H. Gleick, Meena Palaniappan, Lucy Allen, Juliet Christian-Smith, Michael J. Cohen, Courtney Smith e da editora Nancy Ross do Pacific Institute, Estados Unidos, que produziram esta publicação em um prazo muito curto. Reconhece também os conselhos de

Jeffrey Thornton, da Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission (USA), assim como o trabalho de Iwona Wagner do Projeto de Ecohidrologia (Polônia) da Organização para a Educação, a Ciência e Cultura das Nações Unidas (UNESCO) IHP-VI, que coordenou a revisão detalhada da publicação.

Entre as pessoas que revisaram e fizeram contribuições valiosas a esta publicação estão Janos Bogardi, da United Nations University – Institute for Environment and Human Security (Alemanha); Ase Johannessen, International Water Association (Reino Unido); Sonja Koeppel, da Convenção sobre a Proteção e Utilização de Recursos Hídricos Transfronteiriços e Lagos Internacionais da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) (Suíça); Peter Kristensen, da Agência Europeia de Meio Ambiente (Dinamarca); e Danny Walmsley, Walmsley Environmental Consultants (Canadá). São reconhecidos também os muitos comentários e valiosas sugestões feitas por diversos revisores da família PNUMA, bem como o excelente trabalho de edição e design gráfico de Nikki Meith.

O trabalho duro e a perseverança de todas essas pessoas foi o que possibilitou a preparação da presente publicação. Registramos aqui nossos mais profundos agradecimentos a todos.

Lista de Figuras

Figura 1.	Alterações nas concentrações de nitrogênio em grandes bacias do mundo por região nos períodos 1990-1999 e 2000-2007..	26
Figura 2.	Contribuição dos principais setores industriais à produção de poluentes hídricos orgânicos..	28
Figura 3.	Descargas de poluição hídrica industrial (em toneladas por milhão de pessoas/dia)..	29
Figura 4.	Concentrações de coliformes fecais (No./100ml MF) em estações fluviométricas/próximas às grandes cidades....	33
Figura 5.	Custo Anual Médio da degradação ambiental da água..	48
Figura 6.	GEMS/Mapa de estações fluviométricas..	75
Figura 7.	Ingressos mensais de água no sistema fluvial do Murray.	80
Figura 8.	Resumo da estrutura decisória utilizada para classificar o status de corpos de águas superficiais.	81
Figura 9.	Status de ratificação internacional da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (partes à Convenção mostradas em verde)	85
Figura 10.	Total anual de investimentos em abastecimento de água, comparado ao total de investimentos em saneamento, na África, Ásia, América Latina e Caribe, 1990-2000.	86

Lista de Tabelas

Tabela 1.	Impactos das atividades agrícolas sobre a qualidade da água	27
Tabela 2.	Ligações entre o setor energético e a qualidade da água.....	30
Tabela 3.	Eficácia de Intervenções da metodologia WASH na redução da morbidade por diarreia.	58
Tabela 4.	Países participantes das atividades globais de dados da GEMS.	73
Tabela 5.	GEMS parâmetros de qualidade da água.	75
Tabela 6.	GEMS: Tipos de dados, número de estações e escopo da coleta de dados sobre qualidade da água....	76
Tabela 7.	Exemplos de diferentes programas de qualidade da água nos EUA...	77
Tabela 8.	Matriz de soluções por escala.....	93

Siglas

ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry	EO	Earth Observation
BOD	Biological Oxygen Demand	EAT	Environmental Affairs and Tourism (Republic of South Africa)
CEJM	California Environmental Justice Movement	ENHIS	European Environment and Health Information System
CDC	Centers for Disease Control	EU	European Union
COD	Chemical Oxygen Demand	WFD	European Union's Water Framework Directive
CPT	Cleaner Production Technology	FISCRWG	Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group (U.S.)
CLEAN-India	Community Led Environmental Action Network-India	FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
CLTS	Community Led Total Sanitation Movement	GWA	Gender and Water Alliance
CTIC	Conservation Technology Information Center	GEF	Global Environment Facility
DANIDA	Danish National Aid Agency	GEMS	Global Environment Monitoring System
DRP	Danube Regional Project	GIWA	Global International Waters Assessment
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	GWP	Global Water Partnership
DDE	Dichlorodiphenyldichloroethylene	GWP-TAC	Global Water Partnership - Technical Advisory Committee
DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane	GDP	Gross domestic product
DALY	Disability adjusted life years		
DTIE	Division of Technology, Industry and Economics		

GEO	Group on Earth Observations	REACH	Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals
IEDS	Institute for Environment and Development Studies	RO	Reverse Osmosis
ILBM	Integrated Lake Basin Management Approach	SIRDC	Scientific and Industrial Research and Development Centre
IWRM	Integrated Water Resources Management	SER	Society for Ecological Restoration
IANWGE	Interagency Network on Women and Gender Equality	SA DWAF	South African Department of Water Affairs and Forestry
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	SEI	Stockholm Environment Institute
IARC	International Agency for Research on Cancer	SIWI	Stockholm International Water Institute
IETC	International Environmental Technology Centre	STORET	Storage and Retrieval data warehouse (U.S.)
IFAP	International Federation of Agricultural Producers	SIDA	Swedish International Development Cooperation Agency
IFC	International Finance Corporation	PCaC	The Campesino to Campesino Program (Programa Campesino a Campesino)
IGRAC	International Groundwater Resources Assessment Centre	ES	The Endocrine Society
ILEC	International Lake Environment Committee Foundation	WB	The World Bank
ILA	International Law Association	TEST	Transfer of Environmentally Sound Technologies
ISO	International Organization for Standardization	UN	United Nations
IUCN	International Union for the Conservation of Nature	UNICEF	United Nations Children's Fund
IRC	International Water and Sanitation Centre	UN-DESA	United Nations Department of Economic and Social Affairs
IW LEARN	International Waters Learning Exchange and Resource Network	UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
LVEM	Lake Victoria Environmental Management	UNEP	United Nations Environment Programme
LID	Low Impact Development	UNEP-ROA	United Nations Environment Programme-Regional Office for Africa
MIT	Massachusetts Institute of Technology	UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
MSF	Médecins sans Frontières	UNWTO	United Nations World Tourism Organization
MENA	Middle East and North Africa	US DOE	United States Department of Energy
MDG	Millennium Development Goals	US EPA	United States Environmental Protection Agency
MA	Millennium Ecosystem Assessment	USGS	United States Geological Survey
NCPC	National Cleaner Production Centres	GAO	United States Government Accountability Office
NHD	National Hydrography Dataset (U.S.)	US NAS	United States National Academy of Sciences
UNAG	National Union of Farmers and Ranchers (Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos)	WGF	Water Governance Facility
NWIS	National Water Information System (of the U.S. Geological Survey)	WRIP	Water Reuse Implementation Project
NAWQA	National Water Quality Assessment (U.S.)	WSSCC	Water Supply and Sanitation Collaborative Council
NRDC	Natural Resource Defense Council	WASH	Water, sanitation and hygiene
NGO	Non-governmental organization	WATERS	Watershed Assessment, Tracking, and Environmental Results (of the United State Environmental Protection Agency)
O&M	Operations and maintenance	WHO	World Health Organization
OSU	Oregon State University	WHO-SEA	World Health Organization South East Asian region
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	WLVARC	World Lake Vision Action Report Committee
ODI	Overseas Development Institute	WMO	World Meteorological Organization
POPs	Persistent organic pollutants	WWAP	World Water Assessment Programme
PAN	Pesticide Action Network		
PANNA	Pesticide Action Network North America		
PV	Photovoltaic		
PCB	Polychlorinated biphenyls		
PET	Polyethylene terephthalate		

SUMÁRIO

Apresentação	13
Sumário executivo	17
Introdução	21
I. Panorama dos atuais desafios à qualidade da água	22
Contaminantes na água	22
Nutrientes	22
Erosão e sedimentação	22
Temperatura da água	23
Acidificação	23
Salinidade	23
Organismos patogênicos	23
Metais traço	24
Contaminantes químicos e outras toxinas produzidas pelo homem	24
Introdução de espécies e outros distúrbios biológicos	24
Contaminantes emergentes	25
Atividades humanas que afetam a qualidade da água	26
Agricultura	26
Indústria e produção de energia	28
Mineração	29
Infraestrutura hídrica	31
Disposição inadequada de esgotos domésticos	32
Crescimento demográfico, urbanização, desenvolvimento	32
Mudanças climáticas	33
II. Impactos da baixa qualidade da água	36
Efeitos da baixa qualidade da água no meio ambiente	36
Rios e córregos	36
Lagos	37
Águas subterrâneas	38
Zonas costeiras	39
Vegetação de terras úmidas	39
Biodiversidade	40
Efeitos da baixa qualidade da água na saúde humana	41
Doenças relacionadas à água	41
Altas concentrações de nutrientes	42
Outros contaminantes	42

Efeitos da baixa qualidade da água sobre as quantidades de água disponíveis	45
Efeitos da baixa qualidade da água sobre comunidades vulneráveis	45
Mulheres	45
Crianças.	46
Pessoas economicamente desprivilegiadas	46
Efeitos da baixa qualidade da água sobre a subsistência humana	47
Custo da baixa qualidade da água para a economia	47
Serviços ecossistêmicos.	48
Custos associados à saúde humana.	49
Agricultura.	49
Produção industrial	49
Turismo e lazer	50
Mineração	50
III. Soluções para melhorar a qualidade da água	51
Prevenção da poluição	51
Introdução e panorama	51
Proteção de mananciais	52
Poluição industrial	52
Poluição agrícola	53
Assentamentos humanos	56
Tratamento	57
Tratamento de água potável.	57
Tratamento para outras finalidades	58
Tratamento de efluentes	59
Tratamento de efluentes domésticos	59
Tratamento de efluentes industriais	62
Tratamento de efluentes agrícolas	62
Restauração ecológica e eco-hidrológica	62
Eco-hidrologia	63
Águas subterrâneas.	66
IV. Mecanismos para alcançar a melhoria na qualidade da água	67
Educação e conscientização	67
Metas de ações de educação e conscientização	68
Conscientizando as pessoas sobre os impactos na qualidade da água	68
Documentar o problema	69
Mobilização das comunidades.	70
Trabalhando com a mídia.	70
Articulação com tomadores de decisão.	71
Monitoramento/coleta de dados	71
Problemas com dados de qualidade da água	72

Governança e regulação	78
Reformas da Água (casos)	79
Políticas, leis e regulamentos	82
Estabelecimento de normas de qualidade da água	83
Diretrizes internacionais de qualidade da água	83
Governança e leis internacionais	84
Gestão de águas transfronteiriças	84
Financiamento da melhoria qualidade da água	86
Fortalecimento de capacidades institucionais	88
Fortalecimento da fiscalização	89
V. Conclusões e recomendações	92
Ações educativas e de capacitação	92
Marco Legal	95
Dados e Monitoramento	97
Referências Bibliográficas	99

Ações e programas da Agência Nacional de Águas e de outras instituições

com vistas à melhoria da qualidade da água no Brasil	109
A experiência do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES	111
Projeto Revitalização da Bacia do Rio das Velhas	115
Resultados	116
O PRODES na Bacia do Rio das Velhas	119
O PRODES nas Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá	123
O Programa Produtor de Água	127
Diretrizes do programa	128
O problema ambiental da erosão hídrica	128
Pagamento por serviços ambientais	129
Programa Produtor de Água – Projetos em andamento	131
Programa Produtor de Água – Projeto conservador das águas em Extrema (MG)	132
Monitoramento da qualidade das águas no Brasil	139
Rede integrada de monitoramento de qualidade da água na Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	143
Cultivando Água Boa: um Movimento pela Sustentabilidade	147
Programa de revitalização da Bacia hidrográfica do rio São Francisco	151
Águas Subterrâneas - A preservação dos Aquíferos Termiais de Caldas Novas (GO)	155

APRESENTAÇÃO



A presente publicação é produto de uma parceria da Agência Nacional de Águas (ANA) com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), e com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). Esta teve como base o relatório intitulado *Clearing the Waters: a focus on water quality solutions*, lançado pelo PNUMA em março de 2010. O texto do relatório foi traduzido para a língua portuguesa com o título *Cuidando das Águas – soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos* e contou com a inserção de boxes com exemplos bem-sucedidos das iniciativas e dos projetos desenvolvidos pela ANA para a melhoria das águas no Brasil, tais como: o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES); o Programa Produtor de Água; o Monitoramento da Qualidade das Águas no Brasil, a Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas no Brasil; e a Rede Integrada de Monitoramento de Qualidade da Água na Bacia

Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Nesta segunda edição, revisada e ampliada, um novo caso bem sucedido é apresentado: A preservação dos Aquíferos Terais de Caldas Novas (GO).

São também apresentados: o Projeto Cultivando Água Boa, da empresa Itaipu Binacional; o Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, do Ministério da Integração Nacional e do Ministério do Meio Ambiente; e o Projeto Revitalização da Bacia do Rio das Velhas, do governo de Minas Gerais, pelo fato de a ANA os reconhecer como projetos exitosos.

Esperamos que o leitor reflita sobre sua responsabilidade no uso sustentável da água e sobre as possibilidades de melhoria da qualidade dos recursos hídricos, em cooperação com os setores usuários de água, com as organizações não governamentais, com os governos, com as entidades de meio ambiente.



APRESENTAÇÃO

Foi o poeta inglês W. H. Auden quem disse que muitas pessoas viveram sem amor, mas nenhuma sem água: uma percepção que reflete o ponto mediano da nova década de ação com o simples, mas significativo tema água é vida.

O desafio da água no século XXI é tanto de quantidade quanto de qualidade. A presente publicação trata da dimensão qualitativa desta equação, salientando as relações entre água limpa e saúde pública e, de forma mais ampla, a saúde do meio ambiente.

A verdade é que, muitas vezes, em consequência de má administração, grande parte da água disponível não só nas economias em desenvolvimento, mas também nas economias desenvolvidas, está poluída e contaminada em níveis variados.

Em alguns lugares, a contaminação – seja por lançamentos de efluentes industriais, seja por esgoto doméstico não tratado – é tão aguda que pode ser mortal, desencadeando doenças relacionadas à água, que ceifam milhões de vidas anualmente, especialmente entre os mais jovens e vulneráveis.

A contaminação de sistemas fluviais, águas costeiras e outros ecossistemas não representa riscos apenas à saúde, mas também à atividade econômica, se esses sistemas deixarem de ser capazes de sustentar, por exemplo, a atividade pesqueira saudável. A finalidade do presente relatório – *Cuidando das águas* – é redirecionar a atenção da comunidade internacional para o papel crítico que a qualidade da água desempenha no atendimento a compromissos humanos, de meio ambiente e de desenvolvimento, incluindo os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio das Nações Unidas (ODMs).

O relatório procura destacar também as muitas oportunidades para abordar a questão da qualidade da água por meio da

melhoria da gestão deste que é o mais precioso recurso natural.

Uma resposta mais abrangente inclui a educação e o engajamento da população e dos formuladores de políticas, assim como a participação da comunidade científica, visando ao estabelecimento de elos entre a economia como um todo, a atividade humana e a qualidade da água.



Este relatório foi elaborado para oferecer um mapa do caminho para o engajamento das comunidades internacional e nacional, a fim de catalisar mudanças.

2010 marca o quinto ano desde o lançamento da nova década de ação, restando ainda mais cinco anos até o prazo estabelecido pela comunidade internacional para o cumprimento das Metas do Milênio.

Delinear uma resposta ao desafio da qualidade da água, nacional e internacionalmente, será crucial para que, em 2015, possamos declarar vitória em relação a muitas – senão todas – metas relacionadas à redução da pobreza.

Este relatório oferece uma contribuição para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e uma resposta aos desafios mais amplos de sustentabilidade enfrentados por 6 bilhões de pessoas, podendo chegar a 9 bilhões até 2050, cujo futuro será definido, em grande parte, pela forma como administramos os recursos naturais do planeta.

Achim Steiner
Subsecretário-Geral da ONU e Diretor Executivo do PNUMA

APRESENTAÇÃO



Muito além das valiosas informações a tomadores de decisão das empresas, formuladores de políticas públicas, profissionais do setor acadêmico e de instituições sociais, o estudo *“Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos”* revela uma mudança de paradigma ao estabelecer valor da água como ativo ambiental.

À primeira vista parece desnecessário reforçar a importância da água como elemento fundamental à sobrevivência de todos os organismos vivos do planeta. Contudo, milhares de anos após o surgimento das primeiras civilizações, ainda não fomos capazes de adotar um modelo de desenvolvimento que utilize a água com o mínimo de sabedoria.

Os números comprovam. Quase um bilhão de pessoas em todo o mundo não tem acesso à água potável. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cerca de quatro mil crianças menores de 5 anos morrem todos os dias de doenças passíveis de prevenção relacionadas à água, como diarreia, febre tifoide, cólera e disenteria. A estatística é resultado da contaminação de rios, lagos e lençóis freáticos, com o despejo de esgoto sem tratamento.

No Brasil, o cenário é semelhante. Apesar dos avanços sociais alcançados nos últimos anos, 80% do esgoto não têm tratamento adequado, de acordo com o levantamento de 2008 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dispomos de 12% das reservas de água doce do planeta, mas ainda enfrentamos problemas crônicos na área de saúde pública e de desenvolvimento econômico.

Algumas empresas líderes de mercado já incorporaram a água como fator estratégico para sua sobrevivência no longo prazo. São exemplos promissores e viáveis sobre o uso racional da água em suas atividades produtivas, com investimentos em projetos de reúso, tratamento de efluentes líquidos, reflorestamento e de educação ambiental junto a seus clientes, empregados e fornecedores. Os investimentos são compensados com redução de custos, aumento de competitividade e valorização dos ativos intangíveis.

As boas práticas das empresas ainda estão distantes de ganhar escala, mas demonstram a viabilidade de reverter o quadro de degradação. Para tanto, precisamos aprofundar as discussões em torno do tema, criar uma regulação que induza a sociedade a lidar com a água como valor estratégico, estimulando ao mesmo tempo o entendimento entre os setores-chave para vencer esse desafio.

As análises e recomendações contidas neste documento apontam para o caminho do uso sustentável da água. Ainda há tempo de preservar os mananciais não contaminados e recuperar o que foi degradado. A água deve ser fonte de vida e de progresso econômico e social – e não condutora de doenças.

Instituição pioneira no país em tratar de forma integrada com as três dimensões da sustentabilidade, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) sente-se honrado em fazer parte mais uma vez da parceria com a Agência Nacional de Águas e com o PNUMA para lançar um novo estudo sobre o tema.



SUMÁRIO EXECUTIVO

Todos os dias, milhões de toneladas de esgoto inadequadamente tratado e efluentes industriais e agrícolas são despejados nas águas do mundo. Todos os anos, lagos, rios e deltas absorvem o equivalente ao peso de toda a população humana – cerca de sete bilhões de pessoas – na forma de poluição. Anualmente, morrem mais pessoas pelas consequências de água imprópria que por todas as formas de violência, incluindo as guerras. Além disto, a cada ano, a contaminação das águas dos ecossistemas naturais afeta diretamente os seres humanos pela destruição de recursos pesqueiros ou outros impactos sobre a biodiversidade que afetam a produção de alimentos. Ao final, a maior parte da água doce poluída acaba nos oceanos, onde provoca graves prejuízos a muitas áreas costeiras e recursos pesqueiros, agravando a situação de nossos recursos oceânicos e costeiros e dificultando sua gestão.

Água doce limpa, apropriada e em quantidade adequada é de vital importância para a sobrevivência de todos os organismos vivos, bem como para o funcionamento adequado de ecossistemas, comunidades e economias. Contudo, a qualidade dos recursos hídricos mundiais está sob ameaça crescente à medida que aumentam as populações humanas e se expandem as atividades industriais e agrícolas, em um cenário em que as mudanças climáticas poderão provocar grandes alterações no ciclo hidrológico. Água de baixa qualidade põe em risco a saúde humana e dos ecossistemas, reduz a disponibilidade de água potável e de recursos hídricos próprios para outras finalidades, limita a produtividade econômica e diminui as oportunidades de desenvolvimento. Há uma necessidade premente de a comunidade global – dos setores público e privado – se unir e assumir o desafio de proteger e aprimorar a qualidade da água de nossos rios, lagos, aquíferos e torneiras. Para tanto, é preciso maior comprometimento com a prevenção da poluição hídrica futura, com o tratamento das águas já contaminadas e com a restauração da qualidade e saúde de rios, lagos, aquíferos, terras úmidas e estuários, permitindo assim que essas águas atendam a um espectro mais amplo possível de necessidades dos seres humanos e dos ecossistemas. As repercussões dessas ações serão sentidas desde as cabeceiras das nossas bacias hidrográficas até os oceanos, os recursos pesqueiros e os ambientes marinhos que auxiliam no sustento da humanidade.

Desafios da qualidade da água

Um amplo espectro de processos humanos e naturais afeta as características biológicas, químicas e físicas da água,

impactando assim sua qualidade. A contaminação por organismos patogênicos, metais traço e produtos químicos tóxicos de produção humana; a introdução de espécies invasoras; e as alterações de acidez, temperatura e salinidade da água podem prejudicar os ecossistemas aquáticos, tornando sua utilização inapropriada para uso humano.

Diversas atividades humanas – entre elas, a agricultura, a indústria, a mineração, o descarte de resíduos humanos, o crescimento demográfico, a urbanização e as mudanças climáticas – têm impacto sobre a qualidade da água. A agricultura pode provocar contaminação por nutrientes e agrotóxicos e aumento da salinidade. A contaminação por excesso de nutrientes tornou-se um dos problemas mais difundidos no planeta em termos de qualidade da água (UN WWAP, 2009) e, mundialmente, estima-se que a aplicação de agrotóxicos já tenha ultrapassado 2 milhões de toneladas por ano (PAN, 2009). As atividades industriais lançam, a cada ano, entre 300 e 400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, lodo tóxico e outros efluentes e resíduos sólidos nas águas do mundo (UN WWAP Água e Indústria). Anualmente, apenas nos Estados Unidos, cerca de 700 novos produtos químicos são introduzidos no comércio (Stephenson, 2009). A mineração e a perfuração geram grandes quantidades de resíduos e subprodutos, resultando em grandes desafios de descarte final desses materiais. A falta generalizada de mecanismos adequados para o descarte final de resíduos humanos resulta na contaminação da água. Em todo o mundo, 2,5 bilhões de pessoas carecem de saneamento básico (UNICEF e OMS 2008) e mais de 80 por cento de todo o esgoto sanitário gerado nos países em desenvolvimento é despejado, sem tratamento, em corpos hídricos (UN WWAP, 2009). O crescimento demográfico poderá ampliar esses impactos, ao mesmo tempo em que as mudanças climáticas apresentarão novos desafios para a qualidade da água.

Impactos causados pela água imprópria

A contaminação hídrica enfraquece ou destrói os ecossistemas naturais, dos quais dependem a saúde humana, a produção de alimentos e a biodiversidade. Estudos demonstram que o valor dos serviços ecossistêmicos chega a ser o dobro do produto nacional bruto da economia global e que o papel dos ecossistemas de água doce na purificação da água e na assimilação de efluentes é estimado em US\$ 400 bilhões (em dólares de 2008) (Costanza et al., 1997). Os ecossistemas de água doce estão entre os mais degradados do planeta, tendo sofrido perdas proporcionalmente maiores de espécies e de *habitat* que quaisquer outros ecossistemas terrestres ou



SHUTTERSTOCK

marinhos (Revenge et al., 2000). A maior parte da água doce poluída acaba nos oceanos, danificando áreas costeiras e reduzindo recursos pesqueiros.

Todos os anos, morrem mais pessoas pelas consequências de água imprópria que por todas as formas de violência, incluindo as guerras, sendo as crianças menores de 5 anos as mais impactadas. A água imprópria ou inadequada e a falta de tratamento e de disposição adequada de esgotos domésticos e de higiene são as causas de aproximadamente 3,1 por cento de todos os óbitos – mais de 1,7 milhão por ano – e de 3,7 por cento dos anos de vida perdidos devido aos problemas de saúde considerados mais impactantes em todo o mundo (OMS, 2002). Os meios de vida e de sustentação econômica como a agricultura, a pesca e a pecuária são altamente dependentes não apenas da

qualidade, mas também da quantidade de água disponível. A cada ano, no Oriente Médio e no Norte da África, a baixa qualidade da água acarreta custos da ordem de 0,5 a 2,5 por cento do produto interno bruto (PIB) (BIRD, 2007). Somente na África, as perdas econômicas provocadas pela falta de água e de tratamento e de disposição adequada de esgotos domésticos são estimadas em US\$ 28,4 bilhões, ou cerca de 5 por cento do PIB (UN WWAP, 2009). Mulheres, crianças e aqueles mais desfavorecidos economicamente são os mais afetados pelos impactos da baixa qualidade da água. Mais de 90 por cento dos que morrem em consequência de doenças relacionadas à água são crianças com idade inferior a 5 anos. As mulheres são obrigadas a percorrer longas distâncias em busca de água potável e os pobres são, muitas vezes, obrigados a conviver com canais d'água poluídos e não têm condições de acesso à água limpa.

Rumo a soluções e ações

Soluções efetivas para os desafios da qualidade da água existem e já foram implementadas em diversos lugares. É hora de assumir uma postura global frente ao desafio de proteger e melhorar a qualidade das reservas de água doce do planeta. Há três soluções fundamentais para os problemas de qualidade da água: (1) prevenir a poluição; (2) tratar a água poluída; e (3) restaurar ecossistemas.

Enfoque sobre prevenção da poluição

Prevenir contra a poluição significa reduzir ou eliminar os contaminantes na fonte, antes que possam poluir os recursos hídricos – sendo esta, quase sempre, a forma mais barata, fácil e efetiva de proteger a qualidade da água. As estratégias de prevenção contra a poluição reduzem ou eliminam o uso de substâncias perigosas, poluentes e contaminantes; modificam equipamentos e tecnologias para que gerem menos resíduos; e reduzem as emissões fugitivas e o consumo de água. Prevenir contra a poluição exige também que os assentamentos humanos sejam melhor planejados, com vista a melhorar a infiltração da água e a reduzir as fontes disseminadas de poluição. Na medida em que o mundo assume o desafio de melhorar a qualidade da água, a prevenção contra a poluição deve se tornar prioritária nos esforços internacionais e locais.

Expandir e melhorar o tratamento de água e de efluentes domésticos

Muitas fontes de água e bacias hidrográficas já são de baixa qualidade e necessitam de remediação e tratamento. Para o tratamento de água contaminada, as abordagens podem ser de alta tecnologia e alto consumo de energia; ou baixa tecnologia e baixo consumo energético, com foco ecológico. Estas abordagens requerem maiores esforços de implementação, difusão e ampliação para poder lidar com os enormes volumes de resíduos sem tratamento diariamente despejados nas águas. Ademais, para que possam implementar estas abordagens, as empresas de água e esgoto precisam receber maior assistência financeira, administrativa e técnica.

Restaurar, manejar e proteger ecossistemas

Ecossistemas saudáveis desempenham funções importantes para a qualidade da água, por filtrar e limpar a água contaminada. Ao proteger e restaurar os ecossistemas naturais, amplas melhorias podem ser conseguidas na qualidade da água e bem-estar econômico. Por sua vez, a proteção e a restauração de ecossistemas devem ser consideradas elementos básicos dos esforços sustentáveis para garantir a qualidade da água.

Mecanismos para alcançar soluções

Os mecanismos para organizar e implementar soluções para assegurar a qualidade da água incluem: (1) melhorar o entendimento acerca da qualidade da água, por meio de monitoramento aprimorado; (2) esforços mais efetivos de comunicação e educação; (3) melhores ferramentas financeiras e econômicas; (4) implementação de métodos mais efetivos de tratamento de água e restauração de ecossistemas; (5) fiscalização e aplicação da lei e arranjos institucionais; e (6) liderança política e comprometimento de todos os níveis da sociedade.

Melhorar o entendimento da qualidade da água

Monitoramento sistemático e dados de qualidade são peças fundamentais dos esforços efetivos para melhorar a qualidade da água. Enfrentar o desafio da qualidade da água implica desenvolver capacidades e formar especialistas nos países em desenvolvimento; implementar ferramentas de amostragem de campo, tecnologias e compartilhamento de dados, em tempo real, com baixo custo, rapidez e confiabilidade; e estabelecer instituições de gestão. São necessários ainda recursos para desenvolver capacidades nacionais e regionais e para coletar, gerir e analisar dados de qualidade da água.

Aprimorar a comunicação e a educação

A educação e a comunicação estão entre as ferramentas mais importantes para a solução de problemas relacionados à qualidade da água. A água desempenha importantes papéis de cunho cultural, social, econômico e ecológico. Demonstrar a importância da qualidade da água para os domicílios, a mídia, os formuladores de políticas, os empresários e os produtores rurais pode exercer grande impacto para a conquista de melhorias essenciais. É preciso uma campanha de educação e conscientização global sobre a qualidade da água, com campanhas regionais e nacionais direcionadas, que estabeleçam ligação entre o tema da qualidade da água e outros de importância cultural e histórica.

Utilizar ferramentas jurídicas, institucionais e regulatórias efetivas

Para proteger a qualidade da água, são necessários novos e aprimorados marcos legais e institucionais, partindo do nível internacional até os de bacia hidrográfica e comunitário. Como primeiro passo, é preciso adotar e aplicar leis sobre proteção e melhoria da qualidade da água. Políticas modelo de prevenção da poluição devem ser difundidas de forma ampla, e diretrizes devem ser elaboradas para promover a qualidade da água dos ecossistemas, da mesma forma como

é feito para o abastecimento de água potável. O planejamento em nível de bacia hidrográfica é necessário para identificar as principais fontes de poluição e a tomada de intervenções mais adequadas, especialmente em se tratando de bacias hidrográficas compartilhadas por dois ou mais entes políticos. Será preciso desenvolver e disseminar em todo o mundo métodos padronizados para a caracterização da qualidade da água em rios, bem como diretrizes internacionais para a caracterização da qualidade da água em ecossistemas e áreas prioritárias para ações de remediação.

Empregar tecnologias efetivas

Diversas tecnologias e abordagens efetivas estão disponíveis para melhorar a qualidade da água por meio da prevenção da poluição, do tratamento e da restauração de ecossistemas, variando desde as abordagens eco-hidrológicas até o tratamento convencional. Um enfoque que aborda coleta, transporte e tratamento de esgotos domésticos, bem como efluentes industriais e agrícolas é de suma importância. Para que isso se concretize, será necessário que comunidades, governos e empresas adotem tecnologias e abordagens eficazes para a qualidade da água, por meio do desenvolvimento de novas tecnologias para atender às necessidades específicas de recursos ou do meio ambiente e para prover apoio técnico, logístico e financeiro para auxiliar comunidades e governos na implementação de projetos, com vista a melhorar a qualidade da água.

Aprimorar abordagens financeiras e econômicas

Muitos dos problemas relacionados à qualidade da água resultam do acesso inadequado a financiamentos de programas para o tratamento da água ou para a sua recuperação, programas de subsídio ou de precificação. É necessário um melhor entendimento do valor econômico da manutenção de serviços ecossistêmicos e da infraestrutura hídrica, como também de sistemas de precificação efetivos que permitam uma recuperação suficiente dos custos, assegurem níveis adequados de investimento e proporcionem apoio à operação e à manutenção de longo prazo. Abordagens e normas regulatórias inovadoras são necessárias, por exemplo, para instituir pagamento por serviços ecossistêmicos ou para exigir que os poluidores arquem com os custos da poluição.

Olhando para o futuro: água limpa para hoje e amanhã

A água sempre ocupou posição central nos ecossistemas e nas sociedades humanas saudáveis; contudo as fontes de água doce das quais todos dependemos estão se

tornando cada vez mais poluídas. Como comunidade global, devemos voltar as atenções para melhoria e preservação da qualidade da nossa água. As decisões tomadas na próxima década determinarão o caminho que iremos traçar ao abordar o desafio global da qualidade da água. Este desafio exige medidas ousadas em níveis internacional, nacional e local para proteger a qualidade da água. Direcionar prioridades, financiamento e políticas para os níveis local, nacional e internacional para a melhoria da qualidade da água tornará possível que nossos recursos hídricos globais voltem a ser fonte de vida. Água limpa é vida. Já dispomos de conhecimento, técnicas e capacidades para proteger a qualidade das nossas águas. Precisamos agora demonstrar que temos vontade. A vida e a prosperidade humana dependerão das nossas ações de hoje para que possamos ser os gestores – e não os poluidores – deste recurso tão precioso.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água é elemento central de todos os papéis que este recurso desempenha em nossas vidas. Da beleza de um curso de água natural repleto de vida animal e vegetal, às atividades econômicas vitais que a água limpa dos rios e dos córregos proporcionam até o papel fundamental para a saúde que a água potável segura desempenha – a água de boa qualidade é de importância fundamental para toda a cadeia vital e para a subsistência humana.

A água é fonte de vida na terra, e a civilização humana desabrochou onde havia fontes confiáveis e limpas de água doce. Para o aproveitamento humano – seja para beber, lavar ou para recreação –, é preciso que a água esteja livre de fontes de contaminação biológica, química e física. Plantas, animais e *habitats* que sustentam a biodiversidade também dependem de água limpa. Para a produção de alimentos, o fornecimento de energia para as cidades e para movimentar as indústrias é preciso haver água com determinado grau de qualidade.

A qualidade da água é tão importante quanto a quantidade, quando se trata de atender às necessidades básicas dos seres humanos e do meio ambiente; entretanto, apesar de as duas questões estarem intimamente interligadas,

nas décadas recentes este aspecto recebeu bem menos investimento, apoio científico e atenção do público que a quantidade volumétrica. Como parte dos esforços para melhorar a qualidade da água, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) está apoiando iniciativas educativas em todo o mundo para chamar atenção aos desafios e soluções relacionadas à qualidade da água. A presente avaliação resumida faz parte desses esforços e sintetiza informações de vários bancos de dados públicos e relatórios publicados.

A Parte 1 do presente relatório oferece um panorama dos principais contaminantes atuais e das atividades humanas que afetam a qualidade da água. A Parte 2 relaciona os impactos que a baixa qualidade da água exerce sobre o meio ambiente, a saúde humana e as comunidades vulneráveis e quantifica os custos econômicos da baixa qualidade da água. A Parte 3 oferece análises sobre soluções específicas disponíveis para equacionar problemas da qualidade da água. A Parte 4 explora ampla gama de mecanismos por meio dos quais as soluções poderão ser alcançadas. A Parte 5 detalha as principais recomendações para a comunidade internacional, governos nacionais, comunidades e domicílios para promover a melhoria e a proteção da qualidade da água.





© CHANTIA FRANKIEWICZ/UNEP

I. Panorama dos atuais desafios à qualidade da água

Contaminantes na água

As atividades humanas, assim como os processos naturais, podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com ramificações específicas para a saúde humana e do ecossistema. A qualidade da água é afetada por mudanças em teores de nutrientes, sedimentos, temperatura, pH, metais pesados, toxinas não metálicas, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos, entre muitos outros (Carr e Neary, 2008). Segue uma apresentação resumida dos principais contaminantes.

Muitos contaminantes se combinam sinergicamente para causar impactos piores ou distintos daqueles provocados de forma cumulativa por um poluente agindo isoladamente. Em último caso, o acréscimo contínuo de contaminantes levará a concentrações que excedem a capacidade do ecossistema de suportá-los, gerando alterações dramáticas e não lineares que podem ser impossíveis de reverter (MA, 2005a). A extinção de todas as 24 espécies de peixes endêmicos do Mar Aral, por exemplo, foi consequência do aumento acentuado de salinidade, provocado pela diminuição das entradas de água doce. Mesmo que alguns especialistas ainda acreditem haver possibilidade de baixar os níveis de salinidade do Mar Aral aos níveis anteriores, não há como reverter as extinções ocorridas. Outro exemplo dessas mudanças abruptas é a proliferação de afloramentos de algas tóxicas (ver estudo de caso do Lago Atitlán, a seguir), com consequências econômicas diretas e indiretas sobre as populações locais.

Nutrientes

A contaminação por excesso de nutrientes tornou-se o problema de qualidade da água mais comum em todo o

planeta (UN WWAP, 2009). Essa contaminação, geralmente associada a excessos de nitrogênio e fósforo – provenientes do escoamento da agricultura, mas também provocada por lançamento de esgoto e de resíduos industriais –, tende a aumentar taxas de produtividade primária (produção de matéria vegetal por meio da fotossíntese) em níveis excessivos, levando a um supercrescimento de plantas vasculares (ex.: aguapé), a aflorações de algas e ao esgotamento do oxigênio dissolvido na coluna de água, o que pode provocar estresse ou mesmo matar organismos aquáticos. Algumas algas (cianobactérias) podem produzir toxinas prejudiciais à saúde de seres humanos e animais domésticos e selvagens que as ingerem ou que se exponham a águas com elevados níveis de algas. A contaminação por excesso de nutrientes pode também provocar acidificação nos ecossistemas de água doce, com graves impactos para a biodiversidade (MA, 2005b). No longo prazo, o enriquecimento com nutrientes pode esgotar o oxigênio e eliminar espécies com exigências mais elevadas em termos de consumo de oxigênio, inclusive diversas espécies de peixes, afetando a estrutura e a diversidade dos ecossistemas (Carpenter et al., 1998). Por causa de entradas excessivas de nutrientes, alguns lagos e lagoas tornam-se hipereutróficos (ricos em nutrientes e pobres em oxigênio) com a consequente eliminação de todos os macro-organismos.

Erosão e sedimentação

A erosão é um processo natural que fornece sedimentos e matéria orgânica aos sistemas aquáticos. Em muitas regiões, as atividades humanas alteraram as taxas de erosão natural, mudando significativamente o volume, a taxa e o momento de entrada de sedimentos em córregos e lagos, assim afetando processos físicos e químicos e as adaptações das espécies

aos regimes de sedimentação preexistentes. Aumentos de sedimentação podem diminuir a produtividade primária, reduzir ou danificar *habitats* de desova e prejudicar peixes, plantas e organismos invertebrados bentônicos (que vivem no substrato dos *habitats* aquáticos). Os sedimentos finos tendem a atrair nutrientes como fósforo e contaminantes tóxicos como agrotóxicos, dessa forma alterando as propriedades químicas da água (Carr e Neary, 2008). Barragens e outras infraestruturas podem provocar degradação nas funções naturais de transporte de sedimento, privando trechos a jusante de nutrientes e insumos químicos essenciais. Por exemplo, de acordo com cientistas chineses, a construção de grandes barragens no Rio Yangtze teve um impacto visível na carga de sedimentos transportados até o Mar da China Oriental. Nos anos mais recentes, o volume de sedimentos que chega até Datong, próximo ao delta do Rio Yangtze, baixou para apenas 33 por cento dos níveis registrados entre 1950-1986 (Xu et al., 2006). A crescente erosão na zona costeira e as mudanças nas características ecológicas e de produtividade do Mar da China Oriental são algumas das consequências desta diminuição no volume dos sedimentos transportados (Xu et al., 2006).

Temperatura da água

A temperatura da água desempenha papel importante na sinalização de funções biológicas como desova e migração e afeta taxas metabólicas de organismos aquáticos. Alterações na temperatura natural dos ciclos da água podem impedir o sucesso reprodutivo e de crescimento, ocasionando diminuições de populações pesqueiras e de outras classes de organismos. Quanto mais quente a água, menor seu conteúdo de oxigênio, o que prejudica funções metabólicas e condições de saúde. Esses impactos podem ser especialmente graves a jusante de usinas de geração de energias térmicas ou nucleares, fábricas ou unidades industriais, nas quais as águas retornadas aos fluxos podem estar numa temperatura substancialmente mais elevada do que os ecossistemas são capazes de absorver (Carr e Neary, 2008).

Acidificação

O pH de diferentes ecossistemas aquáticos determina a saúde e as características biológicas deles. Uma gama de atividades industriais, com destaque para a mineração e a produção de energia a partir de combustíveis fósseis, pode provocar acidificação localizada em sistemas de água doce. Chuva ácida, causada predominantemente pela interação de emissões da combustão de combustíveis fósseis e processos atmosféricos, pode afetar grandes regiões. A acidificação afeta desproporcionalmente organismos mais jovens que tendem a ser menos tolerantes ao baixo pH. O pH mais baixo pode também mobilizar metais de solos naturais, como alumínio, provocando estresse e mortalidade

entre algumas espécies aquáticas. A acidificação é um fenômeno difuso, encontrado especialmente a sota-vento de usinas que emitem grandes quantidades de nitrogênio e dióxido de enxofre ou a jusante de minas que liberam águas subterrâneas contaminadas. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, por exemplo, mais de 90 por cento dos ribeirões de Pine Barrens, uma região de terras úmidas no leste dos Estados Unidos, são ácidos por causa dos sistemas de produção de energia a barlavento e especialmente, às usinas movidas a carvão mineral (US EPA, 2009a).

Salinidade

Tipicamente, espécies vegetais e animais de água doce não toleram altos níveis de salinidade. O acúmulo de sais na água pode ter uma série de causas – muitas vezes, mas nem sempre – provocadas pela ação do homem. Entre elas estão o escoamento agrícola, de terras com alto teor de sais, as descargas de águas subterrâneas de perfurações de petróleo e gás ou outras operações envolvendo bombeamento; atividades industriais diversas; e certos tipos de tratamento municipal de água. Ademais, a natureza química dos sais introduzidos pelas atividades humanas pode ser diferente daquela que ocorre naturalmente; por exemplo, teores mais elevados de potássio em relação a sais de sódio. A salinidade crescente pode provocar estresse em alguns organismos de água doce, afetando a função metabólica e os níveis de saturação de oxigênio. Pode também alterar a vegetação ribeirinha e emergente, afetar as características das terras úmidas e pântanos naturais, diminuir o *habitat* de algumas espécies aquáticas e reduzir a produtividade agrícola e de certos cultivos (Carr e Neary, 2008).

Organismos patogênicos

Entre os contaminantes da qualidade da água mais difundidos – especialmente em áreas onde o acesso à água limpa e segura é limitado – estão os organismos patogênicos: bactérias, protozoários e vírus. Estes organismos representam uma das principais ameaças à saúde humana no planeta. Os maiores riscos de contaminação microbiana vêm do consumo de água contaminada com agentes patogênicos provenientes de fezes humanas ou animais (Carr e Neary, 2008). Além dos micro-organismos introduzidos nas águas pela contaminação fecal humana ou animal, existem diversos micro-organismos patogênicos, endêmicos em certas áreas que, uma vez introduzidos, são capazes de colonizar novos ambientes. Estes micro-organismos patogênicos endêmicos, como algumas espécies bacterianas do tipo vibrião e alguns tipos de ameba, podem provocar gravíssimos problemas de saúde nas pessoas expostas, causando, inclusive, infecções intestinais, encefalite amebiana, meningite amebiana, podendo levar a óbito (OMS, 2008). Vírus e protozoários também representam riscos à saúde humana, como é o caso do *Cryptosporidium*, *Giardia*, verme de Guiné e outros.

Metais traço

Metais traço, como arsênio, zinco, cobre e selênio, estão naturalmente presentes em águas de diferentes localidades. Algumas atividades humanas, como mineração, indústria e agricultura, podem provocar aumento na mobilização de metais traço, a partir de solos ou resíduos, para a água doce. Mesmo em baixíssimas concentrações, essas matérias adicionais podem ser tóxicas para organismos aquáticos, prejudicando funções reprodutivas e outras. No início da década de 1980, altas concentrações de selênio em água de escoamento agrícola lançada no Kesterson National Wildlife Refuge na Califórnia extirparam todas as espécies de peixes (com uma única exceção) e provocaram grande mortalidade de pássaros, assim como graves deformidades em diversas espécies de aves (Ohlendorf, 1989).

Contaminantes químicos e outras toxinas produzidas pelo homem

Há uma diversidade de contaminantes orgânicos produzidos pelo homem que podem ser carregados para as águas superficiais e subterrâneas, provocando contaminação desses recursos hídricos, em consequência de atividades humanas, entre elas o uso de agrotóxicos e processos industriais, bem como resultantes da decomposição de produtos químicos (Carr e Neary, 2008). Muitos desses poluentes, incluindo agrotóxicos e outras toxinas não metálicas, são largamente utilizados em todo o mundo, persistem no meio ambiente e podem ser transportados por longas distâncias até regiões nas quais nunca foram produzidos (PNUMA, 2009).

Os contaminantes orgânicos (também conhecidos como “poluentes orgânicos persistentes” ou POPs) são, a exemplo de certos agrotóxicos, encontrados com frequência na forma de contaminantes de águas subterrâneas, onde chegam após lixiviação por solo e águas superficiais, por meio do escoamento de áreas agrícolas e urbanas. O DDT, pesticida cujo uso é proibido em muitos países, mas ainda utilizado no controle da malária em países da África, da Ásia e da América Latina (Jaga e Dharmani, 2003) persiste no meio ambiente, por ser resistente à total degradação por micro-organismos (OMS, 2004a). Mesmo nos países em que está proibido há décadas, o DDT ainda é encontrado em sedimentos, cursos de água e águas subterrâneas. No caso de alguns desses materiais, doses não letais podem ser ingeridas por organismos invertebrados, ficando armazenadas em seus tecidos; contudo, à medida que organismos maiores consomem essas espécies de presa, as quantidades de agrotóxicos e outros materiais bioacumulam, podendo alcançar níveis tóxicos. Alguns agrotóxicos se decompõem com o tempo no meio ambiente, mas os subprodutos dessa decomposição podem também ser tóxicos e se concentrar em sedimentos para, posteriormente,

serem liberados em grandes volumes durante raspagem, dragagem ou outros distúrbios.

Outros poluentes orgânicos, como dioxinas, furanos e bifenilos policlorados (PCBs) são subprodutos de processos industriais que entram no meio ambiente durante seu uso e disposição final (PNUMA, 1998). Esses materiais constituem ameaças emergentes, devido a possível degradação de longo prazo dos ecossistemas de água doce e outros.

A contaminação por PCBs é bastante comum em todo o mundo. Em Nova York, por exemplo, mais de 550 toneladas de PCBs foram despejadas no Rio Hudson durante o século XX. Os altos níveis de contaminação por PCBs em peixes levaram à proibição da pesca no Rio Hudson, e os esforços de remediação, iniciados há décadas, continuam até o presente (US EPA, 2009b).

Existem ainda outros contaminantes emergentes (discutidos mais detalhadamente a seguir) entre eles disruptores endócrinos e produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, que podem não ser removidos durante os processos mais comuns de tratamento de efluentes e que acabam entrando nos sistemas de água doce. Esses contaminantes podem prejudicar o sucesso reprodutivo de aves e peixes, feminizar alevinos machos e causar outros impactos ainda não detectados.

Introdução de espécies e outros distúrbios biológicos

A incidência crescente de espécies invasoras que substituem espécies endêmicas e alteram as propriedades químicas da água e as cadeias alimentares locais vem afetando cada vez mais os sistemas de água doce, problema que deve ser enfrentado como sendo de qualidade da água (Carr e Neary, 2008). Em muitos casos, espécies aquáticas foram introduzidas propositalmente em ecossistemas distantes, para fins recreativos, econômicos ou outros. Em várias instâncias, tais introduções disseminaram espécies endêmicas de peixes e de outros organismos aquáticos, causando degradação em bacias hidrográficas locais. Outras espécies invasoras chegaram por acaso, transportadas em cascos de embarcações recreativas ou pela água de lastro de embarcações comerciais. Por exemplo, espécies invasoras como o mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*) e o mexilhão quagga (*D. bugensis*) devastaram ecossistemas locais, alterando os ciclos de nutrientes e levando espécies endêmicas quase à extinção. Os mexilhões também representam ameaça à infraestrutura humana, pois obstruem tubulações e adutoras e bloqueiam canais, provocando dificuldades de operação e aumentando os custos de manutenção.

Na África do Sul, espécies vegetais invasoras alteraram a qualidade da água local e reduziram a quantidade de água disponível, por aumentar as taxas de evapotranspiração nas bacias hidrográficas. Segundo o Departamento de Assuntos de Água e Florestas da África do Sul, a cada ano, espécies exóticas invasoras causam grandes prejuízos financeiros à economia, constituindo a maior ameaça à biodiversidade do país. Desde sua criação, em 1995, o programa *Working for Water* promove, a cada ano, a remoção de espécies vegetais invasoras de um milhão de hectares, ao mesmo tempo provendo capacitação e emprego para aproximadamente 20.000 pessoas dos setores mais marginalizados da sociedade (SA DWAF, 2009). Nos Estados Unidos, as invasões de certas espécies de mexilhões acarretam custos adicionais de mais de 1 bilhão de dólares por ano às empresas de abastecimento de água e de geração de energia elétrica e geram impactos sobre os ecossistemas locais (De Leon, 2008).

Contaminantes emergentes

Um número cada vez maior de contaminantes está sendo detectado nas águas, por dois motivos: novos componentes químicos estão sendo lançados para uso na agricultura, nas indústrias e nos domicílios, que podem entrar e persistir no meio ambiente; e novas técnicas de ensaio que fazem que os contaminantes sejam detectados em teores cada vez menores. Essas substâncias podem ser lançadas no meio ambiente por meio de liberações em medidas intencionais (aplicações de pesticida); na forma de subprodutos industriais e agrícolas (regulados ou não); por meio de despejos acidentais, vazamentos durante a fabricação ou o armazenamento inadequado; ou na forma de resíduos domiciliares (Carr e Neary, 2008). Em contextos agrícolas, a pulverização excessiva e o transporte de longa distância fazem com que essas substâncias sejam encontradas muito longe do ponto inicial de sua aplicação.

A cada ano, cerca de 700 novos produtos químicos são introduzidos pelo comércio apenas nos Estados Unidos (Stephenson, 2009) e, mundialmente, as aplicações de agrotóxicos são estimadas em aproximadamente 2 milhões de toneladas (PAN, 2009). Apesar de seu uso em larga escala, a prevalência, o transporte e o destino final de muitos desses produtos químicos permanecem, em geral, desconhecidos uma vez que, até há pouco tempo, as técnicas de ensaio não eram capazes de detectar contaminantes nas baixas concentrações presentes no meio ambiente (Carr e Neary, 2008).

Produtos químicos sintéticos, denominados disruptores endócrinos, fornecem excelente exemplo de contaminantes emergentes cujos perigos e consequências para a qualidade da água, saúde humana e meio ambiente

ainda são pouco conhecidos. Os disruptores endócrinos – produtos químicos capazes de interferir com a ação hormonal – foram identificados entre aqueles utilizados na agricultura, na indústria, nos domicílios e nos cuidados pessoais e incluem agrotóxicos, desinfetantes, aditivos plásticos e produtos farmacêuticos, como pílulas anticoncepcionais. Muitos desses disruptores endócrinos imitam ou bloqueiam a ação de outros hormônios no organismo, deturpando o desenvolvimento do sistema endócrino e dos órgãos que respondem a sinais endócrinos em organismos indiretamente expostos durante as primeiras fases do seu desenvolvimento; esses efeitos são permanentes e irreversíveis (Colborn, 1993). Os efeitos de disruptores endócrinos sobre a fauna e a flora selvagem incluem afinamento das cascas de ovos de pássaros, comportamentos parentais inadequados, tumores cancerígenos e outros efeitos (Carr e Neary, 2008). Por exemplo, há muito tempo, a feminização de peixes a jusante de lançamentos de estações de tratamento de águas servidas está associada a composições farmacêuticas de agentes estrogênicos (Sumpter, 1995) e novos estudos também associam a feminização de anfíbios a agrotóxicos disruptores endócrinos, como a atrazina (Hayes et al., 2006).

Os efeitos desses compostos químicos sobre os humanos e sobre o desenvolvimento humano são menos conhecidos; contudo, ensaios em animais indicam que há motivo para preocupação, mesmo em se tratando de dosagens mínimas. Ademais, pesquisas mostram que os efeitos podem se estender muito além do indivíduo exposto e que podem acometer especialmente fetos, gestantes e crianças lactentes. Informes mais recentes apontam efeitos multigeracionais de alguns disruptores endócrinos, provocados por modificação de materiais genéticos e outros mecanismos hereditários (ES, 2009).

Produtos farmacêuticos e compostos químicos originários de cosméticos, produtos de higiene e de cuidados pessoais, detergentes e medicamentos, desde analgésicos e antidepressivos até terapias de reposição hormonal e agentes quimioterápicos, também suscitam preocupação crescente (Carr e Neary, 2008). Tais agentes químicos entram no meio ambiente e nos cursos de água pelos efluentes de estações de tratamento de esgotos domésticos não equipadas para removê-los (Carr e Neary, 2008). Mesmo que as baixas concentrações atualmente presentes nos cursos de água não apresentem quaisquer efeitos observáveis ou agudos à saúde, podem provocar problemas comportamentais e reprodutivos sutis à vida humana e à fauna (Carr e Neary, 2008) e é provável que causem impactos sinérgicos quando combinados com outro disruptor endócrino. A título de exemplo, em concentrações de microgramas/L do antibiótico tetraciclina, um estudo encontrou impactos negativos mensuráveis sobre a vida bacteriana aquática (Verma et al., 2007). São necessárias novas pesquisas para esclarecer essas incertezas.

Além desses contaminantes químicos emergentes, existe também a ameaça proveniente de agentes patogênicos emergentes – que estão aparecendo entre as populações humanas pela primeira vez ou que já haviam aparecido antes, mas agora se apresentam com incidência crescente ou vêm se alastrando para áreas antes não informadas (OMS, 2003a). As doenças relacionadas à água não apenas continuam sendo a principal causa de morbidade e mortalidade global, mas diversos estudos confirmam que a variedade das doenças expandem e que a incidência de muitas doenças microbianas relacionadas à água vem aumentando (OMS, 2003a).

Agentes patogênicos podem surgir como resultado de novos ambientes ou alterações de condições ambientais, como implantação de barragens e projetos de irrigação; uso de novas tecnologias; e avanços científicos, tais como o uso inapropriado de antibióticos, inseticidas e agrotóxicos que levam à criação de cepas resistentes (OMS, 2003a). Nos últimos anos, 175 espécies de agentes infecciosos de 96 gêneros diferentes foram classificados como agentes patogênicos emergentes (OMS, 2003a). O aparecimento de novos agentes patogênicos ou o aumento na sua incidência também representam ameaça à qualidade da água.

Atividades humanas que afetam a qualidade da água

Uma ampla gama de atividades humanas afeta a qualidade da água. A seguir serão apresentadas e discutidas quatro categorias – produção agrícola; industrial e mineradora; infraestrutura hídrica; e lançamento direto de efluentes domésticos não ou parcialmente tratados em sistemas aquáticos – como também os impactos destas atividades

sobre a qualidade da água. Segue também uma descrição de processos que impactam e continuarão impactando a qualidade da água, a saber: crescimento demográfico, urbanização e mudanças climáticas.

Agricultura

A imensa extensão das atividades agrícolas em todo o mundo contribui significativamente tanto para a produtividade econômica quanto para as cargas de poluentes. Desde a década de 1970, é cada vez maior a preocupação com os aumentos de escoamento de resíduos de nitrogênio, fósforo e agrotóxicos nas águas superficiais e subterrâneas. É sabido, há muito tempo, que os sistemas de cultivo intensivo, a crescente concentração de pecuária confinada em “fábricas” e as operações de aquacultura podem contribuir para a poluição difusa de águas superficiais e subterrâneas (Ignazi, 1993). Um estudo comparativo de fontes de poluição doméstica, industrial e agrícola da zona costeira dos países do Mar Mediterrâneo constatou que a agricultura é a fonte principal de componentes e sedimentos de fósforo (PNUMA, 1996a). Ademais, os nitratos são os componentes químicos mais comuns nas águas subterrâneas e nos aquíferos do mundo (Spalding e Exner, 1993). De acordo com diversos estudos realizados na Índia e na África, entre 20 e 50 por cento dos poços contêm teores de nitrato acima de 50 miligramas/litro e, em alguns casos, esses teores chegam até várias centenas de miligramas/litro (citado pela FAO, 1996). Dados recentes do PNUMA Global Environment Monitoring (GEMS/Água) demonstram que as concentrações medianas de nitrato aumentaram na última década em bacias hidrográficas das Américas, da Europa, da Australásia e, mais significativamente, da África e do Mediterrâneo oriental (Figura 1).

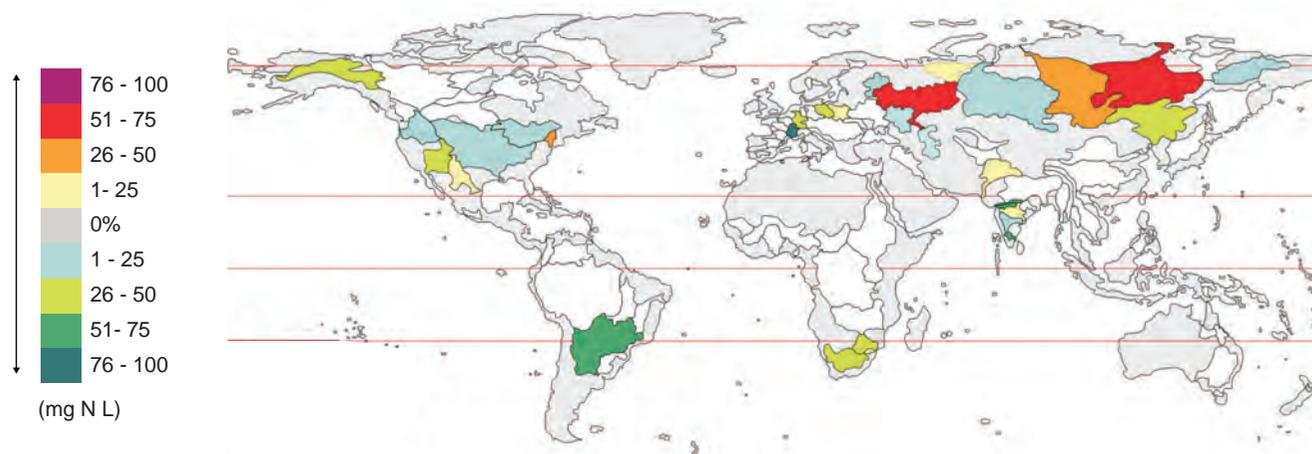


Figura 1. Alterações nas concentrações de nitrogênio em grandes bacias do mundo nos períodos 1990-1999 e 2000-2007. Fonte: PNUMA 2008

Tabela 1. Impactos das atividades agrícolas sobre a qualidade da água. (FAO, 1996 – modificado)

Atividades agrícolas	Impactos	
	Águas superficiais	Águas subterrâneas
Aração/gradeação	Sedimentos/turbidez: sedimentos carregam fósforo e agrotóxicos absorvidos em partículas de sedimento; assoreamento de leitos de rios e perda de <i>habitat</i> , áreas de desova etc.	Compactação do solo pode reduzir infiltração para o sistema de águas subterrâneas.
Adubação	Escoamento superficial de nutrientes, especialmente fósforo, levando à eutrofização e provocando alterações de sabor e odor na água de abastecimento público; proliferação de algas, levando à desoxigenação da água e à mortalidade de peixes.	Lixiviação de nitrato para as águas subterrâneas; níveis excessivos representam ameaça à saúde humana.
Espalhamento de estrume	Realizado como atividade de adubação; espalhamento em terreno gelado resulta em altos níveis de contaminação das águas por agentes patogênicos, metais, fósforo e nitrogênio, que levam à eutrofização e à contaminação potencial. Ademais, a aplicação de estrume pode disseminar antibióticos e outros produtos farmacêuticos administrados a animais.	Contaminação de águas subterrâneas, especialmente por nitrogênio.
Agrotóxicos	Escoamento superficial de agrotóxicos, provocando contaminação da água superficial e da biota; disfunção do sistema ecológico nas águas superficiais pela perda dos principais predadores devido à inibição de crescimento e ao fracasso reprodutivo; impactos sobre a saúde humana pela ingestão de peixes contaminados. Agrotóxicos são propagados em forma de pó pelos ventos por longas distâncias e contaminam sistemas aquáticos a milhares de quilômetros de distância (ex.: agrotóxicos tropicais/subtropicais encontrados em mamíferos do Ártico).	Alguns agrotóxicos podem se infiltrar nas águas subterrâneas, provocando problemas à saúde humana, a partir de poços contaminados.
Confinamento de animais/currais	Contaminação da água superficial por muitos agentes patogênicos (bactéria, vírus etc.), levando a problemas crônicos de saúde. Também contaminação por metais, antibióticos e outros compostos farmacêuticos contidos na urina e nas fezes.	Lixiviação potencial de nitrogênio, metais etc. às águas subterrâneas.
Irrigação	Escoamento superficial de sais, provocando a salinização das águas superficiais; escoamento superficial de fertilizantes e agrotóxicos às águas superficiais, provocando danos ecológicos, bioacumulação de espécies de peixes comestíveis etc. Altos níveis de elementos traço como selênio podem ocorrer, provocando graves danos ecológicos e potenciais impactos sobre a saúde humana.	Enriquecimento das águas subterrâneas com sais e nutrientes (especialmente nitrato).
Corte raso de florestas	Erosão do terreno, levando a altos níveis de turbidez dos rios, assoreamento do <i>habitat</i> bentônico etc. Deturpação e alteração do regime hidrológico, muitas vezes com perda de riachos perenes, provocando problemas de saúde devido a perdas de água potável.	Mudança do regime hidrológico – muitas vezes acompanhada por aumento do escoamento superficial e diminuição das recargas de águas subterrâneas – afeta a água superficial, por diminuir os fluxos em períodos de estiagem e a concentração de nutrientes e contaminantes na água superficial.
Silvicultura	Ampla gama de efeitos: escoamento superficial de agrotóxicos e contaminação de água superficial e peixes; problemas de erosão e sedimentação.	Compactação do solo limita infiltração.
Aquacultura	Liberação de agrotóxicos e altos níveis de nutrientes para as águas superficiais e subterrâneas, pela ração e pelas fezes, levando a sérios problemas de eutrofização.	

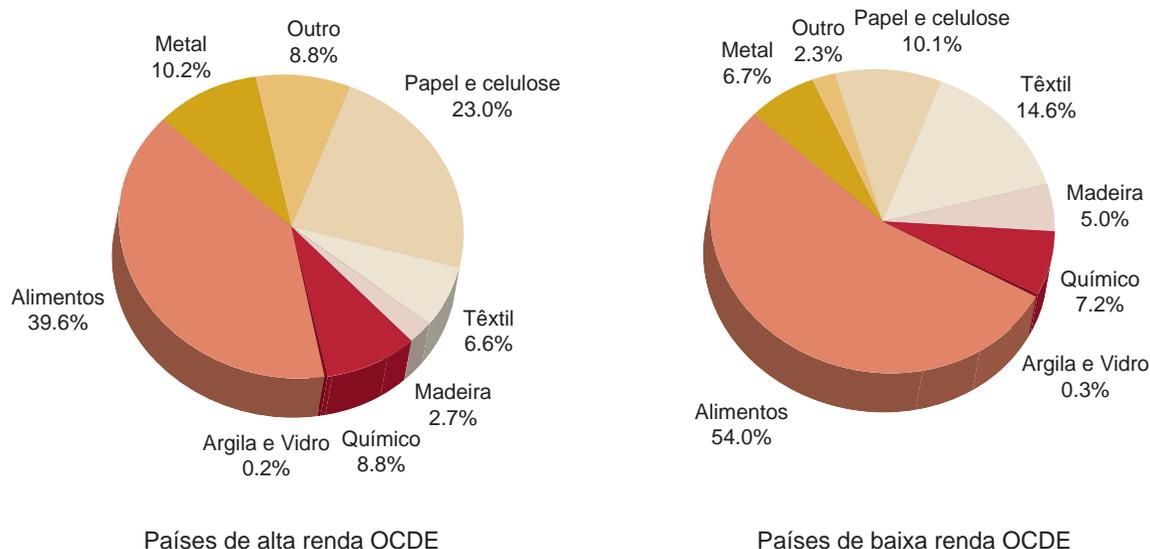


Figura 2. Contribuição dos principais setores industriais à produção de poluentes líquidos orgânicos. Fonte: UN WWAP, 2003, utilizando dados do Banco Mundial 2001

Além da contaminação por nitrato, as atividades agrícolas são associadas à salinização da água superficial, à eutrofização (excesso de nutrientes), aos agrotóxicos no escoamento superficial e às alterações de padrões de erosão e sedimentação. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 1996) compilou um resumo de impactos comuns das atividades agrícolas sobre recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Tabela 1).

Indústria e produção de energia

As atividades industriais provocam significativos e crescentes impactos sobre a qualidade da água. A utilização industrial para a produção de energia elétrica responde por quase 20 por cento do total global de captações (UN WWAP, 2009), sendo que essas águas geralmente retornam à fonte em condições inadequadas. As águas servidas de unidades industriais como usinas termoeletricas, fábricas de papel/celulose, de produtos farmacêuticos, de semicondutores e de produtos químicos, refinarias de petróleo, unidades de engarrafamento, bem como processos como mineração e perfuração, todos contribuem para a baixa qualidade da água em todo o mundo. Os efluentes industriais podem conter diversos tipos de poluentes, entre eles:

- Contaminantes microbiológicos, como bactérias, vírus e protozoários.
- Compostos químicos provenientes de atividades industriais, como solventes e agrotóxicos orgânicos

e inorgânicos, bifenilas policloradas (PCBs), amianto e muitos outros.

- Metais, como chumbo, mercúrio, zinco, cobre e muitos outros.
- Nutrientes, como fósforo e nitrogênio.
- Matéria em suspensão, incluindo particulados e sedimentos.
- Alterações de temperatura provocadas por descargas de efluentes de água utilizada para resfriamento.
- Produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais.

A produção de energia exerce impactos significativos sobre a qualidade da água (ver Tabela 2 a seguir) principalmente devido às imensas quantidades de água necessárias para o resfriamento das usinas. Também é alto o risco de contaminação durante a prospecção e a produção de combustíveis fósseis. São três os principais impactos mais preocupantes: (1) as imensas quantidades de águas subterrâneas contaminadas durante a perfuração de poços de petróleo e gás; (2) a retirada de água para resfriamento de usinas, que reduz os volumes de água disponível para os ecossistemas; e (3) o aquecimento e a subsequente descarga de água de resfriamento, que aumenta a temperatura ambiente de rios, ribeirões e lagos, com efeitos prejudiciais

para os ecossistemas naturais. Algumas das águas servidas provenientes de usinas também têm efeitos contaminantes que impactam a qualidade da água.

Em todo o mundo, estima-se que, a cada ano, as indústrias são responsáveis pelo lançamento de 300 a 400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, lodo tóxico e outros resíduos nos corpos de água (UN WWAP Água e Indústria). Os volumes de poluição hídrica industrial variam bastante de um país para outro, dependendo do nível de atividade industrial, dos tipos de prevenção contra poluição e das tecnologias de tratamento de água empregadas nas unidades industriais.

Em muitos países desenvolvidos, progressos significativos foram alcançados no que tange à redução de descargas diretas de poluentes em corpos de água, principalmente por meio do aumento do tratamento de águas servidas industriais antes de sua descarga. Um relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apontou que, nas últimas décadas, em vários países, as “descargas industriais de metais pesados e de componentes químicos persistentes foram reduzidas em 70 a 90 por cento ou mais, na maioria dos casos” (OCDE, 2006). Nos países em desenvolvimento, no entanto, mais de 70 por cento dos resíduos industriais não recebem nenhum tratamento antes de seu lançamento nos corpos de água (UN Water Statistics). Mesmo assim, muitas vezes, os países desenvolvidos lançam mais poluição industrial *per capita* em corpos de água que os países menos desenvolvidos (ver Figura 3 a seguir) e a contaminação de corpos de água pode ocorrer mesmo quando os efluentes passam por algum tipo de tratamento, pois os componentes químicos liberados por processos industriais muitas vezes não são suscetíveis de tratamento em unidades convencionais. Por exemplo, solventes cloretados

foram encontrados em 30 por cento das fontes de águas subterrâneas em 15 cidades japonesas, provenientes de fontes de até 10 km de distância (PNUMA, 1996b).

A poluição hídrica industrial é causa significativa de danos aos ecossistemas e à saúde humana em todo o mundo (ver seções sobre “Efeitos da baixa qualidade da água sobre os ecossistemas” e “Efeitos da baixa qualidade da água sobre a saúde humana”, a seguir). Muitos contaminantes industriais podem também provocar consequências à saúde humana quando consumidos na água potável. Podem também alterar características gerais da qualidade da água, tais como temperatura, acidez, salinidade ou turbidez de águas receptoras, provocando alterações nos ecossistemas e elevação na incidência de doenças transmitidas pelas águas. Tais impactos podem ser exacerbados por efeitos sinérgicos entre misturas de contaminantes.

Mineração

Há muito tempo é sabido que atividades mineradoras podem causar significativos impactos na qualidade da água. A mineração e a perfuração para exploração e produção de combustíveis fósseis trazem à superfície materiais das profundezas da terra, inclusive água. Também tendem a gerar enormes quantidades de materiais de refugo ou subprodutos relativos aos recursos almejados, criando assim grandes desafios em termos de disposição final de resíduos. Mais ainda, as águas superficiais podem drenar pelas aberturas das minas que, frequentemente, servem de pontos de acumulação das águas subterrâneas. As águas de drenagem de minas tendem a ser extremamente poluídas por sais presentes nas próprias águas subterrâneas; metais como chumbo, cobre, arsênio e zinco, provenientes da rocha; compostos de enxofre lixiviado da rocha; e mercúrio ou outros materiais utilizados nos

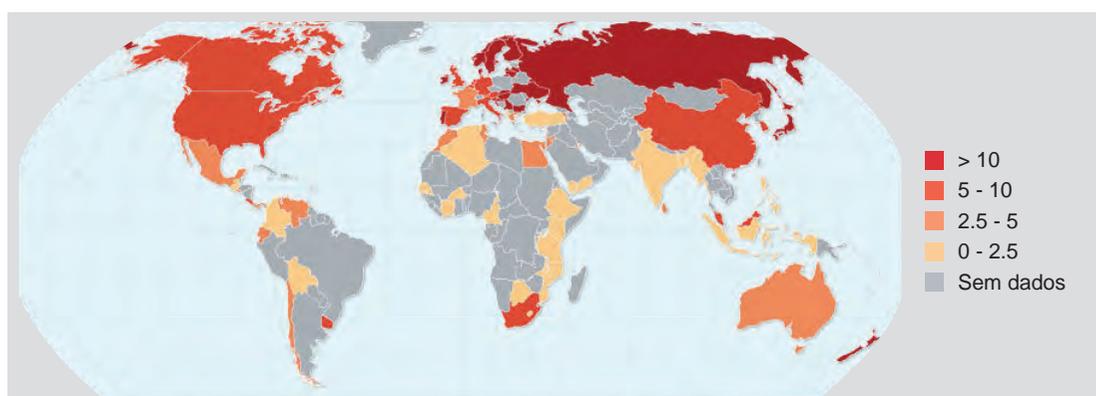


Figura 3. Descargas de poluição hídrica industrial (em toneladas por milhão de pessoas/dia). Reproduzido com permissão de Marian Koshland Museu de Ciência da Academia Nacional de Ciências (www.koshland-science.org) Água potável segura é essencial (www.drinking-water.org)

processos de extração e beneficiamento. O pH dessas águas de drenagem pode ficar bastante alterado. Algumas águas de drenagem mineral são extremamente ácidas, com pH entre 2 e 3; outros materiais podem resultar em descargas alcalinas. Tais águas de drenagem mineral podem provocar devastação de cursos de água locais, eliminando peixes e tornando os cursos de água impróprios para uso humano. No estado de Colorado, Estados Unidos, cerca de 23.000 minas abandonadas poluíram 2.300 quilômetros de ribeirões (Banks et al., 1997).

Em áreas em que os regulamentos ambientais são mais brandos ou em que a fiscalização é falha, a degradação da qualidade da água provocada por tais operações pode ser substancial. Nos países com regulamentos ambientais mais enérgicos, ainda surgem problemas com métodos de tratamento e contenção que se comprovam ineficazes, como é o caso de “lagos de evaporação” não revestidos para a contenção de efluentes da drenagem mineradora, que permitem que contaminantes se infiltrem nas águas subterrâneas locais. Ademais, existem dezenas de milhares de minas históricas – muitas abandonadas há mais de um século – que continuam a descarregar metais tóxicos e resíduos ácidos nos cursos de água local.

Os resíduos da mineração podem provocar destruição ecológica significativa. Muitas vezes, os resíduos sólidos da mineração são lançados nos cursos de água, destruindo *habitats* e provocando assoreamento e contaminação por metais pesados e outros poluentes. Mesmo quando tais

resíduos são armazenados em canais de água, materiais traço podem lixiviar para as águas superficiais e infiltrar nas águas subterrâneas locais. Materiais finos de refugo mineral podem ser escoriados para cursos de água locais, onde degradam ribeirões, por cobrirem e preencherem substratos mais grossos. Essa sedimentação aumenta a turbidez das águas, diminuindo a produtividade primária líquida e sufocando ovos de peixes e outros organismos aquáticos, podendo também alterar a dinâmica dos fluxos dos rios.

Em todo o mundo, está se acelerando o ritmo da urbanização, o que aumenta as pressões sobre a qualidade da água. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a taxa de aumento da população urbana global subiu de 13 por cento em 1900 para 29 por cento em 1950; e para 49 por cento em 2005. A ONU prevê que, até 2030, 60 por cento da população global habitará áreas urbanas (UN, 2006). Além das descargas de efluentes urbanos e de indústrias, as áreas urbanas agravam o problema da baixa qualidade das águas, de diversas maneiras. A alta concentração de superfícies impermeáveis amplia o escoamento superficial das estradas, conduzindo os diversos poluentes como óleos, metais pesados, borracha e outros detritos provocados por automóveis para rios e corpos de água. A menor quantidade de água infiltrando na terra pode afetar a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas, e o escoamento das águas pluviais pode levar os sistemas de tratamento de efluentes à sobrecarga, quando os volumes ultrapassam a capacidade de tratamento.

Tabela 2. Ligações entre o setor energético e a qualidade da água. US DOE, 2006 – modificado

Processo energético	Relação com a qualidade da água
Extração e produção de energia	
Exploração de petróleo e gás	Impacto sobre a qualidade da água subterrânea rasa
Produção de petróleo e gás	A água utilizada na produção pode ter impactos nas águas superficiais e subterrâneas
Extração de carvão e urânio	Refugos e drenagem podem ter impactos nas águas superficiais e subterrâneas
Geração de energia elétrica	
Termoelétricas (fóssil, biomassa, nuclear)	Emissões de calor e poluentes no ar podem afetar as águas superficiais e os ecossistemas
Hidroelétrica	Pode ter impactos na temperatura das águas, na qualidade e nos ecossistemas
Solar, fotovoltaica e eólica	Nenhum impacto durante a operação, mínimo de água utilizada para lavagem de painéis e pás
Refino e processamento	
Refino tradicional de petróleo e gás	Utilização final pode ter impactos sobre a qualidade da água
Bicombustíveis e etanol	Tratamento de efluentes de refinarias

Continua...

Processo energético	Relação com a qualidade da água
Combustíveis sintéticos e hidrogênio	Tratamento de efluentes
Transporte e armazenagem de energia	
Dutos	Efluentes precisam de tratamento
Dutos de resíduos de carvão mineral	Água final de baixa qualidade exige tratamento
Transporte de energia por barcaças	Derramamentos e acidentes podem ter impacto sobre a qualidade da água
Cavernas de armazenamento de petróleo e gás	Disposição de resíduos tem impactos na qualidade da água e nos ecossistemas

Infraestrutura hídrica

Todos os sistemas construídos pelo ser humano podem levar à introdução de espécies exóticas; alterações na qualidade da água (nutrientes, oxigênio, temperatura); alterações nas dinâmicas de sistemas (fluxos volumétricos, duração e periodicidade); e capacidade de os ecossistemas prosperarem. As infraestruturas de abastecimento de água, incluindo adutoras de sistemas de irrigação e barragens, afetam a qualidade da água por meio de vários mecanismos. Esses impactos podem ser classificados da seguinte forma (WCD, 2000):

- Impactos de primeira ordem, que envolvem a modificação das características físicas, químicas e geomorfológicas de um rio ou fluxo de água, inclusive alterando quantidade, distribuição e periodicidade naturais.
- Impactos de segunda ordem, que envolvem alterações na produtividade biológica e nas características de ecossistemas fluviais e habitats a jusante, como terras úmidas e deltas.
- Impactos de terceira ordem, que envolvem alterações à flora ou fauna (peixes, anfíbios ou pássaros) provocadas por impactos de primeira ordem (bloqueio de caminhos migratórios ou destruição de *habitats* de desova) ou por impactos de segunda ordem (alterações de temperatura, reduzida disponibilidade de fontes de alimentos ou mobilização de um contaminante). Os impactos de terceira ordem podem também incluir efeitos sobre a saúde humana, a produtividade industrial ou agrícola, ou mesmo terem consequências políticas.

A infraestrutura hídrica impõe muitas mudanças aos sistemas aquáticos naturais. As grandes barragens, construídas para armazenamento de água, recreação e controle de inundações, têm a pretensão de alterar o regime hidrológico natural ao afetar os volumes, a distribuição e a periodicidade dos fluxos de água. Também retêm sedimentos e fontes de alimentos utilizadas em deltas a jusante e afetam os regimes de temperatura, o que provoca

alterações nos ecossistemas. Os grandes sistemas de irrigação, que retiram água de rios ou lagos para usos consuntivos e produção de alimentos, reduzem os fluxos disponíveis para sistemas naturais. Essas alterações físicas, químicas e geomorfológicas afetam a produtividade biológica e as características dos ecossistemas aquáticos que, por sua vez, afetam não apenas a flora e a fauna, mas também os aspectos econômicos e políticos.

O exemplo clássico de um sistema hídrico negativamente afetado pelas ações de desenvolvimento humano é o Mar Aral, alimentado pelos Rios Amu Darya e Syr Darya. O Mar Aral já foi o quarto maior corpo de água isolado do mundo (após o Lago Superior) e sustentava 24 espécies únicas de peixes e uma grande população humana dependente da pesca. A União Soviética construiu uma série de barragens e sistemas de irrigação que desviaram fluxos dos rios, com a finalidade de cultivar algodão em cerca de 3 milhões de hectares de perímetros irrigados. Essas retiradas imensas de água doce (impactos de primeira ordem) provocaram uma diminuição do Mar e um aumento correspondente de salinidade (impactos de segunda ordem). Já em 2000, o Mar Aral havia encolhido para um quarto do seu tamanho original e todas as 24 espécies endêmicas de peixes estavam extintas (impactos de terceira ordem). Poluentes e poeira do leite exposto do mar também provocaram sérios problemas de saúde pública às populações locais.

Muitos dos principais rios do mundo estão tão modificados que seus ecossistemas originais, assim como as populações de peixes, anfíbios e aves que antes sustentavam estão desaparecendo. O Rio Colorado, nos Estados Unidos e no México, atualmente tem barragens que retém até cinco anos de fluxos anuais, e praticamente todos esses fluxos são alocados para abastecimento urbano e agrícola. Os impactos na qualidade da água desses sistemas extensivos incluem: extinção ou ameaça de extinção da maioria das espécies de peixes endêmicas; modificação da vegetação ciliar, pela eliminação de fluxos sazonais, que enxaguam e escoriam os leitos, agora moderados pelas barragens;

regime de temperatura do rio, atualmente bem diferente do sistema original; e relações políticas entre os Estados Unidos e o México, cada vez mais influenciadas por questões relacionadas à água. O Rio Orange-Vaal, na África do Sul, tem 24 barragens de diferentes tamanhos, e os regimes de temperatura e de sedimentos estão drasticamente modificados (WCD 2000). Existem muitos outros exemplos de modificações comparáveis e de sistemas alterados por projetos de infraestrutura hídrica.

Disposição inadequada de esgotos domésticos

A atividade que mais conduz a problemas difusos de qualidade da água é o despejo de esgotos domésticos. A contaminação fecal resulta, muitas vezes, de descargas de esgoto não tratado nas águas naturais – método de disposição de esgoto mais comum nos países menos desenvolvidos e também em países mais avançados como China, Índia e Irã (Carr e Neary, 2008). Mesmo nos países desenvolvidos, o esgoto parcial ou inadequadamente tratado continua sendo grande fonte de comprometimento da qualidade da água.

A falta de tratamento e de disposição adequada de esgotos domésticos provoca a contaminação de cursos de água de todo o mundo e constitui uma das maiores fontes de poluição hídrica. Em todo o mundo, 2,5 bilhões de pessoas carecem de acesso à água potável e de tratamento e disposição adequada dos seus esgotos domésticos básico (UNICEF e WHO, 2008). Mais de 70 por cento dessas pessoas (1,8 bilhão) estão na Ásia. Os teores de coliformes fecais (associados à matéria fecal) detectados nos rios da Ásia estão 50 vezes acima dos aceitáveis pelas diretrizes da OMS, indicando a presença de níveis elevados de contaminantes microbianos (PNUMA, 2000). Na Ásia e em outras partes do mundo, esses micróbios patogênicos podem ser introduzidos na água potável por meio de tratamento inseguro ou inadequado, sendo responsáveis por ampla gama de graves problemas de saúde.

Entre as grandes regiões do mundo, a África Subsaariana é a que menos progrediu no requisito saneamento básico: em 2006, apenas 31 por cento dos habitantes da região viviam em domicílios com acesso a saneamento básico. Mesmo o saneamento básico, contudo, não oferece proteção em termos de qualidade da água; muitas vezes não há tratamento de efluentes para proteger os corpos de água das descargas de esgoto coletado. Do esgoto coletado nos países em desenvolvimento, mais de 80 por cento é lançado, sem tratamento, em corpos de água receptores (UN WWAP, 2009).

A defecação em terreno aberto apresenta um altíssimo risco para a saúde humana e compromete sobremaneira a qualidade dos corpos de água adjacentes. Dezoito por

cento da população mundial ou 1,2 bilhão de pessoas defecam em terreno aberto (UNICEF e WHO 2008). Mais de 1 bilhão de pessoas, ou um em cada três habitantes das áreas rurais, defecam em terreno aberto. Na Ásia Meridional, 63 por cento da população rural (778 milhões de pessoas) defecam em terreno aberto. O coliforme fecal, importante indicador para a medição de contaminação por esgotos domésticos ou de animais, indica a carência de saneamento adequado, bem como a existência de agentes patogênicos. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) GEMS/Água publica uma Conjuntura Global da Qualidade da Água, que faz uma avaliação do nível de contaminação fecal a jusante das principais cidades, conforme mostra a Figura 4.

Crescimento demográfico, urbanização, desenvolvimento

Conforme estimativas das Nações Unidas, até 2050, a população mundial passará de 9 bilhões de pessoas (um aumento de quase 50 por cento em relação a 2000). Ademais, o mundo está se tornando cada vez mais urbano, com a maioria da atual população mundial vivendo em áreas urbanas (UN, 1999). A maior parte deste crescimento e a intensificação da urbanização ocorrerão em países em desenvolvimento que já sofrem de estresse hídrico. Populações crescentes, especialmente quando concentradas em áreas urbanas, tendem a criar maiores volumes de resíduos domésticos e de esgoto, sobrecarregando rios e sistemas de tratamento, o que resulta em águas cada vez mais poluídas. Estima-se que 42 por cento da água utilizada para finalidades domésticas e municipais acabam retornando ao ciclo da água, volume este que corresponde a 11 por cento do total dos efluentes. Em alguns países, apenas 2 por cento do volume total de esgoto recebem qualquer tratamento. Nos países em desenvolvimento, os investimentos em estações de tratamento de água estão constantemente aquém das demandas impostas pelo crescimento demográfico, fazendo que grande parte dos efluentes permaneça sem tratamento.

Além de gerar volumes cada vez maiores de efluentes, as áreas urbanas agravam o problema de baixa qualidade da água de várias maneiras. A alta concentração de superfícies impermeáveis aumenta os volumes de água de escoamento de ruas, provocando o transporte de poluentes como óleos, metais pesados, borracha e outros resíduos automobilísticos para rios e cursos de água. A redução do volume de água que infiltra no terreno também pode afetar a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas. O escoamento de águas pluviais pode se somar aos outros efluentes das áreas urbanas, produzindo volumes que ultrapassam a capacidade dos sistemas de tratamento.

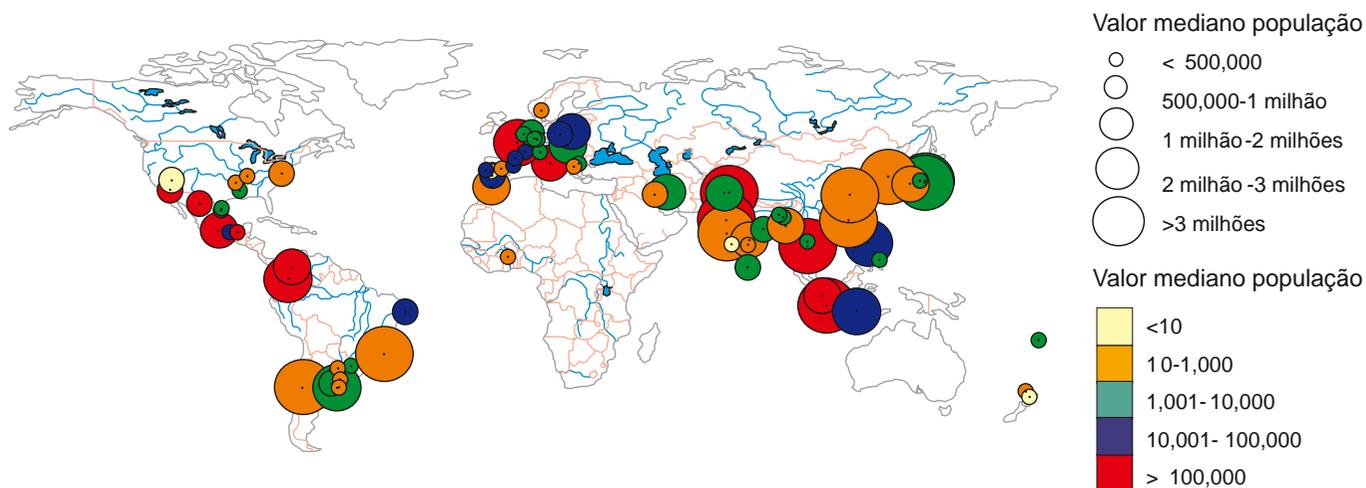


Figura 4. Concentrações de coliformes fecais (N°.CF/100ml) em estações fluviométricas próximas às grandes cidades. Fonte: PNUMA GEMS/Água 2007

Para alimentar uma maior população, será necessário ampliar a produtividade agrícola. A ampliação das áreas irrigadas, somada a um aumento na utilização de fertilizantes e agrotóxicos nos países em desenvolvimento, levará ao aumento da poluição das águas servidas da irrigação. O desmatamento tenderá a aumentar, em resposta a demandas por áreas de cultivo e por lenha, acelerando a erosão e a lixiviação e exacerbando a poluição hídrica. Na maioria dos países em desenvolvimento, as ações de controle da poluição, quando existem, não conseguem acompanhar o ritmo de crescimento demográfico e da urbanização. O aumento da demanda por água potável para consumo humano pode induzir ao bombeamento excessivo (*overdraft*) das águas subterrâneas, o que pode provocar a acomodação do solo e, em áreas costeiras, a intrusão de água salgada no lençol freático. Muitos projetos de desenvolvimento realizados em prol da segurança hídrica, como os sistemas de irrigação e as barragens, introduzem novos problemas que, por sua vez, impactam negativamente a saúde humana, deturpando os ecossistemas e provocando o declínio de economias locais (UN, 1994).

Devido ao fato de a renda *per capita* em áreas urbanas ser maior e, em vista da maior densidade demográfica, os custos de melhorias dos sistemas de abastecimento de água de boa qualidade serem potencialmente menores, é possível que a urbanização abra oportunidades para a implementação de melhorias que ajudem a assegurar a qualidade da água.

Mudanças climáticas

As mudanças climáticas exercem grandes impactos nas fontes de água doce do planeta, na qualidade da água e na gestão de recursos hídricos (Pachauri e Reisinger, 2008, Bates et al., 2008). Os aumentos de temperatura da água e as alterações na periodicidade e nos volumes de águas de escoamento devem produzir mudanças desfavoráveis na qualidade das águas de superfície que, por sua vez, afetarão a saúde humana e do ecossistema. Ameaças postuladas pelas mudanças climáticas provocarão estresse adicional em muitos sistemas já degradados, especialmente nos países em desenvolvimento.

As temperaturas superficiais do globo terrestre estão aumentando e há evidências de que a taxa de aquecimento está acelerando. Até o ano de 2100, os atuais modelos climáticos projetam que os aumentos das concentrações de gases de efeito estufa “provavelmente” levarão a um aumento da temperatura do ar na superfície global entre 1,1°C e 6,4°C em relação à temperatura registrada no período de 1980 a 1999 (Meehl et al., 2007).¹ A temperatura da água é uma determinante importante da qualidade da água de superfície, pois controla os tipos de vida aquática que podem sobreviver, regula a quantidade de oxigênio dissolvido na água e influencia a taxa de reações químicas e biológicas. Como resultado, devido a mudanças climáticas, as temperaturas de águas de

¹ Termos como “provável” e “muito provável” têm significados muito específicos, quando associados à probabilidade esperada de ocorrência, à luz do conhecimento atual. Um resultado “provável” tem mais de 66 por cento de probabilidade de ocorrer. Um resultado “muito provável” tem mais de 90 por cento de probabilidade de ocorrer.

superfície mais elevadas acelerarão a produtividade biológica, aumentando as quantidades de bactérias e fungos na água e promovendo aflorações de algas (Kundzewicz et al., 2007). Essas aflorações de algas – algumas das quais com potencial para criar toxinas que representam riscos sérios à saúde humana e de ecossistemas (Chorus e Bartram, 1999) – ocorrerão devido a aumentos de concentrações de nutrientes nas águas, provocados por atividades humanas (agricultura e urbanização, conforme descrito anteriormente) (Jacobs et al., 2001).

No decorrer dos próximos 100 anos, modelos climáticos sugerem que as temperaturas mais quentes têm grande probabilidade de provocar maior variabilidade climática e aumento dos riscos de eventos hidrológicos extremos, ou seja, enchentes e secas. Talvez o impacto mais significativo será a alteração na periodicidade do escoamento em bacias hidrográficas, com grandes quantidades de neve durante os invernos e temperaturas mais altas no verão, o que provocará um aumento da relação entre neve e chuva, com o escoamento mais rápido da água proveniente do derretimento da neve e a perda mais precoce da cobertura de neve. Muitas regiões poderão experimentar um aumento na intensidade de episódios de precipitação, que provavelmente resultarão em um aumento da sedimentação e da lixiviação de resíduos sólidos da mineração, entre outros contaminantes. Contudo, em áreas onde as projeções mostram tendência de clima mais seco, este aumento da intensidade será compensado por uma redução na frequência de episódios de precipitação (Meehl et al., 2007). É provável que um aumento das condições de seca nessas regiões provoque a concentração de poluentes e crescente escassez de água.

Nas regiões que experimentarão aumentos de precipitação, maiores volumes de água de escoamento superficial apresentarão desafios próprios para a qualidade da água. Os poluentes associados a atividades humanas, inclusive agrotóxicos, metais pesados e matéria orgânica, poderão escoar com maior rapidez para as águas superficiais, não deixando tempo suficiente para a filtração natural e a infiltração de águas superficiais para as águas subterrâneas (Kundzewicz et al., 2007). Contudo, em algumas regiões, estes mesmos aumentos dos fluxos poderão servir para diluir os contaminantes, assim melhorando a qualidade da água (Carr e Neary, 2008). Ademais, com o aquecimento global, as florestas e a agricultura tenderão a migrar para o norte, ampliando as cargas poluentes e de nutrientes nos ecossistemas aquáticos das regiões mais setentrionais. Assim, não apenas haverá aumento de poluição, mas – com volumes potencialmente menores para efetuar a diluição – os poluentes poderão se tornar mais concentrados.

O aumento de incidências de episódios de enchentes em consequência de chuvas torrenciais, aliado a tempestades intensificadas pela elevação do nível do mar causada por mudanças climáticas, poderá afetar a qualidade da água, sobrecarregando infraestruturas como redes de águas pluviais, sistemas efluentes, estações de tratamento, barragens de contenção de resíduos de mineração e aterros sanitários, assim ampliando os riscos de contaminação (Jacobs et al., 2001). Os eventos extremos de precipitação pluviométrica também aumentarão as ameaças apresentadas por doenças transmitidas pela água (Confalonieri et al., 2007), uma vez que água parada tende a se tornar foco de reprodução de insetos vetores de doenças e de agentes microbianos patogênicos (Carr e Neary, 2008). Muitas doenças diarreicas, como aquelas causadas por vibrião colérico, *Cryptosporidium sp*, *Escherichia coli*, *Giardia sp*, *Shigella sp*, *Salmonella sp*, e por vírus da hepatite, alcançam sua virulência máxima durante as estações chuvosas (OMS, 2009). Ademais, as estiagens também podem aumentar os riscos de doenças diarreicas (OMS, 2009): as áreas que convivem com falta de água ficam mais expostas aos riscos apresentados pelas doenças diarreicas e outras enfermidades relacionadas à água, porque os poucos recursos hídricos carecem de capacidade de diluir contaminantes e esgotos e, em consequência, as concentrações de agentes patogênicos aumentam (Confalonieri et al., 2007). Essa preocupação é maior nos países em desenvolvimento, onde a qualidade da água é baixa devido à falta de saneamento (Kundzewicz et al., 2007).

Variações na precipitação também afetam os níveis de salinidade da água superficial. Um aumento das chuvas ou do escoamento provavelmente levará a uma redução dos níveis de salinidade, especialmente no inverno, ao passo que uma diminuição dos níveis de precipitação e temperaturas mais elevadas durante o verão poderão causar aumento dos níveis de salinidade (Jacobs et al., 2001). Em consequência, as regiões semiáridas acometidas por uma diminuição do escoamento superficial serão altamente impactadas pela salinização (Jacobs et al., 2001). Exacerbando o problema nessas regiões, as atividades humanas, tais como aumento da cobertura da irrigação, voltadas ao combate dos efeitos de climas mais quentes e secos, poderão agravar ainda mais a salinização (Confalonieri et al., 2007).

As regiões costeiras, especialmente as pequenas ilhas, serão especialmente impactadas pelo aumento da salinização. Caso os fluxos de águas superficiais que deságuam no oceano – tais como os estuários e baías – diminuam, mais água salgada do oceano poderá penetrar trechos a montante (Kundzewicz et al., 2007). A qualidade das águas subterrâneas também poderá ser afetada pela

salinização. O bombeamento de águas subterrâneas de aquíferos costeiros, quando ampliado para atender às populações crescentes e às demandas do desenvolvimento, pode implicar redução da recarga do aquífero, assim facilitando a entrada de água salgada do mar no lençol freático. O aumento do nível do mar também acelerará a intrusão da água do mar nos aquíferos costeiros, afetando os ecossistemas costeiros e as fontes de abastecimento de água potável (Jacobs et al., 2001, Burns, 2002).

Foram poucas as pesquisas realizadas para identificar os parâmetros mais relevantes da qualidade da água e dos ecossistemas, à luz dos impactos da mudança climática (Albert, 2008) ou para entender as ligações entre os impactos da mudança climática e outros fatores de estresse. É importante que estes dados sejam coletados agora, para que possam servir de

linhas de base para a medição de ações empreendidas, assegurando que esforços de adaptação sejam fundamentados em dados de qualidade.

Por último, a qualidade da água será afetada tanto positivamente quanto negativamente por decisões tomadas pelas nossas sociedades, face à mudança climática. Decisões de gestão da água, inclusive as que se referem à construção de grandes barragens hidroelétricas e ao reaproveitamento de águas servidas na agricultura, afetarão a qualidade da água em nível local e regional para usos ecossistêmicos e para o bem-estar do ser humano. Em vista da escassez de fontes de água, associada ao aumento da utilização humana, surge a necessidade de implementar a gestão da alocação da água, o que, muitas vezes, exigirá maior grau de gestão e de colaboração transfronteiriça.



© SIMONKI | DREAMSTIME.COM



II. Impactos da baixa qualidade da água

Efeitos da baixa qualidade da água no meio ambiente

Os ecossistemas de água doce estão entre os mais degradados do planeta, em termos da perda de qualidade e da diminuição de quantidades de água (UN WWAP, 2009). Devido a fatores que, provavelmente, serão agravados nos próximos anos, esses ecossistemas sofreram perdas de espécies e de *habitat* proporcionalmente maiores que outros ecossistemas terrestres ou marinhos (Revenga et al., 2000). Além de perdas irreversíveis de espécies, a degradada qualidade da água reduz o valor econômico das funções desempenhadas por sistemas de água doce, inclusive a capacidade de tratar e limpar a água para usos humanos e de fornecer *habitats* importantes para espécies aquáticas.

Rios e córregos

A todo momento, um volume estimado em 2.000 km³ de água doce flui pelos rios e córregos do mundo, volume este que representa apenas 0,006 por cento das reservas totais de água doce do planeta e menos de 3 por cento da água doce encontrada em lagos por todo o mundo. A distribuição destes recursos não é uniforme: 31 por cento do escoamento anual total global ocorre na Ásia e 25 por cento na América do Sul, enquanto apenas 1 por cento ocorre na Austrália (Shiklomanov, 1993). Mesmo assim, os rios e córregos do mundo acumulam uma influência desproporcional na paisagem e os na biodiversidade global. Mais de dois terços das espécies terrestres utilizam rios e seus corredores ciliares em algum momento de suas vidas (Naiman et al., 1993).

De forma geral, as águas superficiais respondem por quase metade do abastecimento de água potável mundial e por 20 por cento da capacidade de geração de energia elétrica (UN WWAP, 2009).

Apesar de a humanidade ser altamente dependente de fluxos de água, as atividades humanas vêm degradando rios e córregos em todo o mundo, provocando danos quantitativos e qualitativos, levando espécies à extinção e diminuindo a valiosa capacidade da água de desempenhar funções ecossistêmicas. Fatores tão diversos quanto a contaminação por excesso de nutrientes provocada por escoamento de resíduos agrícolas e domésticos, drenagem ácida da mineração, espécies invasoras, barragens e desvios, alteraram radicalmente os fluxos de rios e córregos em todo o planeta, desde os menores e mais efêmeros afluentes, até os maiores rios do mundo. Sessenta por cento dos 227 maiores rios do mundo tiveram seus fluxos interrompidos por barragens e outras infraestruturas (UN WWAP, 2003). Interrupções nesses fluxos reduzem drasticamente o transporte de sedimentos e nutrientes aos trechos a jusante, diminuindo a qualidade da água e prejudicando a saúde dos ecossistemas. Problemas difusos de qualidade da água degradam os serviços ecossistêmicos, impondo custos sobre populações e governos locais. Por exemplo, mais de 90 por cento dos rios da China estão poluídos, o que fez que a liderança política do governo chinês investisse US\$ 13,5 bilhões em infraestrutura de tratamento de efluentes e outros projetos de controle da poluição (Li, 2009).

Fatores físicos, químicos e biológicos, tais como aqueles relacionados à geologia, à precipitação, à temperatura e à fauna e flora são moldados pelos rios. Diferenças nestes fatores em diferentes bacias hidrográficas frustram as tentativas de generalizar descrições quanto à capacidade de rios em absorver poluentes, ou de receitar prescrições para sua reabilitação e restauração. A enorme variabilidade dos tipos, da magnitude e da periodicidade das atividades humanas em bacias hidrográficas dificulta ainda mais qualquer esforço de generalização. Por exemplo, as descargas de efluentes em um rio com um fluxo relativamente constante poderão ser remediadas naturalmente, enquanto descargas de um mesmo volume e qualidade de efluentes em outro rio com os mesmos fluxos médios anuais, mas com variabilidade sazonal ou diferenças de ordem física, química ou de biodiversidade, podem provocar impactos adversos significativos.

O Rio Cuyahoga (ver estudo de caso abaixo) oferece um excelente exemplo dos impactos da poluição sobre um rio, bem como as causas de otimismo quanto à capacidade de reabilitação de rios degradados.

Lagos

Estima-se que os lagos do mundo contêm 91.000 km³ de água doce, ou seja, cerca de 1 por cento das reservas planetárias de água doce subterrânea e menos de 0,5 por cento da água congelada de geleiras e calotas polares (Shiklomanov, 1993); contudo, representam a grande maioria da água doce acessível do planeta. Os lagos diferem dos rios e de outros sistemas aquáticos de superfície em vários aspectos, mais notavelmente em termos do tempo de permanência da água e de outras substâncias no

Estudo de caso

Rio Cuyahoga

Localização: Norte do Estado de Ohio, Estados Unidos

Comprimento: 160 km

Bacia hidrográfica: 2.100 km²

Descargas medianas: 25 m³/segundo, 0,79 km³/ano

O Cuyahoga, rio relativamente pequeno no norte do Estado de Ohio, EUA, possui grande importância histórica e simbólica. De suas cabeceiras, flui cerca de 160 km, passando pelas cidades de Akron e Cleveland até descarregar no Lago Erie. Durante mais de 100 anos, o rio vinha recebendo descargas e resíduos inadequadamente ou não tratados, inclusive, em certas épocas, resíduos industriais de siderúrgicas e de fábricas de produtos químicos. O rio ficou sem vida, um esgoto tóxico a céu aberto. Uma revista americana de circulação nacional o descreveu como o rio que “supura em vez de fluir” (Time, 1969).

Há notícia de que uma camada oleosa que boiava na superfície do rio pegou fogo pela primeira vez em 1868. Outro incêndio, em 1912, se alastrou matando cinco portuários. Mais um incêndio de grandes proporções, em 1952, causou prejuízos materiais avaliados em US\$ 12 milhões (2009). No dia 22 de junho de 1969, o rio voltou a pegar fogo, pela nona vez no século. Desta vez, contudo, o evento foi veiculado pela TV para todos os Estados Unidos, o que fez surtir demandas por uma abrangente reforma nas leis de qualidade da água do país. Os governos

municipal e estadual contestaram a jurisdição e competência, mas a repercussão nacional a este e outros desastres de poluição hídrica fez que o governo federal aprovasse uma nova legislação, centralizando as competências pela gestão da qualidade das águas. Em 1970, foi criada a nova Agência de Proteção Ambiental (EPA); e em 1972, foi aprovada a Lei Federal da Água Limpa (Clean Water Act), que prevê que todos os cursos de água devem se tornar “próprios para pesca e banho.”

Por uma margem de três a dois, no final de 1968, os eleitores de Cleveland aprovaram uma grande emissão de títulos para a construção de uma estação de tratamento de efluentes, de novas redes de esgoto e reformas nas infraestruturas já existentes, assim expandindo a capacidade do município para tratar efluentes e capturar fluxos de escoamento pluvial. Nos últimos 40 anos, as indústrias locais e a empresa de saneamento regional gastaram US\$ 3,5 bilhões no controle e na redução da poluição hídrica. Com base na nova legislação, a fiscalização da EPA diminuiu o lançamento de resíduos não tratados no rio. Quarenta anos mais tarde, o Rio Cuyahoga sustenta mais de 60 espécies de peixes; pássaros e mamíferos voltaram a frequentar suas margens; e a qualidade da água do Lago Erie (que recebe os fluxos do Rio Cuyahoga) também melhoraram bastante (Time, 1969, Maag 2009, Rose, 2009).

Lago Atitlán

Localização: Guatemala
Fato notável: lago terminal oligotrófico
Elevação 1.562 m
Área de superfície: 130 km²
Bacia de captação: 580 km²
Profundidade : Média 220 m, Máx. ~340 m

O Lago Atitlán, um lago terminal cercado por elevados vulcões nas montanhas da Guatemala central, era conhecido por sua estonteante beleza. O lago era fonte de alimentos e de fibras para muitas comunidades ao longo de suas margens e atraía turistas guatemaltecos e internacionais. No final da década de 1950, para ampliar os atrativos turísticos, as autoridades locais abasteceram o lago com uma espécie não nativa de peixe, o black bass (*Micropterus* spp.). Esses peixes introduzidos devastaram o frágil ecossistema do lago e foram responsabilizados pela extinção da espécie grebe (*Podilymbus gigas*), um peixe endêmico do Lago Atitlán.

Recentemente, as águas límpidas do lago foram maculadas por afloramentos de algas nocivas que, às vezes, se estendiam sobre uma área de mais de 4.500 hectares na superfície do lago. Foram identificadas

cianobactérias tóxicas no lago, representando uma grave ameaça à saúde humana. Especialistas alertam a população local no sentido de evitar qualquer contato com as águas do lago, que colocam em perigo o abastecimento de água potável de municípios da circunvizinhança.

As cianobactérias tóxicas proliferam-se na presença de um excesso de nutrientes, especialmente o fósforo, que escoia dos campos adubados da bacia para o lago, e os detergentes, utilizados na lavagem de roupas às suas margens. Em ecossistemas saudáveis não há incidência deste tipo de infestação, mas a introdução de peixes exóticos deturpou a resistência natural do lago, eliminando seus controles naturais. As pressões demográficas e o aumento do desmatamento na bacia do Lago Atitlán também degradaram a capacidade da terra de filtrar e modular a entrada de nutrientes para o lago, exacerbando assim o problema.

O governo guatemalteco anunciou recentemente um plano de investimento no valor de US\$ 350 milhões que inclui a construção de estações de tratamento de esgoto em comunidades adjacentes ao lago, esforços para introduzir métodos de agricultura orgânica e uma campanha de conscientização pública e de turistas, com vista à reabilitação do lago (Fieser, 2009).

sistema (fator conhecido como tempo de retenção ou de residência). Isto afeta a capacidade dos lagos de remediarem os poluentes e contribui para a complexidade de suas dinâmicas (WLVARC, 2007). Os lagos desempenham valiosas funções ecossistêmicas, ao fornecer alimento e água, mitigar fluxos de enchentes e suportar a extensiva biodiversidade. Muitos lagos possuem altíssimos graus de endemismo, ou seja, abrigam espécies não encontradas em qualquer outro lugar do planeta. Os lagos servem para transporte, lazer e outras finalidades culturais (WLVARC, 2007).

Os lagos são também vulneráveis a grande gama de ameaças à qualidade de suas águas, incluindo aumento de salinidade, alterações de temperatura e contaminação por componentes químicos industriais e agrícolas. Por exemplo, um excesso de nutrientes pode levar à eutrofização – superprodutividade de organismos na água –, o que pode resultar em aflorações de algas (*algal blooms*) e no esgotamento de concentrações de oxigênio, apresentando ameaça para diversas espécies animais e vegetais (Carr e Neary, 2008).

A florescência de cianobactéria (que junto às algas formam um grupo de organismos, conhecido como fitoplâncton) apresenta riscos à saúde humana, pois a cianobactéria é capaz de liberar toxinas, entre elas algumas das substâncias mais tóxicas que se tem conhecimento. Tais toxinas podem ter uma gama de efeitos negativos à saúde, prejudicando, inclusive, o sistema nervoso e o fígado e produzindo tumores que podem levar a óbito (Duy et al., 2000). Tomar banho ou ter contato com água contaminada com teores altos de cianobactéria pode provocar doenças em animais e seres humanos e, devido ao seu pequeno porte, as crianças são especialmente vulneráveis.

Águas subterrâneas

As águas subterrâneas são de grande valor por estocar e regular serviços ecossistêmicos. Cerca de 30 por cento das reservas de água doce do mundo estão no subsolo, de onde provisionam água potável para uma população estimada em 2 bilhões de pessoas e irrigação para a produção de cerca

de 40 por cento dos alimentos produzidos mundialmente. Muitos dos sistemas de águas subterrâneas atuam como filtros e atenuantes de poluentes, especialmente os contaminantes microbianos (Morris et al., 2003).

Em virtude de sua localização, as águas subterrâneas são mais protegidas de poluentes que as águas superficiais, apesar de alguns contaminantes degradarem sua qualidade e diminuírem sua utilidade. Por ser muito lenta a movimentação de contaminantes e da água abaixo da superfície terrestre, uma pluma contaminante pode levar anos para poluir uma fonte de águas subterrâneas. Este lento transporte e o fato de as águas subterrâneas e de os contaminantes não serem facilmente detectados dificultam ações focalizadas na identificação e no controle de fontes poluidoras. Uma vez contaminadas as águas subterrâneas, torna-se muito difícil e cara a sua remediação (PNUMA, 1996b). São bastante limitados os dados sobre a qualidade da água subterrânea, devido ao alto custo de monitoramento e análise (Revenge et al., 2000).

A salinização tornou-se uma importante ameaça à qualidade das águas subterrâneas, especialmente em áreas costeiras onde a extração dessas águas em taxas inadequadas resultou em intrusão de água do mar. Em Chennai, na Índia, a excessiva extração de águas subterrâneas levou à ocorrência de águas subterrâneas salobras a 10 km de distância do oceano (PNUMA, 1996b) e problemas semelhantes são comuns em áreas costeiras povoadas em várias partes do mundo. O aumento do nível do mar provocado pela mudança climática também deve exercer impactos na qualidade da água de aquíferos costeiros, por facilitar a intrusão de água do mar. Certas práticas de irrigação também podem aumentar a salinidade de águas subterrâneas, agravando a lixiviação de nitratos e agrotóxicos e aumentando custos para os fornecedores de abastecimento de água potável e para os irrigadores (Morris et al., 2003). Em algumas áreas, notavelmente em Bangladesh, fatores naturais contaminaram as águas subterrâneas com altos teores de arsênio, com consequências graves à saúde humana (ver estudo de caso).

Zonas costeiras

A preocupação em relação à poluição hídrica é particularmente maior nas zonas costeiras. Nos países do mundo e especialmente nas economias em desenvolvimento das regiões tropicais, as maiores concentrações de indústrias e população encontram-se ao longo do litoral. Por este motivo, a poluição hídrica e os seus impactos sobre o meio ambiente e as comunidades locais também estão altamente concentrados nessas áreas. As fontes mais comuns de poluição em zonas costeiras incluem resíduos industriais, resíduos urbanos, aterramento e construção, construção de barragens, destruição de mangues, extração de corais e canalização em terras úmidas (UN WWAP, 2009).

Essas atividades podem ser extremamente destrutivas para *habitats* de água doce e marinha. Como ponto final da maioria dos sistemas fluviais, as zonas costeiras recebem grande parte das cargas poluentes acumuladas em todo o curso dos rios. Muitas vezes, as cidades e as áreas de intensa atividade industrial lançam grandes quantidades de esgoto sem tratamento e de resíduos industriais que acabam sendo despejados no mar, onde destoem recursos pesqueiros e provocam impactos bastante negativos à saúde pública, de pescadores e de banhistas. Muitas das atividades mais poluentes em ambientes marinhos (pesca, extração de petróleo etc.) ocorrem tipicamente na zona costeira (que contém 80 por cento da biomassa marinha) (UNESCO, 1996). Ademais, as interações entre os sistemas marinhos e de água doce nas zonas costeiras frequentemente concentram a poluição de ambos os sistemas nessas zonas.

Os impactos dessa poluição podem ser graves, visto que não apenas conduzem à destruição massiva de ecossistemas e *habitats*, mas também afetam os seres humanos que dependem desses ecossistemas para seu sustento, provocando graves problemas de saúde, especialmente entre jovens e turistas que não desenvolveram imunidade contra as doenças endêmicas encontradas nessas águas (ENHIS, 2007). A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) vem trabalhando para reduzir esses impactos, por meio do compartilhamento de boas práticas ambientais com algumas das mais importantes indústrias, e da prestação de assistência técnica para a implementação de Manejo Integrado de Bacias (IRBM) e Manejo Integrado de Zonas Costeiras (ICZM) nas economias emergentes (UN WWAP, 2009).

Vegetação de terras úmidas

Diferente das águas abertas dos rios e lagos, os pântanos, charcos, brejos e turfeiras podem ser caracterizados pela presença de tipos específicos de vegetação emergente e por não dispor de nenhuma área de águas abertas.

Essas terras úmidas compreendem a transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres (Mitch e Gosselink, 2000). Diferenças de classificação dificultam a estimativa da participação total dos recursos de água doce do mundo nessas terras úmidas cobertas de vegetação; Shiklomanov (1993) estima o volume das águas dos “pântanos” em 11.500 km³; já outras fontes simplesmente incluem essas águas dentro de outras categorias (Gleick, 1993).

As terras úmidas desempenham várias funções ecossistêmicas essenciais. Elas filtram e melhoram a qualidade da água; atenuam e moderam os fluxos de enchentes; desempenham funções no reabastecimento natural de águas subterrâneas, recarregam os aquíferos subjacentes; e dão suporte a uma extensiva biodiversidade. Em algumas regiões do mundo, mais

da metade dessas áreas de terras úmidas já desapareceram por completo, na medida em que suas fontes de água foram desviadas ou convertidas em áreas agrícolas ou adaptadas para outras finalidades (Mitch e Gosselink, 2000). Por exemplo, a conversão de partes do Pântano Yala, no oeste do Quênia, em uso agrícola ameaça diminuir o valor de várias funções ecossistêmicas importantes para as populações locais, entre elas a disponibilidade de água potável e para o transporte, de peixes para alimento e comércio e de vários tipos de materiais para construção (Schuyt, 2005).

Outras terras úmidas foram degradadas por excessivos volumes de contaminantes, diminuindo sua capacidade de melhorar a qualidade da água e de desempenhar outras funções. No Egito, por exemplo, a inundação sazonal de áreas de várzea sustenta a população há milênios, mas recentes projetos relacionados à infraestrutura hídrica colocam essa dinâmica natural em cheque. De forma semelhante, a inundação sazonal de várzeas e igapós na bacia do Rio Amazonas, na América do Sul, propicia *habitats* de desova aos peixes, dos quais as populações locais dependem como fonte de proteína. A inundação dessas áreas para a produção de energia hidroelétrica, a sedimentação de resíduos de mineração e de atividades agrícolas e mudanças nos padrões de migração e ocupação humana modificam as demandas por água, transporte e energia, apresentando ameaças à integridade desses importantes sistemas.²

Biodiversidade

A Convenção sobre a Diversidade Biológica³ define a biodiversidade como “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; e ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.” Os ecossistemas de água doce ostentam uma participação desproporcional da biodiversidade mundial. Apesar de corresponderem a menos de 1 por cento da superfície do planeta, cerca de 12 por cento das espécies conhecidas vivem em água doce, e mais de 25 por cento das vertebradas conhecidas dependem de ecossistemas de água doce em alguma fase de seus ciclos de vida. A União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) observa que cerca de 126.000 espécies conhecidas dependem de ecossistemas de água doce, podendo este número aumentar para mais de um milhão. Essa biodiversidade da água doce oferece e suporta grande gama de funções ecossistêmicas, conforme descrito na próxima seção.

Os ecossistemas de água doce também sofrem devido a perdas desproporcionais ou grandes ameaças à biodiversidade, em parte, por causa da degradação da qualidade da água, conforme descrito anteriormente. Durante as últimas três décadas do século XX, as populações de espécies de água doce diminuíram em média 50 por cento, taxa essa dois terços maior que a registrada para espécies terrestres e marinhas. Nos últimos anos, a biodiversidade dos ecossistemas de água doce tem sofrido maior degradação que a de qualquer outro, incluindo as florestas tropicais (MA, 2005a). O mamífero mais ameaçado do planeta é o golfinho do Rio Yangtze; o golfinho do Rio Ganges também está ameaçado; e todas as espécies de crocodilo de ambos os rios também encontram-se ameaçadas ou em vias de extinção (Dudgeon et al., 2005).

A introdução de espécies exóticas, especialmente de peixes, e os aumentos de cargas de nutrientes são os fatores que mais representam perigo à biodiversidade nativa (Carr e Neary, 2008). Mudanças na qualidade da água podem resultar em sistemas alterados ou degradados que suportam espécies exóticas em detrimento das espécies nativas. Um estudo avaliou vários fatores que contribuem para a extinção de peixes de água doce e verificou que espécies exóticas, que se alimentam diretamente de peixes nativos ou que competem com eles por recursos em sistemas alterados ou degradados, contribuem para 54 por cento das extinções, enquanto outros impactos na qualidade da água contribuem para 26 por cento das extinções (Revenga et al., 2000). Os dados sobre espécies de água doce ameaçadas ou em vias de extinção variam de uma região para outra, mas não são animadores. Nos Estados Unidos, por exemplo, quase 40 por cento dos peixes de água doce, mais de dois terços das espécies de mexilhão de água doce, metade das espécies de lagostins, 40 por cento das espécies de insetos da ordem plecoptera (*stonefly*) e 40 por cento dos anfíbios estão ou em breve estarão extintos. Na Europa, mais de 40 por cento das espécies de peixes de água doce estão em iminente perigo de extinção⁴; na África do Sul, quase dois terços das espécies de peixe de água doce estão ameaçadas ou em vias de extinção (Revenga et al., 2000). Quase metade de todas as espécies de anfíbios está passando por diminuições populacionais e quase um terço enfrenta a extinção (Dudgeon et al., 2005). Por ser a presença de espécies anfíbias um indicador especialmente sensível de perturbações na qualidade da água, sua diminuição aponta para a difusão de impactos adversos da poluição sobre os ecossistemas de água doce globais (MA, 2005a).

² Comunicação pessoal de Jeffrey Thornton.

³ Para maiores informações sobre a Convenção, consulte <<http://www.cbd.int/>>.

⁴ Veja <<http://www.epa.gov/bioindicators/aquatic/freshwater.html>>.

Efeitos da baixa qualidade da água na saúde humana

Segundo a OMS, a cada ano, a água insegura ou de qualidade inadequada e a falta de saneamento e higiene causam aproximadamente 3,1 por cento de todos os óbitos – ou seja, a morte de aproximadamente 1,7 milhão de pessoas em todo o mundo. Ademais, 3,7 por cento dos anos de vida perdidos por problemas de saúde (DALYs, sigla em inglês) podem ser atribuídos às doenças mais impactantes transmitidas pela água (OMS, 2002). Enquanto nos países em desenvolvimento a maioria das ameaças à saúde são consequência da água de baixa qualidade resultante de contaminantes microbianos e de doenças associadas, o uso histórico e atual de agentes químicos para fins industriais e agrícolas, junto aos subprodutos do manejo de resíduos, também comprometem a qualidade da água, comprometendo a saúde da flora e fauna silvestre, assim como dos seres humanos em todo o mundo. Esta seção trata dos impactos provenientes da água de baixa qualidade, com enfoque sobre doenças relacionadas à água e outros impactos diretos sobre a saúde humana.

Doenças relacionadas à água

Em todo o mundo, as doenças transmitidas pela água estão entre as principais causas de óbito de crianças com idade abaixo de 5 anos e, a cada ano, mais pessoas morrem em consequência da água insegura que por todas as formas de violência, incluindo as guerras (OMS, 2002). São quatro as principais classes de doenças relacionadas à água: problemas transmitidos pela água ingerida (fecal-oral); problemas contraídos durante o banho; problemas provocados pelo contato com água contaminada; e problemas relacionados a vetores que se reproduzem na água. Essas doenças resultam da baixa qualidade da água utilizada para beber, lavar e outras finalidades. A seguir, uma descrição mais detalhada sobre duas classes de doenças relacionadas à água de baixa qualidade.

Doenças transmitidas pela água

As doenças transmitidas pela água incluem aquelas em que a água serve de meio de transmissão, especialmente no que diz respeito a agentes patogênicos provenientes do excremento que são passados pela água aos seres humanos. Entre elas estão a maioria das doenças entéricas e diarreicas causadas por bactérias, parasitas e vírus, tais como vibrião colérico, *Giardia* sp, *Salmonella typhi* e rotavírus. A água de beber contaminada por excremento humano ou animal é a principal causa de doenças

relacionadas à água. As primeiras doenças deste tipo identificadas foram a tifoide e o cólera, e ambas ainda representam graves problemas em muitas regiões do mundo.

As causas mais comuns de graves doenças diarreicas incluem: rotavírus, *E. coli*, *Campylobacter jejuni* patogênicos e protozoários parasitas. A principal causa de diarreia em crianças é o rotavírus, e praticamente toda criança que atinge a idade de 5 anos passa por um episódio de gastroenterite por rotavírus (UNICEF, 2008). As doenças diarreicas epidêmicas também são provocadas pela *Shigella* e pelo vibrião colérico. Ambos são altamente infecciosos e podem provocar graves epidemias.

A cada ano, cerca de 1,8 milhão de pessoas morrem por doenças diarreicas, sendo que 88 por cento desses óbitos podem ser atribuídos a fontes inseguras de água de beber, falta de saneamento ou higiene inadequada (WHO, 2004b). No Sudeste Asiático e na África, a diarreia é responsável por até 8,5 por cento e 7,7 por cento do total de óbitos, respectivamente. Os casos severos e repetidos de diarreia contribuem, em grande medida, para a desnutrição infantil. A desnutrição – muitas vezes provocada pela diarreia que, por sua vez, é consequência da água insegura – causa 35 por cento do total de óbitos de crianças de 5 anos ou menos em todo o mundo. Cinquenta por cento dessa desnutrição é associada à diarreia ou às infecções intestinais por nematoides transmitidos pela água insegura (Pruss-Ustun et al., 2008).

Nos últimos 50 anos, a mortalidade por diarreia baixou – de 4,2 milhões de óbitos/ano entre 1955 e 1979 para 2,5 milhões de óbitos entre 1992 e 2000 (UNICEF, 2008).

Doenças não diarreicas transmitidas pela água, como a febre tifoide, também provocam 600.000 óbitos por ano. Duas formas de hepatite, hepatite A e E, são transmitidas pela ingestão de água contaminada por matéria fecal.

Doenças de veiculação hídrica

As doenças de veiculação hídrica provêm de vetores que vivem na água ou que precisam de água durante parte do seu ciclo de vida. Essas doenças são repassadas ao ser humano quando da ingestão de água contaminada ou pelo contato com a pele. Os dois exemplos mais comuns de doenças nesta categoria são esquistossomose (doença que resulta de contato com caramujos que servem como vetores) e dracunculiasis ou verme de guiné (doença que resulta da ingestão do zooplâncton contaminado). Cerca de 160 milhões de pessoas em 74 países são infectadas por esquistossomose, e um décimo dessas pessoas são acometidas pelos efeitos mais graves da doença (UNICEF, 2008). Apenas na África Subsaariana, a esquistossomose pode responder por 200.000 óbitos (Zhang, 2007).

A doença continua se alastrando em projetos de irrigação que produzem o *habitat* favorável à proliferação dos caramujos vetores. Muitas vezes, grandes surtos de esquistossomose acompanham a construção de grandes barragens. No Sudão, após a construção da barragem Sennar, praticamente toda a população circunvizinha foi infectada por esquistossomose.

Altas concentrações de nutrientes

Altas concentrações de nutrientes podem apresentar graves riscos à saúde humana. Entre os muitos efeitos potenciais dos nitratos sobre a saúde, destacam-se: *metemoglobinemia* (síndrome do bebê azul), cânceres, distúrbios de tireoide e defeitos congênitos. A síndrome do bebê azul ocorre quando a capacidade da hemoglobina de transportar oxigênio é bloqueada por nitratos (causada pela conversão de nitratos no estômago) que conduz à privação de oxigênio e ao sufocamento. As crianças pequenas são as mais suscetíveis, pois seus estômagos convertem facilmente nitratos em nitritos (veja Harte et al., 1991). Altos níveis de nitratos são também associados a câncer do estômago e a distúrbios reprodutivos (Carr e Neary, 2008). Os nitritos reagem com componentes orgânicos naturais e sintéticos para produzir compostos N-Nitroso no estômago humano⁵. Muitos desses compostos são carcinogênicos para os seres humanos (IARC, 1978, US NAS, 1977) e há muitos registros na literatura que apontam que altos níveis de nitrato na água potável podem aumentar o risco de câncer (Mirvish, 1983, 1991). Atualmente, poucas agências de água adotam qualquer abordagem para diminuir os teores do componente N-Nitroso na água potável.

Evidências epidemiológicas também apontam para riscos à função tireoidiana, associados à ingestão de água com altas concentrações de nitratos. Um estudo aponta para um aumento de hipertrofia, condição caracterizada pela ampliação da tireoide, glândula responsável por muitas das funções endócrinas e hormonais do organismo humano (Van Maanen et al., 1994). Outros estudos indicam uma possível conexão entre defeitos congênitos e exposição a nitritos, nitratos e compostos N-Nitroso. Os efeitos da exposição foram observados primeiro em animais, mas posteriormente também em estudos epidemiológicos humanos (Dorsch et al., 1984; Knox, 1972; Super et al., 1981; Ward et al., 2005).

Outros contaminantes

É sabido que ampla gama de outros contaminantes orgânicos e inorgânicos também exercem impactos diretos e indiretos sobre a saúde humana. Metais como mercúrio, cobre e zinco são encontrados naturalmente no meio

ambiente e, em baixas concentrações, são essenciais ao bom funcionamento do ecossistema e à saúde humana. Contudo, a exposição prolongada a altos teores desses metais pode acarretar sérias consequências aos seres humanos, pois tendem a bioacumular nos tecidos do organismo (PNUMA GEMS, 2007). Desde o século XIX, as atividades humanas, particularmente o aumento da mineração e dos processos industriais, vêm aumentando as concentrações desses metais no meio ambiente (Carr e Neary, 2008). Por exemplo, o mercúrio – em geral um subproduto da queima de combustíveis fósseis, da mineração e da incineração de resíduos – é altamente tóxico (Pacyna et al., 2006). Por bioacumular metais, peixes podem absorver altas concentrações de mercúrio e acabam por expor as pessoas a teores de dezenas de milhares de vezes mais elevadas que as encontradas nas fontes de água, assim representando grave ameaça à saúde humana (WHO, 2005). O mercúrio encontrado em peixes e moluscos é geralmente o metilmercúrio, uma forma especialmente tóxica. O consumo de metilmercúrio, especialmente por crianças menores e mulheres gestantes, pode causar danos no desenvolvimento neurológico.

Nos adultos, é associado a doenças coronárias (Mozaffarian e Rimm, 2006). A exposição prolongada a mercúrio inorgânico, mesmo em baixos teores, também pode provocar uma gama de efeitos crônicos, como danos renais e distúrbios imunológicos (OMS, 2003b).

O arsênio é um elemento semimetálico altamente tóxico e carcinogênico (IARC, 2004). Como ocorre naturalmente em diversas formações subsuperficiais, o arsênio pode facilmente lixiviar para águas subterrâneas. Os minerais de ocorrência natural são uma preocupação para a saúde humana apenas quando encontrados em fontes utilizados por populações humanas para beber, cozinhar ou banhar. Contudo, o problema é grave, pois milhões de pessoas são expostas à água de beber contaminada por arsênio inorgânico (Smedley e Kinniburgh, 2002). A exposição ao arsênio por ingestão de água ou banho em água contaminada pode provocar cânceres e lesões na pele (Carr e Neary, 2008). Evidências sugerem que, em muitos lugares do mundo, os teores de arsênio em aquíferos estejam abaixo do nível considerado aceitável pelas diretrizes de potabilidade da OMS. O problema é especialmente grave em Bangladesh, na Índia e, em menor escala, no Camboja e no Vietnã (Charlet e Polya, 2006) onde a contaminação por arsênio representa grave preocupação (veja estudo de caso, a seguir). Águas subterrâneas contaminadas por arsênio são encontradas também na Argentina, Chile, China, México,

⁵ Nitrosaminas são produzidas de nitritos e aminas secundárias e podem ser formadas em certas condições, inclusive as altamente ácidas, como as existentes no estômago humano. Muitos desses compostos comprovaram-se carcinogênicos em animais de laboratório.

Arsênio em águas subterrâneas

A ocorrência de arsênio em águas subterrâneas da Ásia Meridional é um caso clássico dos riscos de contaminação das águas subterrâneas; das consequências para a saúde humana da não realização de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas; e da omissão por parte das organizações governamentais, em todos os níveis, de proteger a população de problemas provocados pela baixa qualidade da água. O arsênio é um elemento metaloide de reconhecida toxicidade. É relativamente solúvel em água e está presente naturalmente no meio ambiente na forma orgânica e inorgânica. Os seres humanos podem ficar expostos ao arsênio por contaminação do ar, de alimentos e da água.

A partir do início da década de 1970, milhões de poços para captação de águas subterrâneas foram perfurados em Bangladesh, Bengala Ocidental, na Índia e no Nepal, com vista a oferecerem às comunidades uma alternativa de abastecimento diferente das fontes tradicionalmente utilizadas (água pouco confiável de lagos e poços rasos, bombeada manualmente), menos vulneráveis a secas, inundações e contaminação por esgotos domésticos e de animais e sem qualquer tratamento. Esses poços, inicialmente, causaram uma grande melhoria na saúde local, melhorias na autosuficiência de grãos alimentícios e uma redução na incidência de doenças tradicionais relacionadas à qualidade da água potável, como contaminação por bactérias, especialmente cólera e doenças diarreicas. Estima-se que a proporção da população de Bangladesh que atualmente bebe águas captadas de fontes subterrâneas supera os 95 por cento.

A possibilidade de que as águas subterrâneas pudessem estar contaminadas foi ignorada. Em uma crise de saúde pública de proporções potencialmente catastróficas, foram encontradas concentrações de arsênio nas águas subterrâneas de Bangladesh e do estado vizinho indiano de Bengala Ocidental (Gleick, 2001). Milhões de pessoas vivem em áreas onde, sabidamente, as águas de abastecimento público têm concentrações acima (e às vezes muito acima) dos níveis aceitáveis; milhares de pessoas foram diagnosticadas com sintomas de intoxicação por arsênio. Segundo pesquisadores, cerca de um terço dos poços tubulares de Bangladesh produzem água com teores de arsênio

acima da base aceitável de 50 ppb (partes por bilhão). Em algumas áreas, os níveis de arsênio chegam a 2.000 ppb, ou seja, 40 vezes acima do nível aceitável para água potável; e a maioria dos poços mais contaminados tem níveis de arsênio entre 200 e 400 ppb (MIT, 2002).

A descoberta desses elevados níveis de arsênio nas águas subterrâneas no início da década de 1980 ocasionou a realização de pesquisas de grande alcance para melhor entender o escopo e a gravidade do problema, bem como uma ampla gama de esforços governamentais e não governamentais para enfrentar o problema por meio de abordagens educativas e sociais. Ações dedicadas à avaliação da natureza e do escopo do problema foram lançadas em meados da década de 1990, com a realização de estudos cada vez mais numerosos por parte de governos, acadêmicos, cientistas, organizações não governamentais e agências internacionais sensibilizados por comunidades locais, cientistas, público em geral e profissionais de saúde. O fato de sintomas de intoxicação crônica por arsênio demorarem entre cinco e quinze anos para se manifestar – ou ainda mais tempo no caso de certos tipos de câncer – gera grande preocupação entre especialistas de saúde. O período de incubação depende da quantidade de arsênio ingerido, do tempo de exposição e da suscetibilidade da pessoa. Portanto, é possível que o grande número de poços tubulares instalados em Bangladesh nas últimas três décadas esteja, desde que entraram em operação, lentamente intoxicando seus usuários. É também possível que os piores impactos de saúde possam se manifestar somente após passados vários anos.

Várias respostas já foram propostas para o problema. Os governos nacionais de Bangladesh, Índia e Nepal formaram parcerias para tratar a situação por meio de coleta de dados, programas de saúde pública, iniciativas de purificação da água e ações voltadas à identificação de fontes alternativas de água segura. Agências das Nações Unidas como o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) financiaram pesquisas sobre o escopo do problema do arsênio e estão auxiliando no desenvolvimento de tecnologias para purificação de água utilizando filtros de baixo custo, e na identificação de fontes alternativas de água segura, como a captação de águas pluviais. Em parceria com ministérios do governo e organizações não governamentais (ONGs), o UNICEF

Continua...

Estudo de caso

lançou um programa de capacitação de médicos e profissionais de saúde no diagnóstico e orientação de pacientes intoxicados pelo arsênio.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) vem apoiando estudos sobre contaminação por arsênio e seus efeitos sobre a saúde humana e compartilhando sua especialização epidemiológica sobre o assunto.

Já que o arsênio não pode ser removido da água por meio de fervura ou pelo uso de filtros normais, a medida mais eficaz é facultar o acesso à água potável livre de arsênio. Há disponibilidade dessa água, contudo,

o sucesso somente poderá ser alcançado com a realização de monitoramento constante de concentrações de arsênio nos poços, bem como com medidas que inibam a utilização de água proveniente de poços altamente contaminados.

A pronta detecção de poços tubulares contaminados por arsênio, o gerenciamento adequado de bacias hidrográficas, a participação de comunidades nos processos decisórios, o fornecimento de água segura, o tratamento das pessoas doentes e ações educativas para a saúde são as respostas essenciais para este problema (Das et al. 2009).

Tailândia e Estados Unidos (OMS, 2004b). Desde 2004, em Bangladesh, uma população estimada entre 28 e 35 milhões de pessoas consome água com elevados teores de arsênio; em consequência, há cerca de 1,5 milhão de casos registrados de lesões cutâneas relacionados à contaminação da água potável no país (WHO, 2004b).

Outros metais presentes na água consumida pela população apresentam sérios riscos à saúde. A exposição a chumbo pode provocar lesões cerebrais, danos ao sistema nervoso, distúrbios sanguíneos, lesões nos rins e prejudicar o desenvolvimento de fetos.

A exposição aguda pode provocar efeitos que vão desde vômitos, até a morte. Águas naturais geralmente não contêm chumbo; contudo, este metal pode ser introduzido por meio da lixiviação do solo ou por encanamentos de sistemas de abastecimento de água. O cobre, apesar de ser um mineral essencial, em concentrações excessivas pode provocar irritação estomacal, náusea, vômito e diarreia (ATSDR, 2004). O cádmio também é uma preocupação, no longo prazo, pois mesmo quando ingerido em teores relativamente baixos é associado a distúrbios de função renal, podendo também provocar a fragilização de ossos, o que resulta em maior incidência de fraturas (ATSDR, 2008).

Existe grande variedade de poluentes orgânicos persistentes (POPs) que podem bioacumular na cadeia alimentar, causando graves impactos ambientais e à saúde humana. Muitas vezes, esses impactos provocam distúrbios de desenvolvimento, o que deixa crianças pequenas e fetos em formação de mulheres grávidas particularmente vulneráveis. Ao reconhecer o perigo apresentado pelos POPs, a Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes identificou inicialmente 12 POPs (a dúzia suja) que apresentam os perigos mais extremos ao meio ambiente e à saúde

humana (veja estudo de caso sobre a Convenção de Estocolmo na Seção III: Governança e regulação). A exposição a POPs, seja de forma aguda, seja de forma crônica, pode causar uma gama de efeitos adversos à saúde animal e humana, inclusive distúrbios endocrinológicos, problemas reprodutivos e do sistema imunológico, câncer, e morte (Ritter et al., 1996).

Nove dos doze POPs cuja utilização deve ser descontinuada, segundo determinação da Convenção de Estocolmo, são agrotóxicos. Os DDEs, compostos que acumulam nos tecidos gordurosos de seres humanos, já foram associados a distúrbios endocrinológicos e a problemas reprodutivos (Jaga e Dharmani, 2003) e são classificados pela Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer como possivelmente carcinogênicos (ATSDR, 2002).

Três outros POPs que suscitam preocupação grave – dioxinas, furans e bifenilos policlorados (PCBs) – são subprodutos indesejados de processos industriais e da incineração. Dioxinas e furans são encontrados em todo o mundo, em praticamente todos os meios (PNUMA, 1999). Dioxinas são compostos bastante estáveis, com meia vida estimada entre sete e onze anos. Podem bioacumular nos tecidos gordurosos e no leite materno, permanecendo no organismo durante muito tempo. Devido à ubiquidade e à estabilidade das dioxinas, todas as pessoas têm algum nível de exposição e certo teor de dioxina no organismo (PNUMA, 1999). A exposição prolongada a dioxinas e furans está associada a afecções do sistema imunológico, de sistemas nervosos em desenvolvimento, bem como do sistema endocrinológico e de funções reprodutivas; a exposição crônica pode resultar em certos tipos de câncer (PNUMA 1999). O PCB é classificado como provável agente cancerígeno para seres humanos (PNUMA, POPs) e está

também associado a problemas de saúde, como baixo peso ao nascer, doenças de tireoide e distúrbios de aprendizagem, memória e do sistema imunológico. A presença de PCBs em sedimentos fluviais também afeta peixes e animais silvestres (US EPA, 2009).

Efeitos da baixa qualidade da água sobre as quantidades de água disponíveis

Água de baixa qualidade impacta a quantidade de água disponível de diversas maneiras. A água poluída e imprópria para consumo humano, banho, indústria ou agricultura efetivamente reduz a quantidade de água disponível em determinada área, afetando diretamente os volumes disponíveis. Quanto maior o volume de água poluída, mais difícil seu tratamento para padrões aceitáveis. Geralmente, os processos de tratamento de água poluída removem poluentes por meio da criação de lodo residual. Quanto pior a qualidade da água da fonte, maior o nível de tratamento necessário para alcançar um padrão aceitável e menor a qualidade da água tratada no final do processo. Ademais, o tratamento de água mais poluída exige quantidades significativas de energia que, por sua vez, também impacta os usos e as disponibilidades da água. Há ainda diversas características do ambiente alterado que afetam as quantidades disponíveis e a qualidade da água. Por exemplo, superfícies impermeáveis reduzem a quantidade de água que infiltra para as águas subterrâneas, afetando os fluxos básicos de riberões; e aumenta o volume de água que escoar pela superfície, criando fluxos mais erráticos e transportando maiores quantidades de contaminantes. Ambos os efeitos repercutem na qualidade da água. Contudo, ações que melhoram a qualidade da água podem também aumentar a quantidade de água produzida pelas bacias hidrográficas. Áreas florestadas ajudam a filtrar a água e a aprimorar a qualidade da água antes da chegada dos fluxos de escoamento superficial aos cursos de água.

Efeitos da baixa qualidade da água sobre comunidades vulneráveis

Comunidades vulneráveis são aquelas que sofrem desproporcionalmente os efeitos da baixa qualidade da água. Essas comunidades incluem aquelas que vivem nas proximidades de cursos de água com qualidade comprometida, cujos habitantes são obrigados a percorrer longas distâncias para alcançar fontes de água segura e que sofrem de doenças causadas pela água insegura. Os maiores impactos da baixa qualidade da água recaem sobre as comunidades marginalizadas e aquelas que carecem de poder político ou econômico. Entre os grupos mais afetados pela baixa qualidade da água estão os pobres dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, mulheres e crianças.

Mulheres

As mulheres são as gestoras primárias da água na maioria dos países em desenvolvimento. Em todo o mundo em desenvolvimento, mulheres e crianças precisam percorrer longas distâncias à procura de água para o consumo doméstico. O Relatório de Desenvolvimento Humano da ONU estima que, apenas na África Subsaariana, 40 bilhões de horas/mulher são gastas por ano na coleta de água (UNDP, 2006). Taxas semelhantes podem ser encontradas também na Ásia Meridional onde, segundo as ONGs, nas áreas rurais, as mulheres caminham cerca de 2 km para buscar água potável da fonte (Ray, 2007). Segundo algumas mulheres, há situações em que precisam percorrer distâncias ainda maiores, pois quando a qualidade das fontes mais próximas está comprometida, elas e as crianças são obrigadas a ir mais longe em busca de água de qualidade adequada. Isto contribui para o fenômeno conhecido como “pobreza de tempo” experimentado por mulheres em consequência da falta de acesso à água segura. Por serem as mulheres e crianças as maiores responsáveis por buscar toda a água de uso domiciliar, são elas as mais afetadas pela água poluída, devido ao maior contato com a água insegura (Cap-Net/GWA, 2006).

As relações desiguais de poder colocam as mulheres em posição de desvantagem. Das pessoas mais pobres do mundo, a vergonhosa proporção de 70 por cento é de mulheres. Mulheres de todo o mundo, em média, têm renda inferior à dos homens e são mais suscetíveis ao desemprego (Cap-Net/GWA, 2006). Quando a queda na qualidade da água impacta a disponibilidade, os grupos mais poderosos tendem a ter vantagem no acesso às limitadas fontes de água segura. No oeste e sul de Darfur, das quase 500 mulheres assistidas após sofrer estupro, a maioria – 82 por cento – foi atacada enquanto realizava atividades cotidianas, como a coleta de água (MSF, 2005, Human Rights Watch, 2005).

Também são as mulheres que assumem a responsabilidade primária por cuidar de crianças e familiares acometidos pelas doenças relacionadas à água insegura. Alguns pesquisadores estimam que esta modalidade de “pobreza de tempo” pode até mesmo extrapolar o tempo que as mulheres passam coletando água segura.

A falta de saneamento básico não afeta apenas a qualidade da água, mas também a saúde e a segurança das mulheres. Nos países em desenvolvimento, 1,3 bilhão de mulheres e meninas não tem acesso a instalações sanitárias privativas. Essa falta de instalações básicas obriga as mulheres a fazer suas necessidades no campo aberto e durante a noite, deixando-as expostas ao risco de estupro e violência (OMS e UNICEF, 2004). A falta de saneamento básico nas escolas desestimula a frequência escolar das meninas após a menstruação, exacerbando ainda mais a desigualdade educacional de meninas.

As relações de poder desiguais nas famílias e nas comunidades afetam diretamente a saúde de mulheres e meninas. Muitas vezes, mulheres e meninas são obrigadas a abrir mão dos próprios cuidados em favor do bem-estar de homens e meninos. Alguns estudos apontam que, em épocas de escassez, a saúde de mulheres e meninas definha antes que a dos homens. O Relatório de Desenvolvimento Humano das Nações Unidas informa que, na Índia, em situações de escassez de chuva, há maior tendência de mortalidade entre meninas que entre meninos (UNDP, 2007).

Crianças

As crianças são, inquestionavelmente, mais afetadas pela falta de água limpa e exercem menor influência sobre a melhoria da qualidade da água. A maioria dos óbitos por doenças relacionadas à água – mais de 90 por cento – ocorre entre crianças com idade abaixo de 5 anos. A cada ano, 1,5 milhão de crianças morre em consequência da água insegura (UNICEF, 2006). Em todo o mundo, mais de 125 milhões de crianças com idade abaixo de 5 anos vivem em domicílios sem acesso a água potável tratada, e 280 milhões de crianças com idade abaixo de 5 anos vivem em domicílios sem saneamento básico (UNICEF, 2006). A água insegura e a falta de saneamento e higiene respondem por 18 por cento dos óbitos de crianças menores de 5 anos e é uma das principais causas de mortalidade entre crianças nos países em desenvolvimento.

As oportunidades futuras das crianças são também limitadas, devido à falta de água segura e de saneamento. Às crianças, especialmente as meninas, que passam horas do dia em busca de fontes de água limpa para seus domicílios, não sobra tempo para se dedicar aos estudos. A falta de toaletes desestimula as meninas a frequentar a escola, e doenças relacionadas à água afetam a capacidade das crianças de frequentar e progredir na escola. Além de causar diarreia, a falta de água limpa favorece infecções por vermes intestinais que afetam principalmente crianças em idade escolar, prejudicando suas funções cognitivas e reduzindo seu crescimento físico e saúde em geral (UNICEF, 2006). A cada ano, são diagnosticados 133 milhões de casos de infestação por ancilostomose (amarelão), *ascaris lumbricoides* e *trichuris trichiura*. Muitos outros casos não diagnosticados não recebem tratamento. Esses vermes têm impacto significativo sobre o desenvolvimento infantil. É comum crianças que moram em ambientes pobres serem portadoras de 1.000 vermes parasíticos no organismo. Uma infestação típica por *ascaris* consome um terço de todo o alimento ingerido pela criança. Isto agrava a desnutrição e responde por 50 por cento das doenças da infância (UN-Água, 2008a). A cada ano, 443 milhões de dias letivos são perdidos devido a doenças relacionadas à água (UNDP, 2006).

Pessoas economicamente desprivilegiadas

Geralmente, as pessoas mais pobres das áreas urbanas vivem às margens dos cursos de água, pois esses terrenos geralmente são de domínio público. Por falta de outras opções, os habitantes desses assentamentos informais lançam seus resíduos e detritos diretamente nos cursos de água. Os moradores de assentamentos precários, sem acesso a água potável segura e de baixo custo, muitas vezes utilizam esses mesmos sistemas aquáticos poluídos para banhar e beber, ficando expostos a altos riscos de doenças transmitidas pela água.

Se, por um lado, as porcentagens e números de pessoas com acesso à água potável encanada e saneamento básico em cada região do mundo fornecem um retrato importante; de outro, existem também disparidades significativas entre países e mesmo dentro dos países. Um estudo do UNICEF/OMS, realizado em países em desenvolvimento, apontou que os 20 por cento mais ricos da população eram quatro vezes mais propensos a ter acesso a saneamento que os 20 por cento mais pobres; que menos de 4 em cada 10 dos domicílios mais pobres tinha acesso a abastecimento de água tratada; enquanto nove em cada dez dos domicílios mais ricos dispunham desses serviços (OMS e UNICEF, 2004).

Onde há escassez de recursos hídricos, sempre há concorrência pela pouca água potável disponível, e as mulheres e os homens pobres, pessoas com menor poder político/econômico, ficam sem acesso. Um terço das pessoas sem acesso à água segura vive com menos de um dólar (US\$ 1) por dia, e mais de dois terços das pessoas sem acesso à água tratada vivem com menos de dois dólares (US\$ 2) por dia (UNDP, 2006). A disparidade urbana/rural de acesso a saneamento diminuiu nos últimos 15 anos, apesar de a disparidade entre áreas urbanas e rurais em termos de acesso a saneamento ser significativamente maior que a de água potável. Nos países em desenvolvimento, entre 1990 e 2004, o acesso das áreas rurais a saneamento praticamente dobrou, de uma base (baixíssima) de 17 por cento, para 33 por cento. Durante este mesmo período, o acesso a saneamento nas áreas urbanas aumentou de 68 por cento para 73 por cento. Portanto, as pessoas que moram em áreas urbanas ainda têm mais que o dobro da probabilidade de ter acesso a um toailete que as que moram em áreas rurais. Dos 2,6 bilhões de pessoas que carecem de acesso a saneamento básico, 2 bilhões vivem em áreas rurais. A Ásia Meridional e Ásia Oriental são as regiões do mundo com as menores taxas de acesso a saneamento em áreas rurais (28 por cento), enquanto nas áreas urbanas 60 por cento da população dispõe desse acesso. Na Ásia Ocidental, a cobertura de acesso a saneamento básico é quase universal nas áreas urbanas (96 por cento), mas, nas áreas rurais, essa cobertura chega a apenas 60 por cento da população (UNICEF, 2006).

Água de baixa qualidade alimenta o ciclo da pobreza. As pessoas com menos acesso à água e ao saneamento são também as que mais carecem de acesso a serviços de atendimento à saúde e a empregos estáveis. Os surtos de doenças transmitidas pela água reduzem ainda mais a renda e podem levar a óbito os mais vulneráveis.

Efeitos da baixa qualidade da água sobre a subsistência humana

Água limpa e ecossistemas de água doce saudáveis proporcionam bens e serviços essenciais à subsistência das pessoas, entre eles água para irrigação, várzeas férteis para agricultura e pastagem e *habitat* para a proliferação de peixes e camarões para consumo próprio ou comercialização. A necessidade de água de qualidade adequada para a subsistência humana tem sido menos frisada que a necessidade de água em quantidades adequadas. Na realidade, os dois aspectos são necessários e a água poluída tende a reduzir ou eliminar a viabilidade de muitas atividades econômicas.

Um estudo dos efeitos econômicos da poluição hídrica em um vilarejo indiano verificou que a agricultura foi gravemente afetada pela contaminação das águas. Esse estudo comparou dois vilarejos no estado de Andra Pradesh, sendo um afetado por poluição causada pelas indústrias próximas e outro não. No vilarejo poluído, a água continha altíssimos teores de arsênio e elevadas demandas de oxigênio químico, sólidos dissolvidos totais e outros contaminantes. Durante os nove anos subsequentes à contaminação por poluição hídrica, a área de terras sob cultivo nesse vilarejo diminuiu em 88 por cento. A perda de terras cultiváveis foi atribuída apenas à contaminação do solo pela água de irrigação poluída (Reddy e Behera, 2006). Além da destruição de terras produtivas, a poluição hídrica causou corrosão a equipamentos agrícolas e bombas de água. O estudo constatou também impactos significativos nos rebanhos. Todos os corpos de água do vilarejo foram poluídos e, devido a deficiências do abastecimento municipal, foi preciso recorrer a águas poluídas para dessedentar os animais. A ingestão dessa água provocou doenças nos rebanhos, resultando na morte de 149 animais durante cinco anos. No vilarejo não poluído não foi registrada mortalidade ou morbidade de animais como resultado de poluição hídrica. A água poluída também resultou na redução da capacidade reprodutiva de alguns animais e na produção de leite e de esterco DCE de qualidade inferior.

A poluição hídrica pode diminuir a produção pesqueira, tanto pela redução ou pela eliminação de populações de peixes, quanto por deixar os peixes impróprios ou inadequados para consumo. No Lago Manzala, no noroeste do Delta do Rio Nilo no Egito, por exemplo, devido à poluição os peixes



© RUI GOMES | DREAMSTIME.COM

começaram a apresentar altas incidências de malformação de órgãos e descoloração. Os peixes provenientes do Lago Manzala representavam cerca de 30 por cento de todos os pescados consumidos no Egito; contudo, devido aos efeitos da poluição, as pessoas passaram a ter receio de consumir esses peixes, e a pesca no lago entrou em declínio (GEF, 2006). Uma avaliação realizada em 2000 pelo World Resources Institute (WRI) concluiu que a poluição hídrica representa uma grande ameaça aos recursos pesqueiros em quase todas as regiões do mundo (Revenga et al., 2000).

Existem alguns estudos que quantificam os impactos econômicos da água de baixa qualidade sobre a subsistência humana. Por exemplo, antes e depois de um derramamento de grande escala de resíduos da mineração ocorrido nas Filipinas, foram realizados estudos que avaliaram os impactos da poluição hídrica sobre a subsistência humana. Esse derramamento, que lançou 1,6 milhão de metros cúbicos de resíduos de mineração no Rio Boac, teve impactos altamente difusos, afetando cerca de dois terços dos domicílios entrevistados. Entre as atividades econômicas afetadas estão a pesca costeira e fluvial, a produção agrícola e a comercialização de produtos agropecuários. As perdas de produção nos dez anos subsequentes ao derramamento foram estimadas em cerca de 7 milhões de dólares (em US\$ de 1996) – valor superior ao dobro da indenização oferecida pela empresa mineradora (Bennagen, 1997).

Custo da baixa qualidade da água para a economia

Água de baixa qualidade acarreta muitos custos econômicos associados, incluindo degradação de serviços ecossistêmicos; custos relacionados à saúde; impactos

nas atividades econômicas como agricultura, produção industrial e turismo; aumento do custo de tratamento da água; e redução de valores imobiliários. Em algumas regiões, esses custos podem ser bem significativos. Por exemplo, em países do Oriente Médio e do Norte da África, os custos estimados da água de baixa qualidade variam entre 0,5 e 2,5 por cento do PIB ao ano (ver Figura 5, abaixo) (BIRD, 2007). Além disso, os países pobres com amplo acesso à água limpa e aos serviços de saneamento experimentam taxas de crescimento econômico mais altas que aqueles que carecem desses serviços. Um estudo constatou uma taxa de crescimento econômico anual de 3,7 por cento entre os países pobres com maior acesso à água tratada e a serviços de saneamento, enquanto países sem acesso a água tratada e a saneamento apresentaram taxas de crescimento de apenas 0,1 por cento ao ano (Sachs, 2001).

Serviços ecossistêmicos

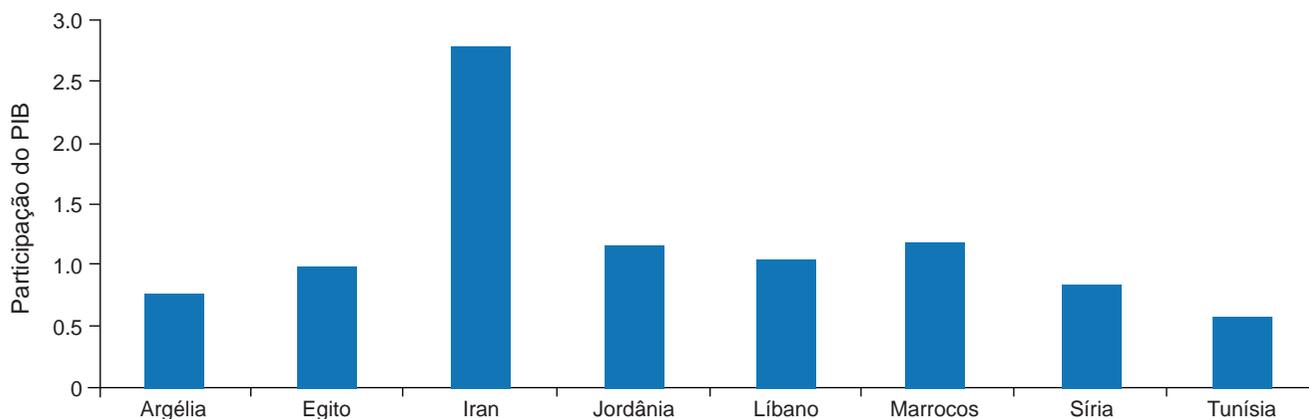
Os ecossistemas do planeta agradam a humanidade com ampla gama de benefícios comerciáveis e não comerciáveis. Esses benefícios – denominados serviços ecossistêmicos – incluem o provimento de alimentos, água e fibras; a regulação e o tratamento de efluentes; os serviços culturais, incluindo ambientes de lazer, benefícios estéticos e espirituais; e o apoio a funções essenciais como fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MA, 2005b). Um estudo de grande prestígio estimou o valor global desses serviços ecossistêmicos em aproximadamente o dobro do produto nacional bruto da economia global (Costanza et al., 1997).

A Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (2005a) constatou que o valor econômico total das terras úmidas não convertidas era muitas vezes superior ao das terras úmidas convertidas.

A função mais importante desempenhada pelos ecossistemas de água doce – especialmente os pântanos – é a purificação da água e a assimilação de resíduos, com valor estimado, em todo o mundo, em 400 bilhões de dólares (em US\$ de 2008) (Costanza et al., 1997). Por exemplo, o grande pântano de Nakivubo, em Uganda, realiza serviços de tratamento de efluentes para a população da cidade de Kampala, no valor anual estimado em US\$ 363 milhões (UN WWAP, 2009).

Por confiar nos processos ecossistêmicos naturais de depuração da água, há centenas e milhares de anos a humanidade vem lançando resíduos agrícolas, municipais e industriais nos ecossistemas de água doce. A magnitude e a toxicidade dessas águas efluentes, contudo, muitas vezes supera a capacidade depurativa dos ecossistemas, acabando por degradar a qualidade da água, local e regionalmente. A manifestação dessas degradações vem na forma de depreciação do valor dos serviços ecossistêmicos, da redução da biodiversidade e da diminuição da capacidade dos ecossistemas de desempenhar funções como tratamento de águas servidas etc. (Carpenter et al., 1998).

A eutrofização – resultando da introdução de quantidades excessivas de nitrogênio e fósforo – diminui a prestação de diversos serviços ecossistêmicos: de abastecimento, de regulação de fluxos, culturais e de suporte. As águas eutróficas exigem tratamentos caros e difíceis até atingirem a qualidade de água potável; produzem menos peixes; têm menor valor para serviços ou usos recreativos (veja estudo de caso de Lago Atitlán); e repassam maiores cargas de nutrientes aos trechos a jusante. Na década de 1990, na Inglaterra e no País dos Gales, a água doce eutrófada foi responsável por despesas de remediação em um valor estimado em US\$ 200 milhões ao ano (MA 2005b).



Sources: République Algérienne Democratique et Populaire 2002; Sarraf, Björn, and Owaygen, Sarraf, and Larsen 2005; World Bank 2002a, 2005e, 2003b, 2004h

Figura 5. Custo Anual Médio da degradação ambiental da água. Fonte e detentor dos direitos autorais: Banco Mundial

Custos associados à saúde humana

Há diversas maneiras de se medir os benefícios econômicos da melhoria da saúde resultantes da água de melhor qualidade. Tipicamente, entre os parâmetros considerados estão: perdas de produtividade; custos de tratamento; e valores referentes a mortes evitadas. Os governos beneficiam-se economicamente da melhoria da saúde pela redução da necessidade de efetuar gastos com o tratamento de doenças; os indivíduos são beneficiados pela diminuição de gastos com o tratamento de doenças e o transporte em busca desse tratamento, bem como pela redução do tempo perdido nessa busca; já os setores da agricultura e da indústria são beneficiados por melhorias na produtividade e pela redução de despesas associadas ao atendimento à saúde de seus empregados (SIWI, 2005).

Os custos associados à saúde humana podem ser bastante significativos. Na África, por exemplo, as perdas econômicas resultantes da mortalidade e da morbidade por falta de água e saneamento foram estimadas em US\$ 28,4 bilhões, ou cerca de 5 por cento do PIB continental (UN WWAP, 2009). Na medida em que a degradação da qualidade da água continua, a prevalência e os impactos de doenças aumentarão, particularmente entre os segmentos mais pobres e vulneráveis da população (MA, 2005a). Verifica-se também que a taxa de retorno sobre investimentos em saneamento e água potável é elevada: para cada dólar investido, estima-se que o retorno em termos de desenvolvimento econômico varia entre 3 e 34 dólares (UN WWAP, 2009).

Muitos estudos recentes sobre custos relacionados à saúde causados por água de baixa qualidade são relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs) referentes à água e ao saneamento. As Nações Unidas, seus países – membros e parceiros não governamentais comprometeram-se a realizar um conjunto de objetivos para tratar das necessidades inter-relacionadas das comunidades mais pobres do mundo. Objetivos referentes à água e ao saneamento foram explicitamente reconhecidos como metas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: a comunidade internacional assumiu o compromisso de reduzir pela metade a proporção de pessoas sem acesso à água potável segura e ao saneamento básico, até 2015. Se este objetivo for alcançado, estima-se que 322 milhões de dias de trabalho por ano serão ganhos, o que equivale a cerca de US\$ 750 milhões (SIWI, 2005). Alcançar os ODMs relacionados à água e ao saneamento resultará também em economias para o setor de saúde da ordem de US\$ 7 bilhões por ano. No total, estima-se que os benefícios econômicos relacionados ao alcance das metas dos ODMs será de US\$ 84 bilhões (SIWI, 2005).

Agricultura

A poluição hídrica afeta a produtividade econômica da agricultura por destruir plantios, reduzir a qualidade das colheitas e/ou diminuir sua produtividade. Por exemplo, existe uma longa história de fracassos no campo da agricultura relacionada à salinização do solo e da água, associada a cultivos irrigados. Durante toda a história, sociedades entraram em colapso devido à diminuição da produtividade dos cultivos relacionada a um aumento de salinidade (Postel, 1999) (veja estudo de caso do Paquistão, a seguir). Estima-se que a degradação de terras irrigadas, essencialmente por causa da salinização, tenha resultado em perdas da ordem de US\$ 11 bilhões, devido à diminuição da produtividade agrícola em todo o mundo a cada ano (Revenga et al., 2000, citando Postel 1999). Ademais, na medida em que a qualidade das águas superficiais e subterrâneas é degradada, os produtores rurais muitas vezes precisam encontrar novas fontes de água que, geralmente, são caras e contenciosas; e em muitos casos levam a conflitos políticos e militares transfronteiriços (veja, por exemplo, Cooley et al. 2009).

Produção industrial

É sabido que a produção industrial pode afetar a qualidade da água. A propósito, a baixa qualidade da água também pode impactar negativamente a produção industrial. A água é um insumo essencial para muitos processos industriais, tais como aquecimento e resfriamento, geração de vapor e limpeza; é também parte constituinte de alguns produtos, como as bebidas. A maioria dos usos industriais requer água de determinada qualidade; alguns processos exigem qualidade maior que outros. A poluição hídrica pode afetar as indústrias de diversas maneiras. A baixa qualidade da água pode fazer que unidades industriais precisem ser realocadas ou que novas fontes de água sejam buscadas, podendo até mesmo levar ao encerramento da produção ou à diminuição da qualidade do produto final.

Cada um desses impactos tem custos associados. Não existem estimativas do custo total da baixa qualidade da água para a indústria em escala mundial, mas alguns estudos sobre o assunto foram realizados na China. Em 1992, o setor industrial chinês sofreu perdas de aproximadamente US\$ 1,7 bilhão em consequência da poluição hídrica (SIWI, 2005). Um estudo realizado na fábrica de seda de Tongliang County constatou que, em apenas um ano, a qualidade inferior da seda provocada pela poluição hídrica reduziu o valor da produção da fábrica em 3,1 por cento (Yongguan et al., 2001). Outro estudo realizado no município de Chongqing estimou em US\$ 21 milhões os prejuízos provocados pela falta de água devido à poluição.

Salinização da água e do solo no Paquistão

A bacia do Rio Indus, que compreende a parte oriental da região hoje conhecida como Oriente Médio, foi no passado o leito de um mar raso. Quando o mar recuou, deixou para trás uma grande quantidade de sais nos solos e nas águas subterrâneas. A concentração desses sais, que ocorrem naturalmente, foi aumentada posteriormente pelo surgimento da irrigação em grande escala no século XIX, o que ampliou os volumes de água e sais presentes na superfície. Até meados do século XX, a cada ano, quase meio milhão de hectares de terras irrigadas produtivas no Paquistão teve de ser abandonado devido ao acúmulo de sal e ao aumento das águas subterrâneas salgadas (Postel, 1999). Ademais, cerca de 5 milhões de hectares de terras agrícolas encontravam-se sob ameaça de redução de produtividade devido às altas concentrações de sal.

Na década de 1960, o Paquistão estabeleceu o Programa de Controle da Salinidade e Recuperação de Terras Agrícolas, que direcionou esforços para a perfuração de poços para reduzir o lençol freático e suplementar a água para irrigação. Os custos do programa foram elevados: até 1990, as despesas cumulativas com o controle de salinidade em todo o país chegaram a aproximadamente US\$ 1 bilhão, sem incluir as receitas perdidas devido à redução da produtividade agrícola.

Atualmente, o Paquistão enfrenta novos problemas: o uso das águas subterrâneas (originalmente estimulado pelo governo) vem alcançando níveis insustentáveis, e a salinidade vem aumentando à medida que as águas subterrâneas são continuamente reaplicadas na irrigação de cultivos.

Turismo e lazer

O turismo vem crescendo muito nas últimas décadas e atualmente representa importante fonte de emprego em todo o mundo. Estima-se que o turismo sustenta, direta ou indiretamente, 8,1 por cento de todos os empregos mundiais e responde por 10,4 por cento do total do PIB (PNUMA e UN-WTO, 2005, citando o *World Travel & Tourism Council*). A poluição hídrica pode provocar grandes perdas de receitas para o setor de turismo. Do total de US\$ 1,3 bilhão em perdas econômicas causadas pela poluição hídrica nas Filipinas, cerca de 70 por cento ocorreram no setor de turismo (WB, 2003). Na África do Sul, onde o ecoturismo tornou-se uma das grandes fontes de divisas, a poluição no Rio Olifants provocou grande mortalidade da fauna, o que certamente terá impactos negativos sobre as receitas do turismo (Oberholster, 2009). Nos Estados Unidos, estima-se que os custos da perda do uso recreativo de corpos de água doce por causa da eutrofização representem algo entre US\$ 370 milhões e US\$ 1,16 bilhão por ano (Dodds et al., 2008).

Mineração

Operações mineradoras frequentemente exigem longos e onerosos tratamentos de resíduos, e a degradação dos recursos hídricos pode gerar impactos negativos

persistente sobre oportunidades econômicas em áreas circunvizinhas. Na África do Sul, por exemplo, efluentes ácidos da mineração “ameaçam os parques recursos hídricos [do país] e, conseqüentemente, a saúde humana e a segurança alimentar nas áreas mineradoras” (EAT, 2008). Infelizmente, existem poucos estudos que quantifiquem os custos dessas externalidades. Nas Filipinas, onde 1,6 milhão de metros cúbicos de resíduos foram lançados no Rio Boac (conforme já mencionado acima), estima-se que 7 milhões de dólares (em US\$ de 1996) em receitas foram perdidos durante os dez anos subsequentes ao derramamento – mais de duas vezes o valor oferecido como indenização pela empresa mineradora (Bennagen, 1997). Em 1998, o rompimento de uma barragem de contenção em uma mina na Espanha provocou o lançamento de aproximadamente 5 milhões de metros cúbicos de lodo tóxico no Rio Agrio.

O custo da recuperação para o governo regional foi de US\$ 44 milhões, além dos US\$ 53,3 milhões desembolsados pelo governo para a compra de terras poluídas pelo derramamento (UNECE, 2007). Apenas nos Estados Unidos, estima-se que existam cerca de 500 mil minas abandonadas (*Abandoned Mines Portal*). O custo do gerenciamento e da remediação da poluição causada por essas minas será superior a US\$ 20 bilhões e muitos desses locais terão de ser mantidos sob gestão por tempo indeterminado (Septoff 2006).



© MEENA PULANAPPAN

III. Soluções para melhorar a qualidade da água

A solução de problemas relativos à qualidade da água exige estratégias para prevenir contra a poluição, tratar efluentes e resíduos e remediar a poluição hídrica. Como uma primeira intervenção, a poluição pode ser evitada antes mesmo que alcance os cursos de água; em segundo lugar, águas servidas podem passar por tratamento antes de serem lançadas; e, em terceiro lugar, a integridade biológica dos cursos de água poluídos pode ser fisicamente restaurada por meio de ações de remediação.

As águas servidas são subproduto do transporte de esgotos domésticos, efluentes industriais e agrícolas. Estes efluentes podem ser controlados de três maneiras: (1) pelas ações no local em que são gerados; (2) pelo pré-tratamento, antes de seu lançamento nos sistemas municipais ou em cursos de água locais; e (3) pelo tratamento completo e pela reutilização.

Na maioria dos países industrializados, as ações para melhorar a qualidade da água seguem duas abordagens: a construção de instalações de tratamento de água e de efluentes, centralizadas no local; e regulamentos voltados aos geradores de poluição de fonte localizada (*point source pollution*) que lançam poluentes hídricos, incluindo lançamentos “diretos” (em corpos de águas receptoras) e “indiretos” (em sistemas de esgoto que os conduzem para estações de tratamento). O tratamento da poluição difusa (*non-point source*) é um dos maiores desafios na melhoria da qualidade da água. A poluição de fontes

difusas resulta do escoamento da precipitação que carrega resíduos provenientes de diversas fontes, incluindo fertilizantes, nutrientes e agrotóxicos; óleo e graxa; bem como resíduos tóxicos gerados por assentamentos urbanos. Esses poluentes difusos não são facilmente controlados; atualmente, as abordagens mais exitosas têm sido aquelas voltadas para a depuração de poluentes de fontes localizadas.

Existem ferramentas e abordagens tecnológicas para o alcance de metas relacionadas à qualidade da água, bem como abordagens não físicas, tais como precificação, incentivos econômicos e marcos legais/regulatórios. Há ainda métodos de restauração da qualidade da água e de bacias hidrográficas que utilizam abordagens eco-hidrológicas. Ecossistemas saudáveis e resistentes desempenham papel importante na prevenção da poluição antes de sua entrada nos cursos de água, uma vez que tratam e restauram as águas poluídas. A seguir, um resumo de três maneiras fundamentais para se proteger a qualidade da água.

Prevenção da poluição

Introdução e panorama

A prevenção da poluição na fonte – nas indústrias, na agricultura e nos assentamentos humanos – é geralmente a forma mais barata, fácil e eficaz de proteger a qualidade da água. Em cenário industrial, essa estratégia é conhecida como produção mais limpa; para promovê-

la, é necessária a participação não só da indústria, mas também do governo, conforme articulado na Agenda 21 durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, e reiterado dez anos mais tarde durante a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável.

Prevenir contra a poluição significa reduzir ou eliminar resíduos na fonte. Essa redução na fonte, como a primeira e mais importante das estratégias para a prevenção da poluição, reduz ou elimina o uso de substâncias perigosas, poluentes e contaminantes. A eliminação ou a redução do uso de contaminantes pode ser alcançada por meio de ações como as destacadas a seguir:

- na indústria – pela reformulação de produtos para que produzam menos poluição e exijam menos recursos durante sua fabricação e uso;
- na agricultura – pela redução do uso de materiais tóxicos para o controle de pragas, da aplicação de nutrientes e do uso da água;
- em assentamentos humanos – pela redução da produção de águas servidas e das quantidades de materiais perigosos utilizados e lançados;
- pela modificação de equipamentos ou tecnologias para que gerem menos resíduos;
- pela implementação de melhorias nas áreas de capacitação, manutenção e gestão domiciliar com vista à redução de vazamentos e emissões fugitivas; e
- pela redução do consumo de água.

A prevenção contra a poluição difere do controle da poluição em diversas maneiras. O controle da poluição, ou práticas de “final de cano” (*end-of-pipe*) – tais como armazenamento e transporte de resíduos; reciclagem (exceto a reciclagem durante processos); recuperação de energia; tratamento de resíduos; disposição final de resíduos; a separação de resíduos – é diferente da prevenção, uma vez que trata dos resíduos depois de eles serem gerados. A prevenção contra a poluição, por sua vez, tem como objetivo a redução geral dos volumes de resíduos. Uma importante vantagem da prevenção da poluição é que ela protege, ao mesmo tempo, todos os meios (ar, água e terra); enquanto o controle da poluição pode apenas deslocar resíduos de um meio para outro (ex.: um lavador de poluição atmosférica – *scrubber* – pode transferir contaminantes do ar para a água).

Há também enormes benefícios financeiros que podem ser alcançados pela abordagem da prevenção da poluição. Os resíduos representam, essencialmente, um custo

para a indústria ou prestador de serviços à comunidade. A geração de resíduos durante um processo indica o uso ineficiente de materiais e recursos; prevenir contra a poluição pode transformar fluxos de resíduos em valiosas fontes de recursos. A prevenção contra a poluição atinge sua causa fundamental: a ineficiência. Prevenir contra a poluição significa gastar menos com o manuseio, armazenagem, tratamento, remediação e monitoramento regulatório de resíduos.

Proteção de mananciais

Cada vez mais, comunidades e gestores de água têm encontrado na proteção de seus mananciais a principal forma de melhorar a qualidade da água e reduzir os custos de tratamento. A forma tradicional de gerenciamento de água envolve o tratamento em diversas fases para remover contaminantes. Os custos ambientais e econômicos dessa estratégia são elevados, especialmente em uma conjuntura em que os custos energéticos vêm aumentando. O novo paradigma emergente enfoca a proteção de fontes vitais de água potável contra a contaminação para assim reduzir ou eliminar a necessidade de tratamento. Ecossistemas saudáveis e resistentes ajudam a purificar e regular a água, evitando assim o ingresso da poluição nos cursos de água.

A cidade de Nova York tem o maior sistema de abastecimento de águas superficiais não filtradas do mundo, alimentada pelo escoamento das Montanhas Catskills. Um dos componentes essenciais de seu sistema de abastecimento é a proteção dos mananciais. Na década de 1990, foram realizados aprimoramentos no sistema de abastecimento da cidade para que uma população crescente pudesse continuar a ser abastecida com água potável de alta qualidade.

A primeira opção considerada foi a construção de uma estação de filtragem de água, ao custo de aproximadamente US\$ 6 bilhões, com um custo de operação anual de US\$150 milhões. Em vista do elevado custo desta opção, o Departamento de Meio Ambiente de Nova York resolveu adotar uma abordagem diferente. Por um valor bem menor, instituiu um programa de proteção da bacia hidrográfica nas regiões de captação de água potável que incluiu a edição de regulamentos acerca de atividades poluidoras na bacia hidrográfica (mais especificamente, a localização de fossas sépticas); iniciativas de planejamento inovadoras; desenvolvimento e financiamento das melhores práticas de gestão agrícola; e a aquisição de terras.

Poluição industrial

No contexto industrial, refere-se à prevenção contra a poluição como produção mais limpa. Por serem de fonte localizada, os lançamentos de efluentes poluentes industriais geralmente estão sujeitos à regulação.

Produção mais limpa em um curtume em Zimbábue

Em muitos países africanos, a produção de couro é uma importante fonte de renda, mas pode também ser grande fonte de poluição hídrica (UN WWAP, 2003). Um curtume na cidade de Harare, Zimbábue, de nome *Imponente Tanning Ltd.*, gerava efluentes com alta demanda química de oxigênio (DQO), causada pela utilização de sulfatos e outros componentes químicos na remoção do pelo do couro por meio de um processo de dissolução. A empresa passou a ser cobrada pela prefeitura da cidade de Harare pelo tratamento dos efluentes, com base nos níveis de DQO, gerando um custo muito alto para o curtume. Um projeto realizado conjuntamente pelo Zimbábue e pela Agência Dinamarquesa para o Desenvolvimento Internacional

(DANIDA) possibilitou ao curtume implementar um novo processo de Tecnologia de Produção Mais Limpa (PML) para a remoção do pelo do couro sem que haja a necessidade de dissolução. O pelo é então removido dos efluentes por um processo de filtragem, podendo ser aproveitado como fertilizante (SIRDC).

A adoção deste processo reduziu os níveis de DQO nos efluentes em 50 por cento, resultando em significativas economias para a empresa. Ademais, o projeto teve um período de carência bastante reduzido – de apenas três anos –, e seu custo total foi de US\$ 40.670, o que representa uma economia anual de US\$ 13.500 (SIRDC).

Portanto, fica mais fácil caracterizar a qualidade do efluente, e normalmente existem maiores incentivos regulatórios e financeiros para que as indústrias desenvolvam ações preventivas voltadas para a redução não apenas da poluição, mas também de seus custos. Ações voltadas para a adoção de sistemas de produção mais limpa vêm recebendo apoio de programas das Nações Unidas, inclusive do PNUMA e outras organizações. Em 1994, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) lançou, em parceria com o PNUMA, o Programa Nacional de Centros de Produção Mais Limpa (NCPCs), que auxilia países em desenvolvimento e países com economias em transição a incorporarem sistemas de produção mais limpa a seus planos de desenvolvimento industrial e a sua legislação ambiental, além de estimular a realização de atividades de apoio à produção mais limpa.

O conceito básico por trás da produção mais limpa é a ampliação da eficiência do uso de matérias-primas, da energia e da água, bem como a redução de fontes de resíduos e de emissões. A produção mais limpa pode ser implementada de diversas formas:

- pela redução ou pela eliminação do uso de solventes em processos industriais;
- pela redução ou pela eliminação do uso de componentes químicos tóxicos nos processos;
- pela redução do uso geral da água no sistema; e

- pelo fechamento do ciclo da água nas indústrias e pela eliminação de lançamentos de águas servidas.

A produção mais limpa oferece a dupla vantagem de reduzir impactos ambientais e ampliar a produtividade e a competitividade (UNIDO). Por exemplo, uma avaliação realizada em uma unidade industrial pelo Programa Nacional de Produção Mais Limpa de Cuba ajudou um fabricante de sucos a ampliar sua produção em 23 por cento e aumentar suas receitas anuais ao mesmo tempo em que reduzia as concentrações de cargas efluentes poluidoras em 40 por cento, entre outros benefícios ambientais. O Centro de Produção Mais Limpa da Guatemala ajudou uma empresa de laticínios a reduzir o volume de efluentes gerados em 99 metros cúbicos por mês e, ao mesmo tempo, a realizar economias significativas (UNIDO).

Poluição agrícola

Conforme já observado, atividades agrícolas em todo o mundo contribuem significativamente (em média, cerca de 70 por cento) para as cargas de poluentes hídricos. Águas de escoamento agrícola muitas vezes contêm contaminantes como nitrogênio, fósforo, agrotóxicos e sedimentos, que acometem tanto águas superficiais quanto subterrâneas. Existem diversas maneiras de reduzir os impactos da agricultura sobre a qualidade da água, cujo escopo de intervenção pode variar desde o nível da propriedade rural, ao da bacia hidrográfica, até o nível nacional.

Na propriedade rural

No âmbito da propriedade rural, muitas inovações diminuem a necessidade de utilização de insumos químicos. Em particular, as tendências da agricultura orgânica ou biológica afastam-se da utilização de produtos químicos sintéticos em favor da rotação de culturas, cobertura com matéria orgânica, compostagem, plantio direto e manejo integrado de pragas. A rotação de culturas é um método há muito

tempo utilizado para evitar o esgotamento de nutrientes do solo. Ademais, está comprovado que práticas como o plantio direto – que dispensam a aração intensiva e deixam quantidades variáveis de resíduos vegetais no solo – aumentam os teores de matéria orgânica e dispensam o uso de fertilizantes sintéticos. A adubação verde com alfafa, leguminosas e outras plantas capazes de fixar nitrogênio é outra prática que enriquece o solo sem recorrer a produtos químicos. A compostagem com matéria vegetal e esterco

Estudo de caso

Programa Campesino a Campesino, Nicaragua

Em 1987, a União Nacional de Agricultores e Pecuarias (UNAG) da Nicarágua fundou o Programa Campesino a Campesino (PCaC), uma iniciativa inovadora para promover boas práticas agrícolas por meio da educação entre pares. Atualmente, produtores de 817 comunidades são beneficiados pela metodologia PCaC, que favorece o compartilhamento de conhecimentos e experiências entre os produtores. As práticas propostas focalizam recursos e condições locais. Em particular, o programa busca estimular a participação ativa das comunidades rurais na transferência de conhecimentos práticos acerca da produção orgânica, da produção agroflorestal sequencial, de diversificação agrícola e da saúde ambiental, implementando práticas simples, baratas e eficazes.

Tais práticas possibilitam a reutilização de matéria biológica e limitam a dependência de insumos químicos e outras tecnologias intensivas em energia. Merece destaque a conservação do solo e da água; o uso de cobertura orgânica e a construção de diques, cercas vivas e barreiras estão entre os métodos utilizados para conservação da água; controle da erosão; e ampliação do estoque de matéria orgânica e da biodiversidade do solo. A captação de águas pluviais também é estimulada. Na região de Masaya, o uso de fertilizantes químicos diminuiu em 90 por cento, e houve um aumento da produtividade anual e de culturas perenes, associado a práticas de PCaC, tais como a rotação de culturas, a incorporação de resíduos vegetais à terra, o uso de barreiras naturais para combater a erosão, o reflorestamento, a adubação verde e o emprego de esterco no lugar de fertilizantes sintéticos (IFAP, 2005).



Educação agrícola sustentável entre pares, Programa Campesino a Campesino. Fonte: União Nacional Agricultores e Pecuarias (UNAG)

animal produz um adubo orgânico rico que pode ser aplicado nos campos.

Para reduzir o uso de agrotóxicos, alguns produtores rurais vêm adotando técnicas de manejo integrado de pragas, que compreende práticas específicas de cultivo e uso de insetos benéficos para efetuar o controle de pragas. Por exemplo, a cultura é observada cuidadosamente, e qualquer manifestação de doença ou praga é imediatamente removida ou colocada em quarentena. Caso a infestação alcance níveis inaceitáveis, recorre-se a métodos mecânicos, incluindo a montagem de barreiras contra insetos, a utilização de armadilhas, a limpeza por aspiração e a gradeação para evitar a reprodução e a proliferação de pragas. Utilizam-se controles naturais, como insetos, fungos ou bactérias benéficas, que podem consumir ou de outra forma atacar as pragas. Em certos casos, podem ser aplicados produtos químicos direcionados a tipos específicos de insetos; estes, porém, diferem dos inseticidas de amplo espectro, que podem afetar muitas espécies de insetos inofensivos ou benéficos.

Finalmente, a redução da quantidade total de água aplicada aos cultivos diminui a lixiviação de nitratos e de outros componentes químicos e seu transporte para corpos de água. O uso de irrigação de gotejamento está sendo ampliado em todo o mundo. Sistemas de gotejamento e de microaspersão reduzem as perdas de água pela evaporação e percolação profunda, sendo desta forma mais eficientes em termos de utilização da água que os métodos de inundação ou aspersão. Muitos produtores rurais utilizam seus sistemas de irrigação por gotejamento para distribuir fertilizantes e, desta forma, podem reduzir as quantidades aplicadas, pois o fertilizante é utilizado na dosagem exata para alcançar as raízes do cultivo. Qualquer escoamento superficial destas operações deve ser recolhido por meio de drenos ou lagos de contenção de águas servidas, para reaproveitamento posterior. Como esta água geralmente contém resíduos de fertilizantes, seu reaproveitamento pode reduzir a necessidade de insumos adicionais de nutrientes.

Na bacia hidrográfica

Em nível de bacia hidrográfica, o controle do escoamento da água superficial deve considerar a localização e os diferentes tipos de ocupação da terra. Em particular, encostas íngremes facilitam o escoamento superficial de água, sedimentos e componentes químicos de terras sob cultivo. Curvas de nível e terraços podem diminuir a erosão e o escoamento superficial de terras sob cultivo e são de grande importância para a prevenção contra a poluição em encostas mais acentuadas.

Ademais, muitos produtores rurais individuais recebem sua água por meio de projetos de manejo coletivo, em nível de sub-bacia ou de bacia hidrográfica. Essas organizações podem prestar serviços aos produtores rurais e facilitar a adoção de sistemas de irrigação mais eficientes. Por exemplo, para instalar um sistema de irrigação por aspersão ou gotejamento, a água precisa ser conduzida em canos pressurizados. Muitos distritos de água abastecem seus usuários utilizando sistemas de canais abertos, e essa infraestrutura teria de ser reformada para possibilitar mais opções de irrigação aos produtores rurais. Além disso, as organizações de abastecimento de água devem manter registros de acompanhamento do uso da água e de sua qualidade.

A Bacia do Rio Danúbio (que deságua no Mar Negro) está severamente afetada por água de baixa qualidade, especialmente em consequência da eutrofização provocada por escoamento superficial de águas utilizadas na agricultura. Para tratar deste problema, o PNUMA e o Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF) lançaram o Projeto Regional do Danúbio, que tem como um de seus principais objetivos a redução da poluição por nutrientes e agrotóxicos provenientes da agricultura, por meio da implementação de boas práticas que reduzem a aplicação de fertilizantes e evitam que esterco e outros poluentes cheguem aos cursos de água (PNUMA-DRP).

Em níveis nacional e estadual/provincial

Por fim, é importante que os Estados normatizem as práticas agrícolas e estabeleçam limites para poluentes de escoamento superficial. Essas normas devem ser de fácil implementação e fiscalização, prevendo mecanismos de monitoramento e mensuração e aplicação de multas e outras punições em casos de violação. Além de fazer valer a lei, os programas implementados pelos estados podem auxiliar os produtores rurais na adoção de práticas inovadoras por meio da prestação de serviços de assistência técnica e extensão rural. Podem também oferecer incentivos financeiros pela adoção de técnicas agrícolas que consomem menores quantidades de insumos e fornecer subsídios ou crédito para o aprimoramento da infraestrutura e instalação de sistemas de irrigação mais eficientes. Por exemplo, em 1986, a Indonésia proibiu o uso de 57 tipos de inseticidas e eliminou subsídios para agrotóxicos durante um período de dois anos (Kraemer et al., 2001). Essas ações foram acompanhadas por programas de capacitação bem difundidos entre os servidores do governo e os produtores rurais acerca de métodos de manejo biológico de pragas; até 2002, mais de um milhão de produtores rurais havia recebido essa capacitação (PANNA).

Assentamentos humanos

Tradicionalmente, o desenvolvimento urbano e suburbano não levava em consideração os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos naturais. A implantação de assentamentos humanos pode levar à redução da capacidade de recarga de aquíferos pelo fato de provocar a diminuição das áreas de recarga. O aumento das superfícies impermeáveis nas cidades (ruas, telhados, estacionamentos, calçadas) inibe a infiltração de água no solo e provoca enormes escoamentos superficiais urbanos. Essas enxurradas acumulam poluentes à medida que escoam pelas superfícies impermeabilizadas.

O significativo impacto dos escoamentos poluídos sobre a qualidade da água coloca em destaque a relação existente entre os temas da ocupação do solo e da qualidade da água e enfatiza a necessidade de contemplar questões relacionadas com a qualidade da água nas políticas de desenvolvimento urbano e ordenamento do uso do solo. Estratégias de crescimento inteligente, particularmente as que frisam o desenvolvimento de baixo impacto, trazem inúmeros benefícios, inclusive a minimização dos impactos adversos da urbanização na qualidade da água.

O crescimento inteligente é um conceito amplo de ocupação do solo que promove o desenvolvimento planejado, favorecendo a proteção e o melhoramento da saúde pública e ambiental, beneficiando de diversas maneiras a qualidade da água. Por exemplo, construções e comunidades com planta baixa compacta ajudam a preservar terras naturais que conseguem absorver e filtrar águas de escoamento superficial e enxurradas. O crescimento inteligente também propicia escolhas de estilo de vida que reduzem a poluição hídrica, estimulando, por exemplo, caminhadas em vez de deslocamentos de automóvel, e pequenos gramados que exigem menos fertilizantes e agrotóxicos, favorecendo, por fim, a redução da quantidade de poluentes introduzidos em corpos de água pelo escoamento superficial.

O desenvolvimento de baixo impacto (DBI) é uma categoria de crescimento inteligente de especial relevância para a qualidade da água. O DBI é uma abordagem de manejo de águas de escoamento superficial e enxurradas que pode ajudar a minimizar os efeitos negativos da ocupação do solo em áreas urbanas e suburbanas sobre a qualidade da água e a hidrologia natural da bacia. A abordagem depende basicamente do uso de vegetação e de superfícies permeáveis para permitir a infiltração da água no solo, assim reduzindo os volumes potencialmente poluídos de água de escoamento superficial e permitindo a filtração natural através do solo para melhorar a qualidade da água. A abordagem DBI engloba uma gama de estratégias e práticas específicas, incluindo ruas e calçadas permeáveis, telhados “verdes”, cercas vivas e áreas de absorção entre

as pistas de rodagem que, em vez de conduzirem a água diretamente para galerias pluviais, permitem sua infiltração no solo (US EPA, 2000). Instalações que filtram águas de enxurrada através da vegetação e do solo reduzem comprovadamente o total de sólidos em suspensão em até 90 por cento; poluentes orgânicos e óleos em 90 por cento; e metais pesados em mais de 90 por cento (US EPA, 1999).

Algumas regiões urbanizadas alcançaram avanços significativos na projeção e na implementação de soluções inovadoras para o manejo de águas pluviais. A cidade de Portland, no estado de Oregon nos Estados Unidos, por exemplo, vem-se tornando líder na implementação de estratégias de DBI. Em 2007, a Assembleia Municipal da Cidade de Portland adotou a Resolução Ruas Verdes (*Green Streets*), que promove políticas de DBI voltadas para a redução dos volumes de escoamento de águas poluídas e a minimização de sobrecargas de esgoto, evitando assim que essa poluição alcance rios e córregos. Essas políticas acarretam várias vantagens adicionais, pois auxiliam na recarga de águas subterrâneas e ampliam os espaços verdes na área urbana (City of Portland, Oregon, 2009). A prefeitura também atualizou seu código de práticas de construção para facilitar a implementação dessas políticas, estabelecendo normas para implementação de sistemas que evitam que a água da chuva coletada por calhas de telhado siga para as galerias municipais de águas pluviais ou de esgoto, favorecendo sua infiltração no solo e/ou o tratamento das águas de escoamento superficial no local em que acumulam (Portland City Code, Chapter 17.37). A cidade agora incorpora abordagens de “ruas verdes” em todas as novas áreas de expansão urbana, restauração e melhoramento financiadas pelo município de Portland, em conformidade com o *Manual de Manejo de Águas Pluviais*.

O ordenamento do solo urbano passa por constantes reformas; isso significa que há sempre muitas oportunidades para a implementação de estratégias de DBI. Ademais, essas práticas geralmente têm um custo menor que as técnicas tradicionais de manejo de águas pluviais, que exigem a construção e a manutenção de infraestrutura, incluindo meios-fios, sarjetas e galerias subterrâneas (US EPA, 2007). Práticas de DBI podem ainda reduzir os custos de tratamento de águas potencialmente aproveitáveis para o abastecimento de água potável. Uma avaliação desses sistemas, realizada nos Estados Unidos e no Canadá, constatou uma economia com despesas de capital da ordem de 15 a 80 por cento, se comparadas com a infraestrutura tradicional (US EPA, 2007). Mesmo assim, existem muitas barreiras para a utilização de técnicas de DBI, entre elas a falta de conhecimentos técnicos e a existência de regulamentos de zoneamento e manejo de águas pluviais que exigem que as águas das enxurradas sejam concentradas e removidas das vias de rodagem o mais rápido possível.

Tratamento

Se ações voltadas a evitar a entrada de poluição nas fontes de água se comprovam ineficazes ou insuficientes, torna-se então necessário adotar medidas para tratar e melhorar a qualidade da água, visando a torná-la própria para o consumo humano ou outras finalidades. Também é necessário tratar as águas servidas após sua utilização nessas finalidades. As seções a seguir examinam o tratamento da água potável em diferentes escalas, o tratamento da água para outras finalidades e o tratamento de resíduos líquidos domésticos, industriais e agrícolas. Existem soluções tecnológicas para tratar a água até determinado padrão, bem como sistemas ecológicos capazes de purificar e melhorar a qualidade da água. A seguir, são descritas várias soluções para o tratamento de águas residuais e a produção de água potável, fazendo uso desde abordagens de alta tecnologia intensiva em consumo de energia, até sistemas de baixo consumo energético de baixa tecnologia.

Tratamento de água potável

O tratamento da água potável pode ser efetuado em nível municipal, comunitário ou domiciliar, e existem tecnologias de tratamento para cada uma dessas escalas. Nos países desenvolvidos, geralmente, a água potável tratada e encanada é disponibilizada nas residências; já em muitos países em desenvolvimento, esse serviço ainda é bastante limitado, e mesmos nos domicílios servidos por sistemas de abastecimento é preciso tratar a água recebida para torná-la própria para consumo.

Município

As empresas de abastecimento de água potável captam água de diversos tipos de fonte. A água pode ser captada de fontes subterrâneas, rios, lagos, canais, reservatórios, ou mesmo dos mares. Após transportar a água da fonte, a empresa de abastecimento precisa efetuar o tratamento para assegurar sua potabilidade, por meio do melhoramento de suas características físicas, químicas e biológicas.

A purificação da água pode demandar uma série de processos, dependendo da qualidade da fonte. Geralmente, as empresas de abastecimento realizam uma triagem para remover partículas maiores, pré-condicionamento para retificar a dureza (tratar o teor de cálcio) e normalizar o pH; depois, floculação para clarear a água por meio de coagulação e decantação de partículas; e, em seguida, filtração para remover partículas em suspensão e contaminantes microbiológicos. A fase final é a desinfecção que, em nível municipal, envolve o uso de cloro ou desinfetantes à base de cloro (que podem deixar resíduos na torneira) ou ozônio.

Comunidade

Os sistemas de tratamento de água potável também podem ser implementados em nível comunitário. Podem incluir estações de filtragem ou desinfecção, montadas em escala comunitária, para fornecer água potável segura de fontes locais. Um exemplo é o modelo da *Water Health International*, pelo qual a água é filtrada e desinfetada utilizando tecnologia ultravioleta. A água processada por esse método pode então ser comercializada para uso residencial ou comercial, como água potável para consumo humano, ou para uso em processos comerciais. Algumas comunidades contratam esse sistema por meio de um depósito para a instalação do Centro Water Health e do pagamento mensal pela água consumida. Cada centro é projetado para abastecer, em média, uma comunidade de 3.000 residentes com até 20 litros de água potável por pessoa, por dia. Na Índia, a Water Health International, por meio de um projeto de US\$ 15 milhões financiado pela IFC [ramo comercial do Banco Mundial] está disponibilizando sistemas de purificação descentralizada de água para 600 comunidades e está também desenvolvendo projetos no México, nas Filipinas e no Sri Lanka.

Intervenções de nível comunitário para abastecimento de água potável purificada podem ser implementadas em situações de emergência e durante cenários de transição. No Iraque, projetos-piloto do PNUMA-IETC produziram água potável a partir de fontes de água salobra proveniente de pântanos, por meio da instalação de unidades de osmose reversa de baixa pressão em seis comunidades. Outras abordagens testadas incluem: energia fotovoltaica ampliada para distribuição de água em nível comunitário; e ensaios-piloto com destiladores de água movidos a energia solar (PNUMA 2009).

Domicílios

Durante a última década, o tratamento de água potável em nível domiciliar vem ganhando espaço. Mesmo reconhecendo que, idealmente, toda pessoa deve ter acesso à água potável segura, a partir de uma torneira no seu domicílio, há uma demanda crescente por estratégias que garantam a qualidade da água potável por meio do tratamento e da armazenagem em nível domiciliar.

A Tabela 3 apresenta uma estimativa, elaborada pela OMS, da eficácia de diferentes intervenções na redução de índices de morbidade causada por diarreia. O tratamento prévio da água no local de uso ou no domicílio – por meio de desinfecção por UV, cloro ou fervura – é considerado uma forma efetiva de redução de índices de morbidade causada por diarreia, e novas análises destacam a importância de melhorar a qualidade da água para melhorar a saúde. Diversas estratégias já estão sendo utilizadas para efetuar o tratamento da água domiciliar no local, desde os sistemas de baixo custo e de pequena escala de desinfecção por cloro, filtros de

barro, produtos de floculação/desinfecção, desinfecção solar e fervura da água em casa, até aqueles caríssimos, utilizando sistemas de osmose reversa que, dependendo do tipo, podem exigir grande consumo de energia ou de água.

Ao invés de garantir a segurança da água para municípios, regiões ou vilarejos, esses sistemas no local de consumo (*point-of-use*) resolvem o problema de acesso à água segura apenas em nível do usuário individual. Essa abordagem deixa por conta das forças do mercado a distribuição, diretamente ao consumidor final, de opções de purificação da água, sem depender de empresas, comunidades, municípios ou de uma agência de abastecimento centralizado. Por exemplo, os Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), a Population Services International e outros grupos públicos e privados desenvolveram um Sistema de Água Segura que utiliza uma solução de desinfecção por cloro, já distribuído em 19 países em 5 continentes. Em Burkina Faso, os CDC, o Ministério da Saúde e outros parceiros se juntaram para realizar uma campanha de *marketing* social, de mídia e de distribuição. Nos primeiros dois meses da campanha, segundo informações do sítio do projeto CDC, foram comercializadas 4.000 garrafas do produto local. Outro sistema, denominado PuR Water, distribui sachês que desinfetam a água potável no local de consumo por meio de um processo de minifloculação.

Em algumas regiões, como Índia, por exemplo, é de suma importância prover serviços de purificação de água no local para atrair pessoas a áreas que carecem de sistemas adequados de água potável encanada. Nessas áreas, empreendedores imobiliários e empresas de construção estão instalando pequenas unidades de osmose reversa (OR). Geralmente, as incorporadoras em áreas urbanas que instalam o serviço de abastecimento de água potável deixam a responsabilidade pela manutenção das unidades de osmose reversa e estações de tratamento de efluentes para empresas terceirizadas, ou comercializam estes serviços como parte do pacote de aquisição do imóvel, a ser administrado pelas associações de moradores mediante pagamento de mensalidades.

Tabela 3. Efetividade de várias intervenções na redução da morbidade por diarreia. Fonte: WHO 2004

Intervenção	Porcentagem de redução da morbidade por diarreia
Ações educativas de higiene	45 por cento
Tratamento de água no local de uso	35-39 por cento
Melhorias de saneamento	32 por cento
Melhorias de abastecimento de água	6-25 por cento

Tratamento para outras finalidades

Uso agrícola

A água empregada na agricultura pode ser de qualidade bem inferior à de água potável ou àquela empregada para usos industriais. No entanto, em alguns casos a água pode passar por tratamento utilizando técnicas tradicionais como as descritas na seção sobre água potável municipal, ou por meio de biorremediação. Cada vez mais, as áreas agrícolas estão recorrendo a águas servidas recicladas como nova fonte resistente a secas. Em alguns países, foram instituídos regulamentos para assegurar que a água reciclada é segura para usos agrícolas. Preocupações quanto a escassez de água na Jordânia impulsionaram a implementação de um Projeto de Reaproveitamento de Água (WRIP na sigla em inglês) de 2002-2004, que realizou projetos demonstrativos, respondendo a inquietações do público, por meio de campanhas de conscientização, e ao desenvolvimento de unidades de reaproveitamento multiagenciais. Ademais, atividades agrofloreais sustentáveis são cada vez mais percebidas como estratégias de proteção de mananciais, por serem formas extensivas de ocupação da terra que facultam a permeabilidade do solo e permitem a recarga de aquíferos, sendo bem menos prejudiciais para a hidrologia natural que a expansão de áreas urbanas. É, no entanto, imprescindível que os insumos químicos sejam minimizados para evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Usos industriais

Em muitos casos, as indústrias requerem água de determinada qualidade como insumo essencial de seus processos produtivos. Para tanto, instalam unidades de purificação para alcançar os níveis de qualidade básica necessários para a produção de uma gama de produtos, tais como medicamentos, componentes de computadores, produtos químicos de alta qualidade, alimentos processados e outros. Métodos de purificação da água empregados pelas indústrias incluem os processos biológicos, físicos e químicos descritos na seção referente ao tratamento municipal de água potável. Algumas indústrias precisam de água com níveis específicos de alcalinidade ou de água destilada e podem proceder com processos de tratamento específicos para converter águas superficiais, subterrâneas ou abastecidas pelo município para alcançar a qualidade necessária para seus processos específicos. Em algumas áreas do mundo onde a água potável de qualidade é escassa, as indústrias podem utilizar efluentes tratados provenientes de estações de tratamento de águas servidas municipais, que muitas vezes são de qualidade superior às outras fontes de águas superficiais ou subterrâneas disponíveis.

Tratamento de efluentes

O tratamento de efluentes pode ser realizado por meio de sistemas centralizados em nível municipal (isto é, grandes sistemas que tratam águas servidas de muitos usuários em um único local) ou por sistemas descentralizados (isto é, que efetuam o tratamento para uma única residência, empresa ou pequeno grupo de usuários individualizados). Sistemas centralizados normalmente efetuam lançamentos nas águas superficiais; enquanto sistemas descentralizados podem produzir água para reaproveitamento no local, ser lançada no solo ou nas águas superficiais, ou passarem por tratamentos adicionais, conforme necessário. Tradicionalmente, o tratamento de efluentes urbanos em países industrializados é realizado em unidades centralizadas. Normalmente, efluentes industriais são tratados no local, mas quantidades limitadas podem ser encaminhadas para sistemas municipais centralizados. Em muitas partes do mundo, especialmente nos países em desenvolvimento, os sistemas centralizados são insuficientes, pouco confiáveis, ou simplesmente inexistentes e os efluentes de muitas comunidades locais são simplesmente despejados diretamente nos cursos de água. Mais de 80 por cento do esgoto produzido nos países em desenvolvimento é lançado sem qualquer tratamento em corpos de água receptores (UN WWAP, 2009). As quantidades de coliforme fecal nos rios da Ásia estão 50 vezes acima do teor aceitável de acordo com diretrizes da OMS (PNUMA, 2000).

Existe uma tendência crescente a favor do tratamento descentralizado de efluentes. Sistemas descentralizados muitas vezes oferecem uma alternativa mais barata em relação a sistemas centralizados; contudo, tendem a ser mal projetados, passam por menos supervisão e podem representar grande fonte de contaminação de águas subterrâneas caso não efetuem o tratar de efluentes de forma adequada.

Tratamento de efluentes domésticos

Municipal

Efluentes municipais consistem de líquidos transportados por resíduos humanos de privadas, lavatórios, cozinhas e outros usos tipicamente domiciliares. Incluem águas servidas comerciais e alguns efluentes industriais. A qualidade da água residual é comprometida física (cor, odor, temperatura etc.), química (bioquímica, demanda de oxigênio, carbono orgânico total etc.) e biologicamente (contaminantes microbiológicos como coliformes, agentes patogênicos, vírus). Para tratar esses parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água, utilizam-se processos que geram dois fluxos de saída: uma de efluente tratada e a outra de resíduo sólido ou lodo.

Tecnologias físicas de tratamento de água funcionam por meio da filtração de contaminantes dos efluentes ou simplesmente destruindo tais contaminantes, utilizando sistemas mecânicos. A filtração geralmente envolve a passagem de águas contaminadas por grades finas ou usando sistemas de osmose reversa, que separa as partículas contaminantes mais finas da água. O processo de deixar sólidos em suspensão decantarem para o fundo de uma área de retenção (processo conhecido como sedimentação) é utilizado para permitir a remoção mais fácil de contaminantes. É possível, também, a utilização de meios mecânicos para misturar a água e promover a coagulação que também facilita a subsequente remoção de contaminantes por filtração ou processos de decantação. A fervura, a incineração e a irradiação são também considerados métodos físicos para a desinfecção de efluentes (isto é, remoção ou neutralização de determinados agentes patogênicos).

Tecnologias químicas de tratamento de água funcionam por meio da introdução de componentes químicos que fragmentam, neutralizam, ou agregam contaminantes. Soluções químicas são capazes de “limpar” pequenas partículas poluentes – nutrientes como nitratos e fosfatos e micro-organismos – de efluentes não capturados usando métodos físicos de tratamento. Tratamentos químicos muitas vezes empregam a desinfecção ou a coagulação/floculação para limpar efluentes. Desinfecção é o tratamento de efluentes, usando produtos químicos para destruir agentes patogênicos.

Historicamente, o agente desinfetante mais comum no tratamento de água é o cloro; contudo, diversos outros produtos químicos, como sais de alumínio e de ferro, ozônio e luz ultravioleta, podem ser utilizados. Coagulação e floculação é o processo de desestabilizar partículas para permitir que se vinculem com contaminantes menores para formar agregados maiores que são mais fáceis de separar fisicamente.

Soluções biológicas utilizam processos naturais de organismos vivos – micróbios ou plantas – no tratamento de efluentes. Por exemplo, filtros biológicos consistem de um leito fixo de materiais, como pedra, turfa orgânica ou espuma de poliuretano, coberto com um filme de textura microbiana que limpa contaminantes por meio de absorção e adsorção. Métodos de lodo ativado utilizam micro-organismos para converter carbono encontrado nos efluentes em gás carbônico e água, ou para ajustar níveis de nitrogênio. Cada vez mais, sistemas de tratamento de efluentes incorporam “terras úmidas construídas”, que utilizam sistemas vegetais para desagregar contaminantes antes de serem lançados em um corpo de água natural.



© MEENA PALANIAPPAN

Comunidade

Em muitos locais, inexistem sistemas de coleta de tratamento de esgoto sanitário municipal. A falta desses sistemas de coleta de tratamento de esgoto sanitário municipal é especialmente notável quando a distribuição de populações suburbanas, periféricas ou rurais é muito dispersa. A falta de densidade faz que a coleta, o transporte e o tratamento centralizado de efluentes se torne mais difícil. A falta de tratamento municipal em muitas áreas do mundo em desenvolvimento ocorre essencialmente por falta de recursos e investimentos governamentais.

Em se tratando de assentamentos menos densos, ou aqueles que carecem de conexões com sistemas centralizados de saneamento, sistemas comunitários podem ser a solução para o tratamento de efluentes antes de seu lançamento em corpos de águas superficiais. Sistemas de tratamento de efluentes comunitários se baseiam nos mesmos princípios dos sistemas centralizados (tratamento físico, químico e biológico) recriados em uma escala menor.

A participação de sistemas localizados ou de circuito fechado no setor de abastecimento de água potável e de tratamento de efluentes é pequena, porém crescente. Esses sistemas variam em forma e função, podendo ser sistemas de baixo consumo de energia e baixo custo para captação, armazenagem, desinfecção e tratamento de resíduos.

Exemplos desses incluem abordagens de ecossaneamento e tradicionais de fossas sépticas. Existem também sistemas localizados de alto custo e intensivos em consumo de energia, como as miniunidades convencionais de purificação de água (por exemplo, as que utilizem osmose reversa ou tecnologias ultravioleta) e estações de tratamento de efluentes (como biorreatores de membrana).

Ao mesmo tempo, avanços tecnológicos estão reduzindo as deseconomias de escala associados a sistemas de menor porte.

Biorreatores de membrana podem disponibilizar o tratamento de alta qualidade a um menor custo em escala bem menor que antes, e a microfiltração, a osmose reversa, a eletrodialise e as tecnologias avançadas possibilitam o tratamento de fluxos pequenos e intermitentes de água que não são passíveis de tratamento por meio de processos biológicos como lodo ativado ou biorreatores de membrana.

O tratamento descentralizado de efluentes é promovido por várias agências de desenvolvimento. Por exemplo, o método de tratamento descentralizado de efluentes, denominado Dewats, é também conhecido como ecossaneamento “molhado”. Dewats fornece uma série de módulos para obter água terciária tratada de qualidade – por meio de sedimentação, reatores compartimentados, filtros anaeróbicos e lagoas de polimento – usando relativamente

pouca energia. O sistema Dewats é cada vez mais utilizado em áreas urbanas periféricas e em empresas de pequeno ou médio porte, especialmente em áreas que tradicionalmente usam água nas latrinas. Dewats é bastante difundido na Índia, no Sudeste Asiático e, mais recentemente, na África.

A aplicação de abordagens de fitotecnologia, tais como terras úmidas artificialmente construídas, pode ser adotada para escoamento superficial de águas pluviais e tratamento de esgoto doméstico. Essas abordagens podem atuar como tampão contra os efeitos de grandes quantidades de águas pluviais, enquanto, ao mesmo tempo, retêm, transformam, acumulam e/ou absorvem certos compostos tóxicos que têm origem em superfícies impermeáveis. Esse tipo de abordagem mostrou-se eficaz no sistema de purificação do Rio Akanoi, projetado para auxiliar na melhoria da qualidade da água do Lago Biwa (Japão) pelo tratamento de águas pluviais e de escoamento superficial agrícola; como também no tratamento localizado de águas servidas urbanas e de sistemas de terras úmidas em Huaxin, cidade de Xangai, na China.

Diversas empresas privadas, hoje, oferecem tratamento convencional de água e efluentes em pequena escala. Cada vez mais, as economias emergentes exigem tratamento no local de efluentes, ao invés de permitir conexão com sistemas centralizados já sobrecarregados. A nova legislação da Índia exige que todos os grandes geradores de efluentes tratem todos os seus resíduos no local. Isso gerou uma proliferação na oferta de prestadores de serviços que projetam e desenvolvem unidades de abastecimento de água e de tratamento de efluentes para prédios de escritórios, apartamentos e outros usuários.

Construtoras e incorporadoras imobiliárias em diversas cidades nos países de economias emergentes relatam que estão integrando os sistemas de tratamento de efluentes e de tratamento de água nos prédios residenciais por exigência dos compradores, especialmente nas áreas urbanas de regiões em que a água é mais escassa. Apesar da implantação de um minissistema convencional de tratamento de efluentes ter um custo aparentemente elevado, o valor é inferior a um quinto do preço da água fornecida por caminhões-pipa ou de outras fontes. Efluentes tratados podem ser aproveitados para uso em jardins, para descarga de toaletes e para a recarga de águas subterrâneas.

Há uma tendência crescente em áreas periurbanas e rurais dos países em desenvolvimento e emergentes, bem como em áreas de ocupação nova nos países desenvolvidos, de optar por sistemas alternativos que não os convencionais de abastecimento de água e tratamento de esgoto sanitário municipais. Sistemas de pequena escala podem ser mais eficientes em termos energéticos, demandar menos manutenção (se projetados com base nos sistemas Ecosan ou Dewats) e incorrerem menores custos para

instalação de tubulações do que um sistema centralizado que abranja distâncias maiores. No entanto, sistemas de pequena escala muitas vezes exigem mais espaço e podem não ser os mais adequados para áreas urbanas de povoamento mais denso.

Tais sistemas podem reduzir a pressão sobre sistemas centralizados de abastecimento de água e diminuir a necessidade de expandir as redes; contudo, complicam os mecanismos regulatórios tradicionais, pois levam a uma situação em que a água potável e a água para outras finalidades (descargas de toaletes e irrigação paisagística) provêm de diferentes fontes, e o tratamento e a disposição final de resíduos ocorrem em diversos locais.

Domicílios

Efluentes domésticos podem muitas vezes ser tratados localmente. Por questões de saúde pública, essa forma de tratamento é mais apropriada em áreas rurais ou em assentamentos dispersos. Esse tratamento pode ser efetuado com toaletes seco ou molhado. Fossas sépticas oferecem um método comum de tratamento domiciliar de efluentes provenientes de toaletes de descarga. Uma fossa séptica é uma câmara impermeável na qual efluentes domiciliares (tanto água negra do toaletes quanto água cinza do banho, da pia e da lavanderia) são depositados. Duas câmaras servem para decantar os sólidos e propiciar processos anaeróbicos que decompõem os sólidos e a matéria orgânica. O tratamento nessas câmaras é incompleto, e o lodo acumulado precisa ser periodicamente removido e seco.

Existem diversos tipos de sistemas de toaletes seco (Morgan, 2007; Mara, 1984; Jah, 2005). Entre estes, há toaletes rasos em que, após um curto período de uso, uma árvore é plantada (*Arborloo*); e toaletes de compostagem profunda, dos quais material húmico é reaproveitado na horticultura. O conceito geral por trás destes toaletes compõe o modelo de ecossaneamento. Ecossaneamento, um método promovido por diversas agências de desenvolvimento, inclusive Stockholm Environment Institute (SEI) e Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), baseia-se no conceito de fechar o circuito de nutrientes em saneamento, distanciando-se de abordagens convencionais de saneamento que dependem da água. O modelo tradicional de saneamento foi desenvolvido em países ricos em recursos hídricos, que muitas vezes não se adéqua às realidades de países que enfrentam escassez de água. Ademais, uma das premissas centrais do ecossaneamento é que o excremento humano contém valiosos nutrientes que, desde que manuseados corretamente, podem auxiliar na conquista da segurança alimentar.

Ecossaneamento envolve a separação da urina da matéria fecal, aplicando urina estéril diretamente nas plantas,

e a compostagem de matéria fecal (principalmente secagem) até que se torne segura a sua aplicação na terra. Esse método é frequentemente empregado em conjunto com blocos de toaletes comunitário, em áreas com lençóis freáticos elevados e em áreas (periurbanas e rurais) nas quais não há sistema de esgoto sanitário. É uma abordagem muito utilizada na Índia, na China, na Suécia, na África e em partes da Europa Oriental. Instalações de ecossaneamento estão se proliferando rapidamente na China e na Índia e ambos os países têm escritórios de ecossaneamento. Na Província de Guangxi, na China, existe um projeto de grande vulto financiado pelo UNICEF, pela SIDA e pela Cruz Vermelha que está sendo implementado pela ONG local Jui San Society e por comitês locais de saúde pública desde 1997. O projeto abrangia 17 províncias (em 2003) e resultou na instalação de 685.000 novos toaletes de ecossaneamento (GTZ, 2005).

Tratamento de efluentes industriais

Processos industriais podem gerar quantidades significativas de águas servidas. Quando não é possível evitar a geração de tais efluentes ou quando não podem ser reciclados no local, é necessário que sejam tratados antes da sua disposição final. Normas a respeito da qualidade de efluentes industriais estão em vigor em várias partes do mundo, contudo, em muitas locais, não são devidamente aplicadas e fiscalizadas. Em alguns casos, se os efluentes industriais não forem perigosos, podem ser tratados pela estação de tratamento municipal. Em casos em que a qualidade da água do efluente industrial líquido é altamente degradada ou tóxica, o proprietário da unidade industrial deve ser responsabilizado pela remoção de poluentes da água antes do seu lançamento e pela disposição final de lodo perigoso. Dispositivos utilizados em estações de tratamento municipais podem ser usados também em escala industrial; por exemplo, operadores ou proprietários de unidades industriais que gerem efluentes com misturas de óleo e água devem adquirir equipamentos como separadores de óleo, evaporadores de resíduos e unidades de osmose reversa.

Processos de lodo ativado, ou filtros biológicos, podem ser úteis para mitigar os efeitos de contaminação microbiana. Solventes, tintas, produtos farmacêuticos, agrotóxicos e produtos orgânicos sintéticos podem dificultar o processo de tratamento de efluentes e a meta deve ser reduzir ou eliminar o uso desses produtos, ou assegurar um método de disposição final que não dependa da água. Entre os métodos de tratar produtos sintéticos orgânicos há o processamento de oxidação avançada, a destilação, a adsorção, a vitrificação e a incineração. Muitos materiais orgânicos tóxicos e metais pesados como cádmio, cromo, zinco, prata, tálio, arsênio e selênio também são de difícil tratamento nos efluentes industriais.

Tratamento de efluentes agrícolas

Em muitos casos, efluentes agrícolas, ou águas de escoamento superficial, são captados para serem reaproveitados ou descartados; águas de qualidade extremamente baixa podem ter de passar por tratamento antes de ser reaproveitadas ou descartadas. Normalmente, recorre-se a opções de tratamento menos intensivo porque a qualidade da água não precisa atender a padrões de potabilidade exigidos para que possa ser reaplicada no campo ou lançada em um corpo de água. A biorremediação é uma forma de tratamento pela qual plantas, micro-organismos, fungos ou suas enzimas são utilizados para filtrar e remover contaminantes das águas poluídas. Na Nicarágua, por exemplo, produtores rurais estão experimentando com cultivos tolerantes ao sal que reduzem a salinidade de efluentes agrícolas, o que é normalmente muito difícil de se fazer sem uso de processos caros e intensivos em energia como osmose reversa. O tratamento por terras úmidas é outra opção de grande utilidade para a remoção de nitratos, componentes muito comuns na água de escoamento superficial agrícola, pois as terras úmidas criam ambientes anóxicos que favorecem a desnitrificação.

Restauração ecológica e eco-hidrológica

A humanidade modificou radicalmente o planeta, alterando o clima, desviando grande porcentagem da água doce disponível, dobrando a taxa de fixação de nitrogênio e transformando os contornos da terra e descaracterizando os *habitats* florestais, várzeas, prados e deltas em terras agrícolas e cidades. Essas e outras alterações antrópicas provocaram degradação da superfície terrestre e de ecossistemas de água doce e marinhos; prejudicaram a saúde de ecossistemas e as funções que desempenham; e causaram taxas de extinção estimadas em 100 a 1.000 maiores que na era pré-humana (Chapin et al, 2000). Durante a última metade do século XX, o reconhecimento destes impactos aumentou bastante e hoje há cada vez mais esforços empreendidos para proteger e restaurar *habitats* e ecossistemas degradados e ameaçados em todo o mundo.

A Sociedade para a Restauração Ecológica Internacional (SER) afirma que “a restauração ecológica é o processo de assistir na recuperação de um ecossistema que sofreu degradação, danos ou destruição” (SER, 2004). O processo da restauração busca identificar um conjunto de condições históricas e a sua trajetória natural de desenvolvimento evolucionário e recolocar o ecossistema nesta trajetória. Tais esforços exigem um bom entendimento das condições históricas e de ecossistemas comparáveis, um compromisso de longo prazo para com a disponibilização dos recursos necessários e, geralmente, monitoramento intensivo e gestão. Mesmo reunindo todos

esses elementos, esforços de restauração podem ser prejudicados ou mesmo aniquilados caso haja alterações mais contundentes na bacia hidrográfica ou na região, ou caso careçam do apoio e do envolvimento da comunidade local (SER, 2004).

Projetos para restauração de fontes de água doce podem ser de natureza simples, como a remoção de uma barragem a montante e a recriação do leito natural do rio para restaurar a hidrografia que prevalecia antes da intervenção, a devolução de sedimentos e nutrientes ao sistema, a restauração de condições de temperatura da água históricas e o fomento à migração e à competição de espécies nativas em sistemas dinâmicos para os quais são adaptadas. Dependendo do porte do rio e das demandas a jusante, a remoção de uma barragem pode ser um processo de custo relativamente baixo. Por exemplo, o projeto de demolição da barragem Brownsville no Vale Willamette, nos Estados Unidos, retirou um barramento de 33,5 metros de largura que interrompia o fluxo do Rio Calapooia a um custo de US\$ 860 mil, assim restaurando mais de 60 km de *habitat* ocupado por diversas espécies ameaçadas, inclusive salmões das espécies Chinook de primavera (*Oncorhynchus tshawytscha*) e Steelhead de inverno (*O. mykiss*).

Em muitos casos, a restauração de processos naturais, como os fluxos naturais de um rio, simplesmente não é viável. Em outros casos, os esforços de restauração buscam replicar as estruturas e as funções de ecossistemas naturais de água doce por meio da instalação de obras construídas, como canais e comportas; no entanto, esses, em geral, não conseguem proporcionar os benefícios gerados por sistemas naturais. Terras úmidas construídas, por exemplo, podem imitar algumas das funções e serviços de ecossistemas naturais, mas raramente conseguem ter um desempenho tão saudável quanto terras úmidas naturais (MA, 2005a).

No entanto, muitos dos fatores que degradam a qualidade da água em ecossistemas de água doce podem ser monitorados ou gerenciados para melhorar a salubridade do ecossistema. Existe, inclusive, uma consciência cada vez maior de que ignorar os impactos da poluição gera, a longo prazo, custos muito mais elevados que as medidas de remediação a curto prazo (UN WWAP, 2009). Esse consciência emergente já produziu alguns avanços. Por exemplo, a proibição de certos agrotóxicos já está em vigor em muitas regiões, o que tem gerado melhorias demonstráveis na qualidade da água e da salubridade dos ecossistemas (Carr e Neary, 2008).

Historicamente, os custos da poluição foram externalizados. Poluidores simplesmente lançavam contaminantes em cursos de água de domínio público, repassando, assim, os custos para o meio ambiente, o público em geral e as gerações futuras. Muitos dos

esforços para tratar e reduzir a poluição buscam obrigar os poluidores a internalizar tais custos.

Diversos benefícios afluem desses esforços. É, reconhecidamente, muito menos oneroso controlar a poluição na fonte que remediar seus efeitos a jusante ou restaurar ecossistemas danificados e degradados. No caso de alguns recursos degradados, por exemplo aquíferos contaminados, a restauração é simplesmente inviável, o que torna imperativo controlar ou eliminar contaminantes antes de seu lançamento. Entre os instrumentos disponíveis para obrigar poluidores a arcar com custos dessa natureza estão regulamentos, fiscalização, pressão pública e, em certos casos, incentivos fiscais (UN WWAP, 2009).

O requisito básico para o sucesso de ações de restauração efetivas é uma clara identificação das condições existentes e dos problemas que acometem o recurso a ser restaurado. A pesquisa inicial pode ser dispendiosa e tecnicamente complexa, mas é um passo essencial para o êxito futuro do projeto. Como pré-requisitos para formulação de laudos técnicos, o processo engloba: coleta e análise de dados, definição das condições existentes e fatores de distúrbio, comparativos com as condições desejadas ou de referência, análise dos impactos de práticas de gestão atualmente em vigor. Essas etapas estabelecem as bases para a formulação de um conjunto de condições futuras desejadas, a identificação da escala e as considerações, apontando os objetivos e as limitações da restauração e a definição de metas e objetivos. Somente após a elaboração de amplo diagnóstico dos problemas e da definição de objetivos torna-se possível a implementação das ações de restauração, a serem seguida por ações de monitoramento, avaliação e gestão adaptativa (FISCRWG, 1998).

Mesmo em países em desenvolvimento, os custos gerados pela deterioração da qualidade da água são muito superiores aos custos de esforços para remediar a qualidade da água. Esforços para restaurar o Rio Nairóbi e o Lago Victoria proporcionam lições gerais a respeito de restauração de águas superficiais, conforme mostrado no estudo de caso a seguir.

Eco-hidrologia

Já existem abordagens consagradas que podem ser utilizadas para tratar da poluição de fontes localizadas ou difusas, no âmbito de bacia hidrográfica, por meio da aplicação de eco-hidrologia e fitotecnologia. Essas abordagens baseiam-se no entendimento dos inter-relacionamentos entre processos ecológicos do ciclo das águas e sua captação e apoiam o papel de processos

ecossistêmicos na melhoria da qualidade da água. A articulação dessa abordagem com as capacidades sociais e econômicas existentes em determinada região por meio do envolvimento de todos os usuários de água pela criação de um comitê de gestão da bacia hidrográfica é o elemento fundamental para o encontro de soluções sistêmicas que incorporam elementos ambientais e sociais.

A quantidade e a qualidade da água em determinada região são condicionados não só por fatores climáticos, mas também por fatores bióticos. A eco-hidrologia integra conhecimentos da hidrologia e da ecologia para criar uma abordagem mais holística para entendimento e gestão de sistemas de água doce.

A eco-hidrologia considera as inter-relações entre, de um lado, a bacia de captação – como o gabarito da dinâmica das águas e dos nutrientes – e, do outro, a modificação de *habitats* e processos biológicos, desde a sucessão ecológica e produtividade biológica, até a circulação de nutrientes no ciclo microbiano (Wagner e Zalewski, 2009).

O conceito foi inicialmente introduzido pelo Programa Hidrológico Internacional da Organização para a Educação, a Ciência e a Cultura das Nações Unidas (UNESCO) como abordagem de gestão em resposta à falta de resultados positivos das estratégias tradicionais de gestão de enchentes, qualidade da água e controle de erosão

Estudo de caso

Projeto de Restauração da Bacia Hidrográfica do Rio Nairóbi

O Programa da Bacia Rio Nairóbi é uma iniciativa conjunta do governo do Quênia, PNUMA, UN-Habitat, PNUD, do setor privado e da sociedade civil que objetiva a restauração do ecossistema fluvial e a criação de condições mais saudáveis de vida para a população da cidade de Nairóbi (PNUMA-ROA). O programa tem quatro objetivos principais: demonstrar como fatores industriais e socioeconômicos contribuem para a poluição do Rio Nairóbi; ampliar o acesso à informação e à consciência necessárias para abordar essas questões; aumentar a capacidade das partes interessadas para enfrentar o desafio da qualidade da água; e melhorar a qualidade geral da água e do meio ambiente em toda a bacia (PNUMA-ROA).

Vinte quilômetros a montante da cidade de Nairóbi, nos seus mananciais no pântano Ondiri em Kikuyu, a qualidade da água do Rio Nairóbi é considerada própria para consumo humano e irrigação. Ao cruzar a cidade de Nairóbi, no entanto, o rio é poluído por resíduos humanos, municipais e industriais. Essa poluição tem potencial para provocar surtos de cólera, e febre tifoide, amebíase e diarreia, bem como eutrofização e diminuição da biodiversidade do rio (PNUMA-ROA).

O Programa da Bacia Rio Nairóbi investigou as fontes de poluição e encontrou uma gama de fatores subsidiários à má condição do rio, inclusive infraestrutura de saneamento rompida, fontes de contaminação por produtos agroquímicos e petroquímicos, além dos fatores anteriormente relacionados. O programa

procurou tratar estes problemas de forma a não apenas reduzir a poluição, mas também educar e estimular as comunidades locais a protegerem a qualidade da água. Foi lançado um projeto demonstrativo para mostrar a importância do saneamento e da disposição final de resíduos em uma comunidade ribeirinha, técnicas de gestão de terras úmidas construídas foram implementadas para melhorar a qualidade da água, lagos de purificação de água com aguapés foram construídos para demonstrar que a planta pode ser utilizada para a purificação da água, para a produção de papel e outros produtos artesanais. Uma avaliação posterior concluiu que os projetos-piloto comunitários que demonstraram o valor de práticas de gestão de saneamento e resíduos, por transmitirem informações e estimular a participação da comunidade, foram os de maior valor (PNUMA-ROA). O grande interesse gerado pelo programa também estimulou a participação do setor privado em ações de restauração e reabilitação de ecossistemas (PNUMA-ROA).

As lições do projeto foram muitas. Demoras no desembolso de recursos atrasaram a implementação do projeto, que começou antes de asseguradas as fontes de financiamento e sem que a fase de planejamento estivesse concluída, assim exacerbando os atrasos e desanimando os participantes. A articulação entre parceiros não foi adequadamente documentada, o que criou desentendimentos e demoras (PNUMA-ROA).

Projeto de Restauração do Lago Victoria



© JOSHUA WANJANA DREAMSTIME.COM

Localização: Tanzânia (49 por cento), Uganda (45 por cento), Quênia (6 por cento)

Fato-chave: antes caracterizado por enorme biodiversidade

Elevação: 1.135m

Área de superfície: 69.500km²

Volume: 2.750km³

Bacia hidrográfica: 184 milkm²

Profundidade: média 40m, máxima ~84m

Antes da década de 1950, o Lago Victoria abrigava uma das populações pesqueiras mais diversas do mundo, com o número de espécies estimado em mais de 500. Naquela época, cerca de 90 por cento dos peixes em termos de espécies e 80 por cento em termos de biomassa eram cílideos (*Haplochromis spp.*). Com intuito de aumentar a produção comercial de pescados, na década de 1950, peixes da espécie perca do nilo (*Lates niloticus*) foram introduzidos no lago. A população de percas do nilo, um predador voraz que pode chegar a mais de 100kg, aumentou rapidamente em detrimento dos cílideos nativos. Atualmente, mais da metade das espécies de cílideos nativos foram extintos ou estão ameaçados de extinção iminente.

Na década de 1980, cerca de 70 por cento do pescado capturado no lago era perca do nilo.

O aumento de sedimentos e de cargas nutrientes, agregados a outros poluentes, provocou o surgimento de afloramentos de algas e diminuição das concentrações de oxigênio no lago que, por sua vez, ameaçou a sustentabilidade da pesca de perca do nilo

e, potencialmente, do ecossistema do lago como um todo (Revenge et al., 2000). Mudanças no uso do solo, incluindo o desmatamento impulsionado em parte pela necessidade de obter lenha para a secagem da carne oleosa da perca do nilo apresentam grandes ameaças à bacia. O uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos nas propriedades rurais da bacia aumentam as cargas contaminantes que escoam para o lago.

Existem diversos esforços de restauração em andamento na bacia, vários dos quais buscam conscientizar a população local a respeito das condições ecológicas e de boas práticas de gestão ambiental (WLVARC, 2007). A ONG local OSIENALA (Amigos do Lago Victoria) possui uma estação de rádio – a Radio Lago Victoria – que divulga informações sobre uma diversidade de temas econômicos, saúde e meio ambiente em toda a região. A missão dessa organização é aumentar a consciência sobre a importância do lago e a respeito de sua restauração (sítio da OSIENALA).

O Projeto de Gestão Ambiental do Lago Victoria, outra ação de restauração, é um programa de desenvolvimento regional financiado pelo Banco Mundial e pelo Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF) direcionado para a estabilização do ecossistema do lago e para torná-lo uma fonte sustentável de alimento, de água potável segura e de renda, com um ambiente livre de doenças. O projeto está sendo implementado conjuntamente pela República do Quênia, República Unida da Tanzânia e a República de Uganda (IW LEARN LVEM). Lançada em 1994, a primeira fase do projeto incluiu ações de monitoramento, voltadas para determinar os principais problemas afetando o lago, e programas-piloto direcionados à sua solução. A segunda fase do projeto, atualmente em andamento, procura enfrentar as ameaças sofridas pelo lago, inclusive por meio de iniciativas que apoiam a produção limpa em toda a bacia pela criação de Centros Nacionais de Produção Limpa estabelecidos em cada um dos países (KNCPC).

Essas ações já empreendidas têm conseguido ampliar a consciência entre a população local e aumentar a sua capacidade de abordar os problemas de qualidade da água e outros que acometem o lago, porém ainda é cedo para determinar se serão traduzidas em uma restauração bem-sucedida do ecossistema do lago.

(Zalewski et al., 1997). A abordagem eco-hidrológica baseia-se em três princípios: consideração do ciclo hidrológico como ponto de partida para identificação de ameaças e oportunidades (princípio hidrológico); melhoria da resistência dos ecossistemas por meio de melhor entendimento da base evolucionária (princípio ecológico); e criação de elementos de reforço mútuo de componentes hidrológicos e ecológicos do ecossistema para fortalecer sua resistência (princípio de engenharia ecológica) (Wagner e Zalewski, 2009). A aplicação desses princípios pode resultar em redução das ameaças relacionadas à água e à segurança humana, por reduzir os riscos de inundação com o aumento da capacidade de retenção do solo e da permeabilidade da paisagem, ou por meio da melhoria da qualidade da água com a criação de terras úmidas que evitam o ingresso de poluentes nos cursos de água. Ademais, a abordagem eco-hidrológica muitas vezes pode gerar benefícios adicionais, tais como a ampliação de oportunidades recreativas, melhorando aspectos estéticos em áreas urbanas, ou criando novas oportunidades econômicas (*Habitats Aquáticos*, UNESCO). Abordagens eco-hidrológicas existem em todo o mundo. Seguem-se três exemplos: Polônia, Iraque e Japão.

Abordagens eco-hidrológicas comprovaram-se como formas efetivas de gerenciar e restaurar a qualidade da água. Por exemplo, UNESCO e PNUMA criaram um projeto demonstrativo direcionado à mitigação de fontes de poluição localizada e difusa no Rio Pilica na Polônia. O rio é poluído com grandes cargas de nutrientes e substâncias húmicas, o que propicia florescências de cianobactérias tóxicas em um reservatório localizado no rio, que representam um perigo para a saúde, pois o reservatório é utilizado para fins recreativo e porque as cianobactérias comprometem a qualidade da água potável proveniente do reservatório. A estratégia de gestão foi desenvolvida após avaliação e monitoramento da qualidade da água, inclusive com estudos dos padrões de transporte da poluição até o rio e apuração das relações de causa e efeito. Os métodos desenvolvidos incluem a ampliação da capacidade de retenção de poluentes da área de escoamento (assim evitando que entrem no rio) por meio de sedimentação e absorção por plantas; a redução da densidade de peixes juvenis, assim reduzindo as pressões predatórias sobre o zooplâncton filtrante que evita as florescências de cianobactérias; e a otimização dos processos naturais de desnitrificação do ecossistema por meio da regulação do tempo de retenção da água (Wagner et al., 2009).

No Iraque, o PNUMA realizou um programa de restauração piloto no vilarejo de Al-Jeweber, na região pantanosa, que havia perdido 80 por cento de suas águas. As obras incluíram sistemas de regulação de fluxos, diques e o replantio de áreas ciliares com o

caniço comum (*Phragmites australis*). Ademais, foi realizado um projeto-piloto demonstrativo da viabilidade de opções para minimizar prejuízos causados às terras úmidas existentes e avaliar a utilização de terras úmidas construídas com a finalidade de melhorar a qualidade da água em maior escala, recebendo efluentes lançados pelo principal dreno da cidade de Bagdá. Mesmo que o ensaio não tenha sido totalmente conclusivo, por limitações de tempo e outros fatores (alta salinidade), o potencial dessa abordagem pode ser considerado promissor.

Em outra iniciativa, a International Lake Environment Committee Foundation (ILEC), ONG internacional fundada no Japão em 1986, desenvolveu a Abordagem de Gestão Integrada Lago-Bacia (ILBM), que considera a bacia de drenagem do lago a bacia hidrográfica associada como a unidade de gestão básica. A ILBM incorpora as melhores abordagens e práticas de gestão, tecnologias ambientalmente corretas e serviços ecossistêmicos como parte da prevenção e do controle da poluição do ecossistema lacustre.

Águas subterrâneas

Dados os custos e as dificuldades associadas à restauração de sistemas de águas subterrâneas degradados e a defasagem temporal associada às descargas de contaminantes e seus impactos nas reservas de águas subterrâneas, em termos de custo-benefício a prevenção é a forma mais eficaz – e, muitas vezes, a única viável – de proteger tais sistemas. As águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, precisam de monitoramento adequado e, pelo fato de as condições das águas subterrâneas serem mais difíceis de observar, é imprescindível que recursos e atenção sejam dedicados ao monitoramento apropriado das fontes e da qualidade das águas subterrâneas (Morris et al., 2003).

Conforme observado anteriormente, a salinização de águas subterrâneas, geralmente provocada por drenagem de áreas agrícolas, representa a maior ameaça à qualidade das águas subterrâneas em todo o mundo. No baixo vale do Rio Indus no Paquistão, por exemplo, a construção de um gigantesco sistema de irrigação englobando aproximadamente 14 milhões de hectares de terras áridas elevou a salinidade do lençol freático subjacente ao ponto de a produtividade dos cultivos diminuir e algumas terras terem de ser totalmente abandonadas. Por fim, com um sistema extensivo de aproximadamente 25 mil poços e a escavação de drenos superficiais e subterrâneos, tentou-se extrair e desviar águas salinas de escoamento agrícola e a descarga de uma parte dessas águas no oceano. Os custos totais do projeto de remediação já ultrapassam US\$ 1 bilhão (Morris et al., 2003).



IV. Mecanismos para alcançar a melhoria na qualidade da água

As soluções para os problemas da qualidade da água já foram bastante pesquisadas e bem esclarecidas. A questão-chave para que possamos avançar é: como mobilizar indivíduos, empresas, comunidades e governos para evitar a poluição, tratar as águas servidas e restaurar a salubridade dos cursos de água? Estratégias para melhorar a qualidade da água exigirão ações de conscientização, maior monitoramento, melhorias de gestão e de governança. Ações de educação e conscientização serão necessárias para ampliar o apoio público e gerar a vontade política para implementar tais melhorias. A ampliação do monitoramento e da coleta de dados auxiliará no direcionamento da atenção para problemas de qualidade da água e para a avaliação da efetividade das soluções propostas. A governança e a regulação conduzirão à criação de políticas, leis e regulamentos para proteção e melhoramento da qualidade da água, fortalecendo a fiscalização e proporcionando os financiamentos para a sua implementação. Esses três mecanismos para alcançar o objetivo de melhorar a qualidade da água são descritos em maiores detalhes a seguir.

Educação e conscientização

Melhorar a qualidade da água, prevenir poluição localizada e difusa, tratar efluentes antes do seu lançamento em corpos de água e restaurar a qualidade de cursos de água – todas essas ações exigem vontade política. A educação ambiental

e as campanhas de conscientização são cruciais para geração de conhecimento entre as comunidades e de apoio à proteção e melhoria da qualidade da água. Esse apoio às melhorias da qualidade da água pode exercer pressões sobre tomadores de decisão e autoridades eleitas para que se empenhem na implementação da legislação e de regulamentos que visam à proteção da qualidade da água, à melhoria da fiscalização e à aplicação desses regulamentos.

Em grande parte do mundo desenvolvido, o ímpeto para realizar melhorias na qualidade da água iniciou-se no século XIX, época em que surgiu o movimento em defesa da saúde pública na Inglaterra. A persistente atenção da mídia, em conjunto com pressões da opinião pública, fizeram que os principais municípios investissem na melhoria da qualidade da água, com a instalação de redes de esgoto e unidades de tratamento de águas servidas. Londres, no século XIX, era conhecida como cidade do esgoto (*cesspool city*) e o jornalista londrino George Goodwin, em 1854, relatou que: “todo o excremento da metrópole... mais cedo ou mais tarde, acaba por se misturar com os fluxos do rio, numa constante movimentação de cheia e vazante, em meio à população”.⁶

As condições eram semelhantes em Paris, Chicago e em praticamente todas as grandes cidades dos países que se industrializavam no século XIX. Por fim, essas condições acabaram por ter um impacto negativo sobre a

⁶ Goodwin, George, citado por Wilson, p. 37.

produtividade, devido a altos índices de doença, decadência e degradação social e fragilização da ordem pública. Em todos esses casos, a voz cada vez mais contundente da mídia, as pressões da comunidade e a conscientização quanto ao impacto da baixa qualidade da água resultaram em investimentos de milhões de dólares visando a proteger a saúde pública e a qualidade da água.

Metas de ações de educação e conscientização

Ações de educação e conscientização buscam melhorar a qualidade da água com enfoques em diversas áreas. Podem ser lideradas por organizações comunitárias, ONGs ou entidades governamentais. Ações de educação e de conscientização podem alterar o comportamento das pessoas, criar capacidades e conduzir processos de mudança aos níveis da comunidade, municipal, regional e nacional. Entre as principais metas da educação e da conscientização estão:

Mudança de comportamentos individualizados:

comportamentos individuais têm impacto sobre a qualidade da água. Por exemplo, pessoas que residem, trabalham ou praticam atividades de lazer nas proximidades de cursos de água muitas vezes lançam resíduos sólidos, esgotos domésticos ou produtos químicos nos corpos de água que comprometem a qualidade da água. Resíduos sólidos podem impedir a movimentação da água e provocar lixiviação de toxinas para a água. O despejo inadequado de esgotos domésticos próximo a cursos de água pode provocar graves problemas de saúde. Ações de educação e conscientização podem auxiliar a mudança de comportamentos individuais. Um exemplo dessas ações são as diversas campanhas de conscientização municipais que estimulam as pessoas a dar uma destinação adequada ao óleo e aos resíduos graxos para evitar que entrem nas redes de águas pluviais, onde acabam comprometendo a qualidade da água. Existem também ações educativas que ajudam as pessoas que praticam a defecação em campo aberto a entenderem os impactos deste comportamento sobre a qualidade da água e a incidência de doenças. O Movimento da Juventude da África para o Meio Ambiente difunde a consciência a respeito das inter-relações da saúde e da água e está ajudando a diminuir a poluição por meio do melhoramento de latrinas nas escolas e redução do lançamento de esgotos domésticos em ribeirões. Em consequência das ações deste grupo, entre outros, índices de cólera, febre tifoide e disenteria foram reduzidas de 75 por cento num período de três anos (OTU., 2003, PNUMA – Combatendo a Poluição Hídrica em nível Comunitário).

Mudanças políticas: ações educativas e de conscientização comunitária podem auxiliar na promoção de políticas que melhorem a qualidade da água. Ações educativas e conscientização em grande escala podem difundir informações de mudanças das políticas nacionais,

a exemplo de algumas realizadas em vários países do mundo, inclusive Índia, Estados Unidos e países da Europa. Ações realizadas em nível comunitário ajudam a conduzir mudanças nas políticas de governos locais e ter impacto tanto sobre a destinação de efluentes municipais quanto sobre o ordenamento de assentamentos nas proximidades de rios e outros cursos de água. Na Ucrânia, por exemplo, um grupo de mulheres ficou preocupado ao perceber que vazamentos de águas servidas, provocados por uma rede de esgoto mal projetada, estavam fluindo nas ruas e nas proximidades de suas residências. Ao tentar se dirigir ao governo local, não foram atendidas. Lançaram, então, uma campanha política e impetraram um processo judicial, em consequência do qual o governo alocou recursos para melhorar a rede de esgotos, fechou uma unidade de limpeza de tanques de óleo e liberou financiamento para projetos ambientais na localidade (UN-Água e IANWGE). Em países democráticos, cidadãos escolarizados podem se dirigir a autoridades eleitas a respeito de suas preocupações com a qualidade da água e pressionar para que sejam aprovadas leis e regulamentos mais adequados.

Fortalecimento da fiscalização: quando já instituídos bons regulamentos para proteger a qualidade da água, é necessário que haja fiscalização para assegurar os benefícios para a sociedade. Ações educativas e de conscientização servem para informar a comunidade e os agentes fiscalizadores e para promover a adequada aplicação da lei e assegurar a salubridade de cursos de água. A participação cidadã no monitoramento muitas vezes desempenha papel crítico ao alertar as agências reguladoras sobre potenciais violações das normas sobre a qualidade da água.

Pressões de investidores, consumidores ou comunidades sobre as empresas: é também possível que comunidades ampliem a consciência pública a respeito da qualidade da água por meio da realização de avaliações de cursos de água e a identificação de fontes poluentes. Ao identificar as fontes de contaminação provocadas por efluentes provenientes de indústrias ou da agricultura, organizações comunitárias podem pressionar os poluidores a cessar a poluição ou a tratar seus resíduos antes do lançamento em cursos de água. Um estudo de controle da poluição industrial na China, por exemplo, constatou que a força da pressão comunitária (ou “fiscalização informal”) na mudança de comportamentos relacionados a descargas pode ser tão forte quanto a fiscalização formal (Wang, 2000).

Conscientizando as pessoas sobre os impactos na qualidade da água

Ações educativas, de conscientização e de proteção para melhorar a qualidade da água são mais bem-sucedidas quando articulam preocupações quanto à qualidade da água,

às questões que mais interessam as pessoas; em outras palavras, é importante relacionar o conceito abstrato de qualidade da água com assuntos concretos que realmente atingem as pessoas. O tema de qualidade da água precisa se tornar relevante nas vidas das pessoas. Mudar comportamentos, convencer formuladores de políticas e incitar a mídia a dar cobertura ao tema exige bastante atenção às diversas maneiras em que a qualidade da água intercede com as necessidades e os valores do ser humano. Existem alguns elementos essenciais que podem auxiliar na sedimentação do conceito da qualidade da água de formas que articulam com os valores fundamentais das pessoas:

Significados culturais ou religiosos: em muitos casos, articular a importância da proteção da qualidade da água a valores ou significados culturais ou religiosos tem sido fator preponderante para gerar a vontade política para a melhoria das condições dos cursos de água. Por exemplo, o Rio Ganges é um dos rios mais sagrados da Índia, mas ainda assim recebe grandes quantidades de esgotos domésticos, resíduos sólidos e carcaças de animais. Campanhas atuais para sanear o Rio Ganges apelam às crenças religiosas do hindus e frisam a importância de zelar pela pureza do santo Rio Ganges.

Saúde: a qualidade da água está intimamente relacionada com a saúde humana, animal e de ecossistemas. Apelos à necessidade de zelar pela saúde podem servir de ferramenta efetiva na promoção de melhorias da qualidade da água. Muitas vezes, argumentos a favor da saúde focalizam a água potável. Será necessário aumentar ações educativas que relacionam a saúde com o saneamento e o tratamento de águas servidas para que as normas e a fiscalização nessas áreas possam ser reforçadas. Por exemplo, o Movimento de Saneamento Total Comunitário (CLTS), originário de Bangladesh, está agora ativo também na Índia e na África, onde tem alcançado notável êxito ao fazer que as comunidades reconheçam as ligações entre o saneamento, a qualidade da água e a saúde. Dessa forma, a CLTS tem efetivamente provocado uma revolução a favor do saneamento em vilarejos em toda a Ásia Meridional. Não é incomum os programas em defesa da qualidade da água aproveitarem ações coordenadas com outras intervenções relacionadas à saúde, tais como campanhas contra o despejo inadequado de resíduos sólidos e de conscientização para o combate da malária.

História: cursos de água, ribeirões e rios podem, também, ser imbuídos de significados históricos. Ampliando a consciência do papel histórico desempenhado por cursos de água específicos na história de determinada localidade pode ser uma forma de provocar consciência quanto à necessidade de zelar pela qualidade da água. Por exemplo, em algumas localidades, cursos de água que hoje estão poluídos ao ponto de serem impróprios para uso humano

eram os pontos recreativos mais valorizados por gerações anteriores. Reforçar histórias desse passado junto aos residentes atuais pode estimular a participação pública em restaurar a qualidade dos cursos de água e melhorar a qualidade da água. Por exemplo, em Chennai, na Índia, onde há quatro cursos de água altamente contaminados, a geração mais velha ainda guarda lembranças da época em que nadavam nesses rios. Essa história pode servir de ímpeto para o resgate da qualidade da água aos níveis que predominavam há 60 anos.

Economia: o reconhecimento de que a qualidade da água afeta a produtividade da agricultura e da indústria pode também ser aproveitado para ampliar a atenção para proteção e restauração da sua qualidade. Se produtores rurais e industriais entenderem que a baixa qualidade da água que consomem aumenta seus custos por exigir tratamento antes de ser utilizada na produção, ou que reduz o seu potencial produtivo, se tornarão defensores da melhora da qualidade da água.

Meio ambiente: ações educativas que frisam as ligações entre a qualidade da água, dos *habitats* e a biodiversidade podem ampliar o interesse de conservacionistas na promoção da proteção da qualidade da água. Conservacionistas, pescadores esportivos, ornitólogos e outros que se divertem pescando ou observando aves precisam entender as íntimas ligações entre a qualidade da água e as suas experiências relacionadas com a flora e a fauna. O estabelecimento dessas ligações ajuda a ampliar e a dar voz àqueles que defendem a melhora da qualidade da água.

Documentar o problema

O primeiro passo para iniciar ações de conscientização e educação ambiental é documentar o problema. Isso pode ser feito por meio da encomenda de estudos independentes sobre a qualidade da água, pesquisas empreendidas com participação comunitária e/ou pelo registro de significados históricos ou culturais relacionados aos cursos de água. Estudos independentes sobre a qualidade da água podem servir para revelar características da água de baixa qualidade e para identificar os principais poluentes e potenciais fontes de poluição. Pesquisas empreendidas com a participação comunitária podem estimular e provocar questionamentos sobre o estado de cursos de água e resultar em pesquisas projetadas para responder a tais questionamentos, com a utilização de métodos laboratoriais e outros. Por exemplo, no México, algumas ONGs e universidades projetaram programas de avaliação que rastreiam a qualidade da água pela identificação e pela categorização da vida aquática e testes para verificação da biodiversidade.

Programas comunitários de monitoramento voluntário podem complementar ou estender ações de monitoramento de agências governamentais, como também servem para

capacitar grupos de cidadãos conscientes que militam a favor da qualidade da água e da proteção de mananciais. Da mesma forma, a utilização de enquetes e questionários comunitários podem servir não apenas para informar, mas também para dar consistência às intervenções voltadas à melhoria ou à proteção da qualidade da água.

O registro de relatos históricos informais e não científicos a respeito da importância de cursos de água e da água para a saúde de comunidades pode também auxiliar na documentação do problema. Estabelecer um vínculo entre relatos de história verbal e parâmetros limnológicos por meio de enquetes ou entrevistas pode resultar em uma combinação útil. Essas estratégias para documentação do problema podem então ser aproveitadas para educar e engajar o público, mobilizar a mídia e articular com formuladores de políticas.

Mobilização das comunidades

A comunidade pode ser mobilizada por meio de ações educativas e de conscientização a promover melhorias comportamentais que favorecem a qualidade da água e geram a vontade política necessária para adoção de normas referentes à qualidade da água e à sua fiscalização. O envolvimento em pesquisas comunitárias com vistas a documentar o problema proporciona uma forma estimulante de assegurar o envolvimento e o comprometimento das pessoas em ações direcionadas à proteção da qualidade da água, pois, dessa forma, acabam adquirindo experiência própria dos impactos da poluição. A mobilização das comunidades por meio da realização de eventos que fortalecem seus vínculos com os cursos de água pode ser uma forma bem efetiva de ampliar o envolvimento do público. Em Varanasi, na Índia, a cada ano a Fundação Sankat Mochan realiza um evento no Dia Mundial da Água, denominado a Cadeia Humana, durante o qual estudantes e moradores de Varanasi se alinham de mão dadas às margens do Rio Ganges. A Cadeia Humana simboliza um escudo que bloqueia o ingresso de poluentes e de resíduos sólidos no rio e promove a consciência sobre problemas de poluição hídrica.

Em muitas situações em todo o mundo, as ações de indivíduos nos próprios domicílios, locais de trabalho ou comunidades servem de exemplos valiosos de como atitudes de abordagem de baixo custo (ou custo zero) e opções de consumo podem favorecer tanto o meio ambiente de forma geral quanto os recursos hídricos em particular. Todas essas ações ajudam a aprimorar a “qualidade de vida” e a valorizar experiências compartilhadas das comunidades.

Uma perspectiva de gênero deve ser deliberadamente integrada aos objetivos para implementar a gestão de recursos, inclusive as metas de melhoramento da qualidade

da água. Pesquisas na matéria de Gestão Integrada de Recursos Hídricos comprovam que o envolvimento das mulheres na fase de análise do desenho de projetos, bem como na fase de implementação, tende a melhorar a eficiência e efetividade de programas do setor hídrico e ampliado o interesse em matéria da sustentabilidade ambiental de ações de gestão das águas (Ray, 2007).

Estudos recentes, inclusive um realizado pelo Centro Internacional de Água e Saneamento (IRC) sobre projetos de água e saneamento realizado em 88 comunidades, constataram que os projetos elaborados e administrados com envolvimento das mulheres eram mais sustentáveis e efetivos que aqueles nos quais as mulheres não tinham participação. Um estudo anterior, do Banco Mundial, constatou o mesmo elo entre o sucesso de projetos e a participação das mulheres (UN-Água, 2008b).

Trabalhando com a mídia

Uma estratégia essencial para ampliar a escala de ações educativas e de conscientização é o uso da mídia para veicular mensagens a respeito da importância da qualidade da água. As percepções do público são formadas por meio de uma variedade de canais de mídia e a veiculação de mensagens de mídia pode ser uma forma efetiva de alcançar maiores audiências em níveis regional, nacional e internacional. Os noticiários focalizam a atenção do público, direcionam os assuntos das conversas e influenciam tomadores de decisão e autoridades eleitas. Quando do uso da mídia para ampliar a consciência em relação a questões que dizem respeito à qualidade da água, é importante que sejam repassadas imagens interessantes, estatísticas provenientes de pesquisas e apresentadas soluções. Apresentar um problema de qualidade da água sem ao mesmo tempo mostrar soluções para sua melhoria é uma oportunidade desperdiçada. Quando da elaboração de uma estratégia de mídia é fundamental deixar bem claro as mensagens quanto ao que se precisa mudar e quem deve implementar as mudanças.

Por exemplo, o Movimento Etiópia WASH (água, saneamento e higiene) realizou uma campanha de conscientização cujo sucesso em parte resultou de uma parceria estratégica com a mídia. Lançado em 2004 pelo Conselho Colaborativo de Abastecimento de Água e Saneamento, o movimento se dirige aos grupos mais vulneráveis, projetando um *slogan* a cada ano para difundir a consciência e a educação ambiental. Entre os *slogans* difundidos no passado estão “A Saúde está em suas Mãos”, “Vamos usar Latrinas para a nossa Saúde e Dignidade” e “Mantenha a Água Segura” (GWP, 2008). Visando a ampliar os conhecimentos de profissionais de mídia (WSSCC), o movimento realiza fóruns e viagens de campo para jornalistas e profissionais de mídia.

CLEAN-Índia: educação e conscientização na Índia

Dúvidas quanto à potabilidade da água são um problema muito comum na Índia. A Rede de Ação Comunitária Ambiental (CLEAN-Índia), um programa da ONG indiana Alternativas de Desenvolvimento (Development Alternatives), trabalha com a conscientização sobre a potabilidade da água por meio de ações de monitoramento e atividades educativas comunitárias.

Utilizado *kits* de teste de água desenvolvidos pela ONG Alternativas de Desenvolvimento (Development Alternatives), estudantes testam amostras de águas superficiais e subterrâneas em 14 parâmetros (pH, temperatura, turbidez, flúor, cloro, cloro residual, dureza, ferro, fosfato, amônia, nitrato, oxigênio dissolvido, bactérias coliformes e diversidade bentônica) (depoimento de Srinivasan, 2009). As atividades de monitoramento são realizadas principalmente por crianças em idade escolar, estudantes de escolas participantes, em cerca de 30 cidades em toda a Índia. Esses estudantes e outros envolvidos nas atividades de monitoramento ajudam a aumentar a consciência nas comunidades em que realizam o monitoramento da qualidade da água.

Os testes são realizados de modo sazonal. Caso seja verificado que a água está imprópria para o consumo ou de outra forma comprometida, a comunidade usuária da água é contatada e recebe recomendações sobre como torná-la própria para o consumo. Essas recomendações podem incluir orientações sobre a prevenção da poluição, como melhorias de saneamento e higiene em torno das fontes de abastecimento de água, e o tratamento para assegurar sua potabilidade, ou buscar novas fontes de abastecimento, caso não haja outra solução viável. Foi constatado que uma parcela significativa das águas testadas precisam de alguma forma de purificação para assegurar sua potabilidade: entre 50 e 63 por cento, em 2005, dependendo da estação, e entre 49 e 71 por cento, em 2004, dependendo da estação (sítio da CLEAN-Índia).

O programa produziu um aumento da consciência da importância da qualidade da água, não só entre os estudantes que testam a água, mas também entre as comunidades que consomem a água testada.

Articulação com tomadores de decisão

A mobilização da população da militância e da mídia pode ajudar a atrair a atenção de tomadores de decisão e autoridades eleitas em torno de uma questão específica e aumentar a pressão para que soluções sejam implementadas. Uma vez gerada a consciência pública, os proponentes podem aproveitar a vontade política para promover encontros com os formuladores de políticas para sensibilizá-los e envolvê-los na implementação de mudanças. O objetivo de muitas campanhas educativas e de conscientização é melhorar as políticas públicas, os regulamentos e a aplicação e fiscalização de medidas que afetam a qualidade da água. Moradores e pessoas interessadas devem se preparar e chegar aos gabinetes de autoridades eleitas e tomadores de decisão munidos de pesquisas e propostas de soluções para elucidar os problemas e recomendar as mudanças e os investimentos necessários para melhorar a qualidade da água. A sensibilização de tomadores de decisão a respeito de um problema aumenta a sua capacidade de persuadir os colegas e de projetar políticas para solucionar as

necessidades identificadas. Uma das oportunidades mais importantes para sensibilização de tomadores de decisão deve ocorrer quando há possibilidade concreta de oferecer-lhes soluções que ajudem a proteger e preservar a qualidade da água.

O programa de conscientização global do Dia Mundial do Monitoramento da Água tem como objetivo aumentar a consciência e a participação pública na proteção dos recursos hídricos em todo o mundo por meio da mobilização de jovens para a realização de atividades básicas de monitoramento de pH, temperatura, turbidez, e oxigênio dissolvido em corpos de água locais. O programa, que conta com o envolvimento de 100 mil pessoas em cerca de 70 países de renda baixa, média e alta, fornece *kits* para distribuição em escolas nos países em desenvolvimento.

Monitoramento/coleta de dados

A medição das características físicas, químicas e biológicas de águas superficiais e subterrâneas proporciona

informações essenciais para identificação, abordagem e resolução de problemas de qualidade da água. Ao registrar dados básicos, torna-se possível identificar tendências temporais e realizar comparativos entre diferentes corpos de água. Dados sobre a qualidade da água ajudam: (1) determinar impactos de indústrias, atividades agrícolas e outras atividades humanas; (2) quantificar a efetividade de políticas e de ações de gestão; (3) desenvolver modelos para a gestão da água; (4) identificar áreas prioritárias para ações de gestão; e (5) comunicar com os principais interessados questões a respeito da poluição, da saúde humana e da degradação de ecossistemas.

Problemas com dados de qualidade da água

Um fator fundamental para entender os desafios apresentados pelos problemas de qualidade da água e as suas soluções é a coleta, a armazenagem, a análise e o compartilhamento de dados sobre a qualidade da água. Na ausência destes dados, muitos fatores referentes à qualidade da água poderão não ser identificados, assim impossibilitando a sua gestão adequada e a proteção da saúde humana e do ecossistema. No entanto, por meio do monitoramento da qualidade da água e da coleta e compartilhamento de dados, torna-se possível determinar se a qualidade da água em lagos, reservatórios, rios e águas subterrâneas está melhorando ou deteriorando e identificar problemas incipientes e potenciais soluções que exigem pronta atenção.

Apesar da importância de dispor de dados de boa qualidade, existem atualmente grandes lacunas nas informações sobre ações de monitoramento e sobre a qualidade da água, especialmente em escala global. Mesmo quando há dados, existem inúmeros desafios e problemas a serem vencidos para que possam ser de utilidade: os dados muitas vezes são de escopo limitado, com inconsistências na forma em que são coletados e apresentados, e podem não ser acessíveis para as pessoas que mais poderiam aproveitá-los.

Falta de dados e compartilhamento de dados

Os dois principais problemas referentes a dados sobre a qualidade da água são a insuficiência dos dados coletados e a falta de compartilhamento deles. Existem muitos tipos diferentes de poluição hídrica que são inadequadamente monitorados. Por exemplo, existem grandes lacunas temporais e geográficas nos dados disponíveis sobre a poluição hídrica industrial, o que limita a avaliação de impactos de unidades industriais e a efetividade de estratégias de gestão. Quando da gestão da qualidade da água em zonas rurais, um dilema típico é a dificuldade de determinar até que ponto a agricultura contribui para o problema da qualidade da água como um todo. Uma observação muito comum entre profissionais da área

é que muitos programas de proteção da qualidade da água coletam os parâmetros incorretos, muitas vezes nos lugares errados, com frequências de amostragem inadequadas e produzem dados pouco confiáveis. Ademais, muitas vezes os dados não são apurados e avaliados de forma correta e carecem de articulação com algum programa específico, com objetivos pragmáticos, legais ou de gestão (Ongley, 1994).

Dados sobre águas subterrâneas, especialmente, são de escopo e disponibilidade limitados, quando comparados aos dados sobre águas superficiais. Alguns esforços estão sendo encaminhados ao Centro Internacional de Avaliação de Recursos de Água Subterrânea (IGRAC) no sentido de ampliar as informações sobre águas subterrâneas. Hidrologicamente, existem fortes ligações entre as águas subterrâneas e as águas superficiais, o que torna a coleta desses dados imprescindível. Conforme observado anteriormente pelo PNUMA, a Diretiva Quadro da Água da União Europeia reconhece que a comunidade científica carece de conhecimentos necessários sobre as conexões entre águas subterrâneas e águas superficiais (PNUMA, 2006). As lacunas nos dados sobre as águas são díspares. Muitos países em desenvolvimento carecem de capacidades humanas e recursos tecnológicos para realizar coletas de séries locais ou telemétricas.

Escopo limitado dos dados

Os dados existentes muitas vezes são limitados em termos de o que é medido, onde e durante quanto tempo. Apenas alguns parâmetros da qualidade da água são mensurados de forma consistente e, mesmo entre esses, a duração, o escopo geográfico e o conteúdo das séries tendem a ser limitados. Muitas vezes, os ensaios se limitam a um pequeno número de contaminantes e fontes de água. As medições tendem a ser infrequentes e são realizadas apenas se os usuários assim desejarem. Será necessário corrigir essas limitações para que um programa mais abrangente possa ser realizado (veja a seção Soluções, a seguir), contudo, o volume de recursos necessários para instituir um programa completo seria enorme. Por exemplo, nos Estados Unidos existem literalmente milhões de poços que captam águas subterrâneas e mais de 170 mil sistemas de abastecimento público de água. Em consequência disso, os programas fazem uso de uma diversidade de fontes para a avaliação da qualidade da água, inclusive monitoramento de rotina, pesquisas estaduais ou regionais, estudos periódicos *in situ* e programas de participação voluntária (DeSimone et al., 2009). As conclusões desses tipos de avaliações podem ajudar a identificar questões críticas, áreas de captação e vulnerabilidades que precisam de estudos mais aprofundados. Os estudos de qualidade da água mais recentes publicados nos Estados Unidos reúnem dados de milhares de poços e resultados de quase uma década de ensaios, mas, mesmo

assim, cada poço foi testado apenas uma vez e, portanto, não há disponibilidade de séries temporais.

Coleta e formatação inconsistente dos dados

Mesmo os programas mais abrangentes de qualidade da água do mundo sofrem limitações. Em muitas situações, as entidades que coletam dados usam formatos e padrões diferentes, e os sistemas de processamento de dados são incompatíveis ou inadequadamente documentados, assim dificultando sua análise e impossibilitando a realização de comparações ou a detecção de tendências temporais na qualidade das águas superficiais e subterrâneas. No entanto, com o passar do tempo, o valor de séries de dados bem coletados e documentados para cientistas e formuladores de políticas é cada vez maior.

A sobreposição e os conflitos de jurisdição complicam a capacidade de coletar dados consistentes e úteis de longo prazo. Em muitas partes do mundo, diferentes países ou entidades políticas compartilham bacias hidrográficas e essas diferentes jurisdições podem ter arranjos institucionais para a gestão da água distintas. Mesmo na Europa, ao longo dos rios Danúbio e Reno, as diferentes agências autorizam usos conflitantes para o mesmo trecho do rio; podem utilizar diferentes métodos ou instrumentos de monitoramento; e inexistem qualquer acordo ou norma quanto à periodicidade ou à frequência do monitoramento da qualidade da água. Nos

Estados Unidos, ao longo do Rio Mississippi, programas de monitoramento (administrados pelo Serviço Geológico – USGS – e pelo Corpo de Engenharia do Exército dos Estados Unidos) foram reduzidos durante a última década. Em geral, o escopo e a qualidade dos dados sobre condições biológicas, físicas e químicas variam bastante ao longo do Rio Mississippi.

A falta de consistência nos programas, os formatos de dados e protocolos de coleta impedem a efetiva aplicação de políticas de gestão e dificultam a manutenção e o melhoramento da qualidade da água ao longo dos rios e das águas receptoras em todo o mundo, inclusive fozes e baías (US NAS, 2009).

Acesso inadequado aos dados

O acesso a dados e informações confiáveis e úteis é de importância vital para o alcance de melhorias na qualidade da água. Acesso aberto a dados é essencial, mas, no passado, preocupações a respeito do uso de determinados dados levaram à limitação de condições de acesso. Uma solução, implementada por GEMS/Água, foi o lançamento de um banco de dados *on-line* global (GEMStat, em <www.gemstat.org>) como serviço aberto de internet. Esse banco de dados foi lançado no Dia Mundial da Água, 22 de março de 2006, no Fórum Mundial da Água no México, e um novo sistema mais avançado será disponibilizado em 2010. A GEMS/Água também fornece *software* de apoio (GEMSoft) para ajudar a manter a disponibilidade e

Tabela 4. Países participantes das Atividades Globais de dados do Programa GEMS/Água.

Fonte: http://www.gemswater.org/global_network/index-e.html

Continente	Número de países participantes	Países
África	11	Burundi, República Democrática do Congo, Gâmbia, Gana, Quênia, Mali, Níger, Senegal, África do Sul, Uganda, Tanzânia.
Américas	14	Argentina, Bolívia, Brasil, Canadá, Chile, Colômbia, Cuba, Equador, Guatemala, México, Panamá, Peru, Estados Unidos da América, Uruguai.
Ásia Ocidental/ MENA	12	Egito, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbia Árabe Jamahiriya, Paquistão, Marrocos, Arábia Saudita, Sudão, Tunísia.
Europa	22	Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Luxemburgo, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Lituânia, Países Baixos, Noruega, Polônia, Portugal, Federação Russa, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido.
Sudeste Asiático	10	Bangladesh, Camboja, Índia, Indonésia, República Popular e Democrática de Laos, Nepal, Paquistão, Sri Lanka, Tailândia, Vietnã.
Ásia Oriental/ Pacífico	11	Austrália, China, Fiji, Hong Kong, Japão, República da Coreia, Indonésia, Malásia, Nova Zelândia, Filipinas e Papua Nova Guiné.
Outra participação	26	
Total	106	

a qualidade dos dados. Bancos de dados abertos como esses são vitais para assegurar o acesso a dados confiáveis, pois possibilitam a comparação de dados no tempo e no espaço, bem como a oportunidade de integrar dados sobre qualidade da água com informações a respeito de outros sistemas ambientais.

Novos métodos de apresentação e acesso a dados estão sendo explorados. Por exemplo, as estações de monitoramento do GEMStat podem ser mapeadas por meio do Google Earth, o que permite ao usuário visualizar dados sobre a qualidade da água, combinados com detalhes da estação de monitoramento, informações locais sobre ocupação da terra e muito mais. Cada vez mais, a qualidade da água está sendo monitorada com o uso de sistemas de sensores remotos, utilizados conjuntamente com validação/verificação estratégica *in situ*. O sensoriamento remoto pode desempenhar papel crucial na determinação das condições atuais em uma avaliação rápida de acidentes ou eventos extremos.

Outro problema de acesso diz respeito à gestão de dados de campo coletados *in situ* e provenientes de sensoriamento remoto de Observação Terrestre (EO). Os métodos *in situ* podem ser onerosos e consumir muito tempo, e o sensoriamento remoto está se tornando o instrumento preferido para ampliar a capacidade de coleta de dados e efetuar o monitoramento da qualidade da água, especialmente em regiões interiores e costeiras (GEO, 2007). Para os pesquisadores, o impacto de um novo satélite ou de sensores terrestres ou aéreos adicionais depende de pronto acesso aos dados. Os gestores de água e outros tomadores de decisões operacionais precisam ter acesso rápido para que possam agir de forma tempestiva. Uma oficina sobre sensoriamento remoto, realizada em 2007, recomendou que dados brutos sobre a qualidade da água sejam repassados aos usuários minutos após sua recepção e que os produtos processados sejam veiculados em até duas horas (GEO, 2007); contudo, essa meta é raramente alcançada. Melhorar o acesso a dados exige que mais atenção seja dedicada à forma como são coletados, processados e armazenados, bem como assegurar o acesso aberto a usuários credenciados. Muitas vezes, o acesso a dados é também restringido por motivos políticos ou econômicos. Vários países exigiram que o GEMS/Água mantivesse o sigilo de seus dados sobre a qualidade da água como pré-condição para o compartilhamento desses.⁷

Dados sobre a qualidade da água em diferentes escalas

Mesmo sendo os problemas de qualidade da água em última análise locais, dados sobre a qualidade da água são coletados em diversas escalas e por diferentes instituições, desde o nível domiciliar, das comunidades locais ou de bacia hidrográfica até o nacional ou internacional. Muitos programas de monitoramento da qualidade da água são deficientes por motivos técnicos, institucionais, financeiros ou políticos. A qualidade da água é monitorada de diferentes maneiras nas diferentes regiões e não existe nenhum conjunto, formato ou rede de dados aceito universalmente como padrão. Talvez o melhor exemplo atual de uma rede global abrangente de monitoramento da qualidade da água seja a rede GEMS/Água.

Atualmente, a rede GEMS/Água (www.gemswater.org e www.gemstat.org) reúne dados encaminhados regularmente por 1.500 estações (veja Tabela 4 e Figura 6) e existem mais de 3.200 estações que proporcionam pelo menos alguns dados. O número de países participantes na coleta e no compartilhamento dos dados cresce paulatinamente com o passar do tempo. Quando foi lançado o GEMS, poucos países coletavam ou divulgavam dados sobre a qualidade da água. O *Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos* de 2003 incluiu uma seção sobre problemas com os dados sobre a qualidade da água e estimulou um esforço para expandir o programa GEMS/Água, de menos de 40 países, para mais de 100 atualmente (veja Tabela 5). Apesar dessas melhorias, a cobertura de dados continua incompleta na grande maioria das regiões e dos países.

Tipos de dados sobre a qualidade da água

Milhares de diferentes parâmetros podem ser utilizados para avaliar a qualidade da água e identificar a qualidade de sistemas de água doce, inclusive indicadores hidrológicos, químicos, físicos, biológicos e radiológicos. Nenhuma avaliação pode verificar a presença de todos os possíveis contaminantes e não há informações epidemiológicas e de saúde acerca da importância ou dos níveis de risco para a maioria dos contaminantes. Consequentemente, qualquer programa de aferição da qualidade da água deve selecionar o subconjunto de parâmetros que pretende medir, com base nas expectativas, fatores de risco conhecidos, níveis de segurança almejados e outros fatores econômicos, sociais, ecológicos e políticos. A Tabela 5 resume os dados sobre os parâmetros de qualidade da água coletados no contexto do programa GEMS/Água.

⁷ A participação na GEMS/Água é voluntária e os tipos e a abrangência dos dados fornecidos ficam a critério do fornecedor. Apesar de fornecedores de dados terem tradicionalmente sido organizações nacionais, a GEMS/Água vem recebendo, cada vez mais, dados de universidades e organizações não governamentais, uma tendência que vem sendo estimulada.



Figura 6. Mapa de estações fluviométricas do Programa GEMS/Água. Fonte: Comunicação Pessoal, GEMS/Água, 10 fev. 2010

Tabela 5. Parâmetros de qualidade da água do GEMS/Água. Fonte: http://www.gemswater.org/global_network/index-e.html

Saúde humana/ água potável	Agricultura	Municipal/industrial	Estabilidade, estrutura e saúde do ecossistema	Turismo e recreação
Coliformes totais	Nutrientes	DBO ¹	Temperatura	Parasitas
Coliformes fecais	Nitrogênio	DQO ²	pH – acidez	Agentes patogênicos
Agentes patogênicos	Fósforo	Metais pesados (especialmente nos sedimentos)	Condutividade	
POPs	Salinidade		Principais íons	
Turbidez	Agentes patogênicos clorofilados		Oxigênio	
			Sólidos em suspensão (incluindo dados sobre a qualidade dos sedimentos do leito)	
			Dados sobre a biodiversidade e o biomonitoramento	

Nota: ¹ DBO= demanda bioquímica de oxigênio.

² BQO= demanda química de oxigênio.

A Tabela 6 mostra o escopo dos dados coletados sob o sistema GEMS, o número de estações monitoradas, os tipos de dados físicos, químicos e biológicos coletados e as datas de coleta.

Tipos e escopo de avaliações de dados sobre a qualidade da água

Foram poucas as avaliações abrangentes da qualidade da água realizadas em larga escala. Por exemplo, o resumo

da Iniciativa das Águas da União Europeia (EUWI) de 2009 focaliza o abastecimento da água, os seus usos e a sua gestão. Não entra na discussão sobre dados referentes à qualidade da água ou à sua condição, mencionando a palavra “qualidade” apenas três vezes. A Diretiva da Água da União Europeia não exige que os Estados-Membros assegurem a existência de programas de monitoramento ou que tais programas alcancem resultados normatizados, tampouco menciona os tipos de parâmetros a serem

Tabela 6. Tipos de dados, número de estações e escopo da coleta de dados de qualidade da água do GEMS/Água.
Fonte: GEMS/Água Comunicação Pessoal, 10 fev. 2010

Região	Física/química	Nutrientes	Principais íons	Metais	Matéria orgânica	Contaminantes orgânicos	Microbiologia	Variáveis hidrológicas e de amostragem	Período
África	71390	75185	109179	10177	6936	1915	4944	313	1977-2009
Américas	200027	225285	243512	309377	40845	594622	21482	13567	1965-2008
Ásia	225461	123056	154472	87351	49340	8817	40572	12373	1971-2009
Europa	258024	150907	140908	197636	74495	32537	40672	66846	1978-2008
Oceania	241514	101871	11160	3199	14344	1438	10166	20462	1979-2009
Total	996416	676304	659231	607740	185960	639329	117836	113561	1965-2009

monitorados, os métodos de análise ou a frequência da amostragem. Os Estados-Membros devem apenas assegurar que lançamentos descarregados de estações de tratamento de águas servidas urbanas e a qualidade das águas receptoras sejam monitorados.

No entanto, a maior parte do monitoramento e da avaliação da qualidade da água é realizada em nível local ou nacional. Cada país realiza avaliações da qualidade da água de modo pontual ou sistemático. Nos Estados Unidos, o monitoramento da qualidade da água cabe a várias jurisdições, desde as agências de água locais encarregadas de monitorar a qualidade da água potável, até a indústrias que devem monitorar a qualidade de lançamentos de águas servidas, até as agências nacionais que realizam avaliações sistemáticas da qualidade da água em escala regional ou mesmo nacional. Por exemplo, o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) lançou, em 1991, o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água (NAWQA) para coletar uma grande variedade de dados químicos, biológicos e físicos sobre a qualidade da água de bacias hidrográficas em todo o país (USGS, 2009a).

Entre os dados coletados estão:

- concentrações de componentes químicos na água, nos sedimentos e nos tecidos de organismos aquáticos e outros dados relacionados com o controle da qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Água (NWIS) da USGS;
- dados biológicos sobre *habitats* fluviais e dados comunitários sobre peixes, algas e invertebrados;

- dados localizados de poços, e dados espaciais sobre usos do solo, densidade humana etc.; e
- dados e informações sobre fluxos e temperatura para locais onde a amostragem é realizada repetidamente (também do NWIS).

Em locais selecionados para a coleta de dados sobre águas subterrâneas e de superfície, o USGS mantém instrumentos que registram as características físicas e químicas da água continuamente, incluindo pH, condutividade específica, temperatura, oxigênio dissolvido e a porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido. Os dados mais recentes provêm de cerca de 2.800 localidades em rios e de águas subterrâneas em 5 mil poços. Ademais, o programa coleta dados sobre nutrientes, agrotóxicos e outros contaminantes. Para disponibilizar os dados, o USGS desenvolveu um “armazém” de dados para estocar, gerenciar e distribuir dados sobre a qualidade da água a pesquisadores e ao público (USGS STORET, 2009a). Essa unidade de armazenamento e recuperação de dados (STORage and RETrieval Data Warehouse) atende às demandas de agências federais, estados, povos indígenas, grupos ambientais, organizações comunitárias e universidades. O STORET Warehouse estimula o compartilhamento por meio das divisas jurisdicionais e dos limites organizacionais. Como componente desta ação, a Bolsa da Qualidade da Água (WQX) proporciona uma estrutura na qual dados sobre qualidade da água podem ser acrescentados regularmente por grande gama de usuários (USGS STORET, 2009b).

Tabela 7. Exemplos de diferentes programas de qualidade da água nos EUA. Fonte: U.S. EPA Office of Water website 2009

Programa do Escritório da Água	Banco de dados do Programa	Descrição
Normas de qualidade da água	WQSDB	O Banco de Dados sobre Normas de Qualidade da Água (WQSDB) contém informações sobre os usos designados de corpos de água. Exemplos destes usos incluem: abastecimento de água potável, recreação e proteção da pesca. Como componente das normas de qualidade da água do estado, tais usos designados fornecem uma meta regulatória para o corpo de água e definem o nível de proteção a ser designado. WQS inclui também critérios científicos em apoio a esses usos.
Relatório integrado 305(b) Relatório e 303(d) lista	ATTAINS	O Banco de Dados sobre Avaliação, TMDL do Sistema de Rastreamento e Implementação (ATTAINS) contém informações fornecidas pelos estados e pela EPA a respeito das condições de suas águas superficiais. O banco de dados compõe informações sobre o cumprimento de normas de qualidade da água, bem como uma lista de águas prejudicadas que aguardam o estabelecimento de uma Carga Total Máxima Diária (TMDL).
Qualidade da água inventário 305(b) relatório	NAD	O Banco de Dados Nacional de Avaliação (NAD) contém informações sobre o cumprimento de normas de qualidade da água. As águas avaliadas são classificadas como: Suportando Plenamente, Ameaçadas ou não Suportando seus usos designados.
Carga Total Máxima Diária (TMDL) 303(d) Lista	TMDL Sistema de Rastreamento	O Sistema de Rastreamento de Carga Total Máxima Diária (TMDL) contém informações sobre águas que Não Suportam seus usos designados. Essas águas são listadas pelo estado como prejudicadas, conforme a Lei da Água Limpa. O nível de TMDLs também é rastreado. TMDLs são medidas de controle da poluição que visam a reduzir as descargas de poluentes em águas prejudicadas.
Monitoramento da qualidade da água	STORET	STORET (abreviação de STORAGE and RETrieval) é o repositório de dados sobre a qualidade biológica e física da água, e é utilizado pelas agências ambientais do estado, pela EPA e outras agências federais, universidades, cidadãos particulares e outros. O Legacy Data Center (LDC) contém dados históricos sobre a qualidade da água, desde o início do século XX e coletados até o final de 1998.
NPDES permissões	PCS	As descargas de poluentes nas águas dos Estados Unidos são reguladas pelo Sistema Nacional de Eliminação de Descargas Poluentes (NPDES), conforme disposição compulsória da Lei da Água Limpa. Para auxiliar no processo regulatório, as agências reguladoras estaduais e federais utilizam um sistema de informações denominado Sistema de Cumprimento de Permissões (PCS). Este armazena dados sobre facilidades, permissões e nível de conformidade NPDES, bem como atividades de fiscalização durante até seis anos.
Água potável segura	SDWIS	A Lei de Água Potável Segura (SDWA) exige que os estados informem a EPA sobre sistemas aquáticos e sobre quaisquer violações das normas de água potável da EPA. Esses regulamentos e as leis complementares estabelecem níveis máximos de contaminantes, técnicas de tratamento, monitoramento e regulamentos sobre notificações para assegurar que a água entregue ao consumidor é própria para o consumo humano. Essas informações ficam armazenadas no Sistema de Informações sobre Água Potável Segura (SDWIS).
Assessorias sobre consumo de pescados	NLFWA	A Lista Nacional de Assessorias sobre Pescados e Fauna (NLFWA) é um banco de dados que abrange todas as informações a respeito de alertas sobre consumo, por estado, tribo e federal de peixes, nos Estados Unidos e no Canadá.
Poluição de fontes difusas	GRTS	O Sistema de Informação e Rastreamento de Doações (GRTS) é o principal veículo de informes para auxiliar a EPA e os estados a descrever o progresso alcançado na implementação do programa nacional de fontes Difusas de Poluição (NPS). O GRTS rastreia eletronicamente projetos e atividades financiadas com recursos do CWA.
Critérios de nutrientes	Banco de Dados sobre Critérios de Nutrientes	O Banco de Dados sobre Critérios de Nutrientes armazena e analisa dados sobre nutrientes e qualidade da água para auxiliar no desenvolvimento de critérios numéricos cientificamente adequados para teores de nutrientes. A finalidade dos dados é a elaboração de critérios numéricos ecorregionais específicos para cada corpo de água.

Continua...

Continuação

Programa do Escritório da Água	Banco de dados do Programa	Descrição
Programa para as praias	BEACH Watch	O Banco de Dados de Avaliação, Interdição e Saúde Ambiental de Praias BEACH Watch informa se a qualidade da água de uma praia específica está sendo monitorada, os responsáveis pelo monitoramento, os poluentes monitorados e se foi decretado qualquer alerta ou interdição.
Descargas de esgoto de embarcações	NDZ	Regulamentos sobre descarga de esgoto por embarcações são objeto da Lei da Água Limpa, que exige o uso de dispositivos de saneamento marítimo (equipamentos embarcados para o tratamento de descargas e armazenamento de águas servidas) em toda embarcação comercial e recreativa equipada com toaletes. Pela lei dos Estados Unidos, que proíbe a descarga de esgoto de embarcações em determinadas águas, qualquer estado pode solicitar uma zona livre de descargas (No-Discharge Zone – NDZ).
Levantamento das necessidades de bacias hidrográficas limpas	CWNS	O Levantamento das Necessidades de Bacias Hidrográficas Limpas (Clean Watersheds Needs Survey – CWNS) presta informações sobre unidades públicas de coleta e tratamento de efluentes; infraestruturas para o controle de transbordos de esgoto sanitário (SSOs); para transbordos de esgotos combinados (CSOs); atividades de controle de águas pluviais; fontes difusas; e programas projetados para proteger estuários nacionais. As informações obtidas pelo levantamento são mantidas no Banco de Dados do CWNS.

Um programa de aferição da qualidade da água completamente distinto é administrado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). O Programa de Avaliação, Rastreamento e Resultados Ambientais de Bacias Hidrográficas (WATERS) é um sistema integrado de informação que focaliza as águas de superfície do país. O Escritório das Águas da EPA administra diversos programas de apoio à qualidade da água. Muitos desses programas coletam e armazenam dados sobre a qualidade da água em bancos de dados. Estes são gerenciados por programas de águas individuais e essa separação às vezes inibe a aplicação integrada dos dados neles contidos. Por meio do Programa WATERS, bancos de dados sobre recursos hídricos são conectados a uma estrutura maior. Essa estrutura conforma uma rede digital de águas superficiais, denominada Conjunto de Dados Hidrográficos Nacional (NHD). O acesso ao NHD possibilita o compartilhamento de informações por outros programas. A Tabela 7 mostra exemplos de programas de qualidade da água em nível nacional, nos Estados Unidos.

Nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água e o Comitê Assessor de Informações sobre Água recentemente propuseram que os seguintes elementos comuns fossem agregados aos dados sobre a qualidade da água:

- informações sobre ponto de contato – identificar quem coleta e analisa a amostra;
- resultados – relatar o que foi analisado e as medições resultantes;
- motivo da amostragem – explicar por que a amostragem foi realizada e o desenho específico utilizado;

- data/hora – registrar onde a amostra foi coletada;
- localização da estação de amostragem – registrar onde a amostragem foi realizada;
- coleta e análise da amostra – descrever os métodos de coleta da amostra da análise laboratorial.

Governança e regulação

A governança da água abrange uma gama de sistemas políticos, sociais, econômicos e administrativos, desenvolvidos para alocação e gestão de recursos hídricos e para implementação de soluções para melhoramento da qualidade da água discutidas anteriormente. O termo governança engloba “os mecanismos, processos e instituições, por meio dos quais todas as partes interessadas, inclusive cidadãos e grupos de interesse, articulam suas prioridades, exercem seus direitos legais, cumprem suas obrigações e mediam suas diferenças” (PNUD-WGF). A governança é também definida como uma gama de sistemas que determinam quem recebe qual água, quando e como. A governança da água inclui, em particular, acordos internacionais sobre a água e a legislação nacional (normas de qualidade da água); a implementação de políticas e as instituições associadas (monitoramento e aplicação de normas); e a participação da sociedade civil e do setor privado (*stakeholder involvement*).

Há um entendimento cada vez maior, na atualidade, de que a crise de água existente é mais uma questão de governança do que de escassez física. A poluição hídrica e a escassez são, em grande medida, desafios sociais e

políticos. A gestão sustentável da água é uma questão de como as pessoas, como parte de uma sociedade coletiva, administram os recursos hídricos e os benefícios associados. A falta de boa governança (incluindo políticas ineficazes, fiscalização precária, instituições fracas, corrupção), a falta de infraestrutura adequada e a escassez de novos investimentos para a capacitação de recursos humanos contribuem para o alastramento de problemas de qualidade da água.

Instituições fracas, políticas e regulamentos inadequados a respeito da qualidade da água e baixa capacidade de fiscalização estão no cerne de muitos dos problemas de qualidade da água em todo o mundo. Em muitos países – especialmente no Hemisfério Sul –, não há qualquer marco político para proteger a qualidade da água. Contudo, mesmo em países que possuem políticas e regulamentos abrangentes, a qualidade da água não é protegida se os regulamentos não forem efetivamente implementados. Em geral, existe uma persistente falta de investimento nas capacidades institucionais necessárias para estabelecer, monitorar e fazer valer as políticas que garantem a qualidade da água.

Regulamentos ineficazes podem produzir desigualdades na distribuição da poluição hídrica e de seus impactos. Na falta de regulamentos efetivos e bem fiscalizados, pode haver incentivos de curto prazo para que as indústrias poluam, deixando para outros o ônus de tal poluição. Em escala global, diferenças no rigor de regulamentos sobre a poluição hídrica podem fazer que as indústrias altamente poluentes – e seus impactos – se agreguem em países com regulamentos mais fracos. Em geral, as indústrias estão migrando dos países desenvolvidos para os emergentes, assim suscitando graves preocupações ambientais e de saúde humana e, às vezes, comprometendo futuras oportunidades de desenvolvimento econômico (UN WWAP, 2009).

Reformas da Água (casos)

Na virada do século XXI, várias reformas de grande vulto foram aprovadas, em face de pressões crescentes acerca da degradação ambiental, de crescentes demandas para atender o consumo humano e dos desafios das mudanças climáticas. A África do Sul, a Austrália, a União Europeia e a Rússia aprovaram novas legislações projetadas para reordenar suas abordagens de gestão de recursos hídricos. Devido às características diferentes dos recursos hídricos e dos marcos políticos nesses países, os mecanismos adotados variam bastante. Contudo, apesar dessas variações, nos três casos, as reformas incluem componentes a respeito de:

- reconhecimento de ecossistemas em declínio e problemas persistentes de qualidade da água;

- tomada de decisão descentralizada acerca de recursos hídricos;
- aumento da participação de usuários;
- esclarecimento do papel e das responsabilidades institucionais, por meio de alterações formais na legislação e de mudanças nos direitos à água; e
- adoção dos princípios de que o “usuário paga” e que o “poluidor paga”.

África do Sul

A África do Sul estava na vanguarda das reformas referentes a recursos hídricos. Foi um dos primeiros países a elaborar reformas significativas, com a aprovação da Lei Nacional das Águas (National Water Act), em 1998, quatro anos após o fim do regime *apartheid*. Essa lei foi elogiada por instituir uma política progressiva e por objetivar a remedição de injustiças do passado (Movik, 2009). Ademais, a lei incorporou o reconhecimento de que a “natureza” deve ter o “direito à água” para que o meio ambiente continue a suportar e sustentar os empreendimentos humanos: a “Reserva” prevista nessa lei consiste de uma reserva ecológica que exige um nível mínimo de fluxos nos rios para manter a sustentabilidade do ecossistema, bem como uma reserva humana que demanda quantidades de água suficientes para atender às necessidades básicas das pessoas. Essa reserva deve ser atendida antes que quaisquer outros usos possam ser admitidos.

A lei também criou normas nacionais obrigatórias sobre a qualidade e o abastecimento de água, tarifas padronizadas, regulamentos a serem cumpridos por prestadores de abastecimento de água e um marco para que os governos locais possam prestar serviços de abastecimento eficientes, economicamente acessíveis e sustentáveis. As regras têm respaldo nos princípios contidos na Constituição e na Lei das Águas e buscam dar sentido ao direito universal de acesso à água limpa.

Administrativamente, o país foi dividido em 19 áreas de gestão da água, com base em regiões de drenagem, a serem administradas por Agências de Gestão de Captação (Catchment Management Agencies). A principal finalidade das agências foi a “coordenação e promoção da participação do público na gestão da água” (Anderson, 2005); contudo foi previsto que essas responsabilidades poderiam ser ampliadas para incluir o estabelecimento da cobrança pelo uso da água e a emissão de licenças para o uso da água (Schreiner e Van Koppen, 2002).

Apesar dessas reformas, dados de 2004 mostram que menos de 50 por cento dos prestadores de serviços de água potável

havam instituído programas de monitoramento da qualidade da água. Em 2005, foi instituído o Programa de Regulação da Qualidade de Água Potável, que exige testes microbianos e químicos e estabelece normas de conformidade da qualidade da água. O governo também desenvolveu o prêmio *Blue Drop*, que é concedido a prestadores de serviços de abastecimento de água que atingem 95 por cento ou mais das normas de conformidade. Em 2009, 100 por cento dos municípios haviam implementado programas de monitoramento da qualidade da água, mas apenas 18 municípios (de um total de 150) conseguiram ser agraciados com o *Blue Drop*.

Austrália

Na Austrália, o aumento do número de captações para atender usuários rurais e urbanos foi acompanhado pelo surgimento de problemas ambientais, inclusive florescências de cianobactérias tóxicas, piora da qualidade da água, perda de terras úmidas e alta salinidade dos solos. Durante a última década, esses problemas foram exacerbados por uma longa estiagem e por alterações atribuídas aos impactos de mudanças climáticas. Entre os anos de 2006 e 2008, a principal área agrícola do país – a Bacia Murray Darling – recebeu precipitações pluviométricas anuais extremamente baixas. No ano de 2006, foi registrado o nível mais baixo de escoamento superficial já experimentado na Bacia Murray-Darling (Figura 7).

Inicialmente, a estiagem foi considerada simplesmente um fenômeno recorrente em uma região com histórico de episódios de seca. Atualmente, os cientistas acreditam que a seca na Austrália prenuncia mudanças climáticas de grande alcance. De fato, a previsão do Serviço de Meteorologia da

Austrália é de que, nas próximas duas ou três décadas, as secas ocorrerão com frequência duas vezes maior e que serão duas vezes mais severas (Schneider, 2009). Em 2007, a Austrália iniciou sua reforma do sistema de gestão de recursos hídricos para incorporar essa nova realidade de escassez de água e aprovou a *Commonwealth Water Act*. Essa lei veio acompanhada de acordos intergovernamentais que repassaram os direitos constitucionais sobre recursos hídricos da Bacia Murray-Darling dos estados para domínio federal (*Commonwealth*) e preveem investimentos em infraestruturas e instituições de gestão de recursos hídricos da ordem de A\$13 (13 bilhões de dólares australianos, equivalente a aproximadamente US\$ 10.5 bilhões), a saber:

- federalização da coleta de dados sobre a água;
- exigência de informes sobre a água (balanço da água e uma Conta Nacional da Água);
- orientação para buscar a recuperação plena de custos por qualquer infraestrutura hídrica ou serviços;
- criação de um mercado para comercialização de água (com base em direitos de propriedade comerciáveis e em combinação com a análise de todos os tetos existentes sobre captações de água);
- aumento de eficiência nas propriedades rurais (revestimento de canais, irrigação por gotejamento e mudança para cultivos menos exigentes em consumo de água); e
- compra de direitos de água de proprietários dispostos a vender para restauração de ecossistemas aquáticos.

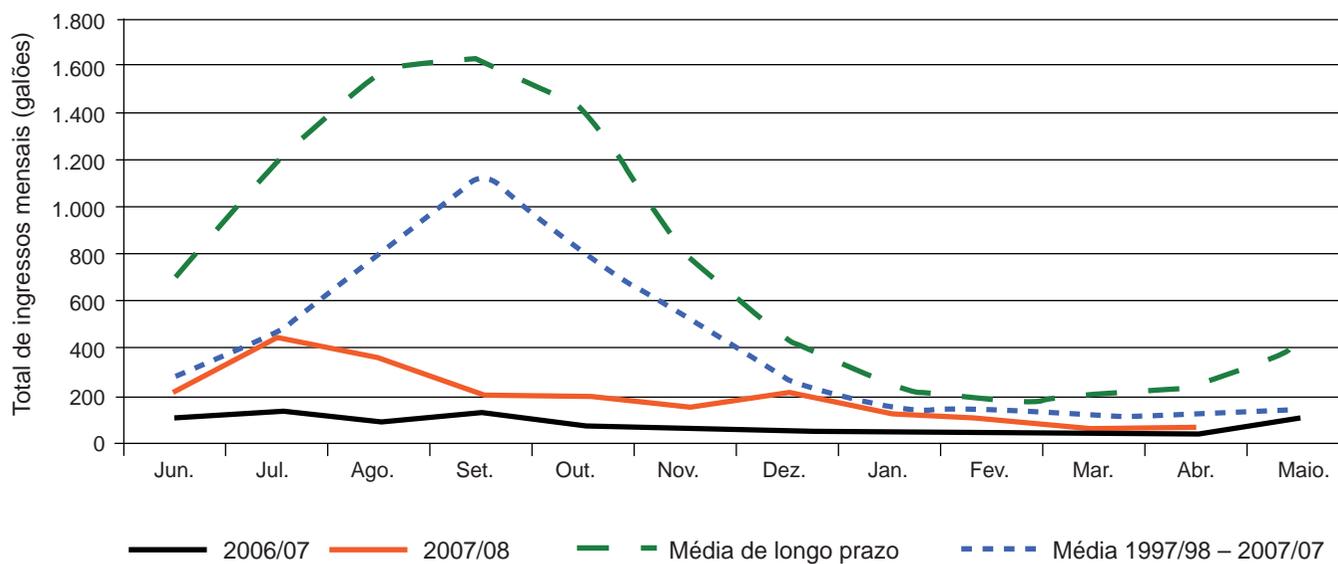


Figura 7. Ingressos mensais de água no sistema fluvial do Murray. Fonte: Craik e Cleaver 2008

A reforma do sistema de recursos hídricos na Austrália focalizou o aprimoramento da eficiência no uso da água, essencialmente por meio de um mercado de direitos de água. Criou, no entanto, um novo arquivo federal de informações sobre monitoramento e mensuração dos recursos hídricos. Esses dados são de grande importância para proteção adequada da água, em termos qualitativos e quantitativos.

União Europeia

A Diretiva-Quadro sobre Domínio da Água da União Europeia foi aprovada em 2000. Essa diretiva reformulou e centralizou a política de recursos hídricos dos Estados-Membros em uma legislação única que abrange três áreas tópicos, antes tratadas separadamente. Os “três pilares” dessa legislação são: ecologia (todos os corpos de água devem alcançar uma situação ecológica “boa” até o ano de 2015); governança (com a criação de novos órgãos de gestão da água em nível de bacia hidrográfica, encarregados de instituir processos decisórios mais participativos); e

economia (os fornecedores de água devem buscar a plena recuperação de custos e iniciar análises econômicas com vista a cobrar o “verdadeiro custo” pela água até 2010).

Cada pilar engloba uma série de medidas a serem empreendidas em prazos determinados. Começando com o pilar da ecologia, a diretiva estabelece a meta de situação ecológica “boa” e o processo decisório para apurar se determinadas águas superficiais ou subterrâneas estão em situação ruim, sofrível, moderada ou boa. Para alcançar a situação “boa”, determinados elementos físico-químicos, hidromorfológicos e biológicos devem mostrar pouca ou nenhuma alteração em relação às condições de referência (áreas de referência escolhidas para refletir a falta de distúrbios humanos). Segue uma descrição resumida do processo de classificação da situação de águas superficiais (Figura 8). Após caracterizar todos os corpos de água de uma bacia hidrográfica, cabe ao órgão de gestão da bacia elaborar programas de monitoramento e estabelecer uma série de objetivos e medidas para o alcance da situação “boa”, bem como a formulação de um plano de gestão da bacia.



Figura 8. Resumo da estrutura decisória utilizada para classificar a situação de corpos de águas superficiais.

A diretiva insta os Estados-Membros a designar “Autoridades Competentes de Água” (Artigo 3) para a implementação de planos de caracterização e de gestão de bacias hidrográficas. As autoridades competentes devem assegurar a coordenação entre todas as partes interessadas e órgãos envolvidos com a gestão da água durante a elaboração desses planos. Ademais, a diretiva insiste que deve haver participação ativa de todas as partes interessadas durante a formulação, a revisão e a atualização iterativa dos planos de gestão de bacia hidrográfica (Artigo 14). Essencialmente, isto implica a realização de consultas mais que na participação ativa, pois a diretiva instrui os Estados-Membros a “publicar e disponibilizar ao público para comentários um cronograma e programa de trabalho,... um panorama interino das questões mais relevantes para a gestão da água, ... exemplares da minuta do plano de gestão” (Artigo 14). Durante cada etapa, o público tem prazo de até seis meses para encaminhar comentários por escrito sobre esses documentos e, caso requisitado, deve ser concedido acesso à documentação subsidiária e às informações.

Contrastando com as definições ecológicas estreitas da legislação, as definições muito amplas de procedimentos de governança podem deixar margem a interpretações e formas de implementação bem divergentes nos Estados-Membros. Dependendo das conjunturas institucionais e políticas, as autoridades competentes podem ser órgãos nacionais (ex.: Agência Ambiental da Inglaterra e Instituto Nacional da Água de Portugal), ou órgãos de natureza local (ex.: agências hidrogeográficas da França). A diretiva admite bastante flexibilidade em relação a questões de governança para que Estados-Membros com estruturas sociopolíticas diferentes possam determinar a melhor forma de organização a ser adotada para alcançar os objetivos (Grantham et al., 2007).

A diretiva também prevê uma análise econômica dos usos da água em cada distrito ou bacia hidrográfica. Essa análise econômica é necessária para que possam ser efetuados os cálculos relevantes, levando em consideração o princípio da recuperação de custos e utilizando estimativas volumétricas, de preços e de custos dos serviços de água; estimativas de investimentos atuais e previstos para o futuro; e estimativas dos efeitos sociais, ambientais e econômicos da recuperação. A análise deve também levar em consideração previsões de longo prazo da oferta e demanda de água em cada distrito ou bacia, para que possam ser tomadas decisões quanto às formas e combinações de medidas mais efetivas em termos de custo-benefício, visando a dar subsídios ao programa de medidas (Artigo 11) e ao Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica (Artigo 13).

Rússia

Mais recentemente, em 2006, a Rússia reeditou seu código das águas (Federação Russa, Código das Águas nº. 174-3)

com enfoque sobre a gestão integrada e regional das águas. Os princípios fundamentais desse código inclui o conceito de que a proteção de corpos de água (tanto superficiais quanto subterrâneos) tem prioridade sobre sua utilização; que a utilização não deve prejudicar o meio ambiente; e que a prioridade da utilização será o abastecimento de água potável e outros usos domiciliares (Simpson, 2007). Entre as inovações, estão a abordagem focalizada na bacia hidrográfica, a introdução de esquemas de gestão integrada por bacia hidrográfica e a participação da sociedade civil no processo decisório.

Em termos da qualidade da água, o código estabelece limites máximos permitidos de concentrações de componentes químicos, de substâncias nuclear, de micro-organismos e outros índices de qualidade da água. Essas normas são desenvolvidas pelas autoridades executivas federais responsáveis por cada bacia hidrográfica. Em se tratando de corpos de água utilizados para o abastecimento de água potável, foram estabelecidas zonas especiais de prevenção de poluição. Um sistema de regulamentos e proibições foi estabelecido para descargas de esgoto, bem como para lançamentos e descargas de substâncias prejudiciais. Foi também instituído um sistema de monitoramento, organizado em cada bacia hidrográfica, para que possam ser realizadas observações regulares relativas à qualidade e à quantidade de água, os regimes de uso da água, o processamento de dados e a atualização de cadastros estaduais de usuários. O cadastro estadual da água, que pode ser acessado por qualquer pessoa interessada (Artigo 31), é a compilação da documentação sobre os corpos de água e bacias hidrográficas, a qualidade e quantidade da água, os usos da água, as instalações hidrotécnicas e as zonas de proteção da água. O cadastro reúne também documentação sobre acordos e determinações sobre usos da água.

Políticas, leis e regulamentos

A abrangência dos regulamentos aplicáveis à qualidade da água varia muito entre diferentes países e regiões – desde a total ausência de quaisquer regulamentos sobre poluição hídrica (em Mianmar, por exemplo) até os marcos regulatórios muito detalhados (Diretiva-Quadro sobre o Domínio da Água da União Europeia – 2000/60/ CE). Um marco político forte é o passo inicial essencial para a regulação efetiva da qualidade da água. Muitas vezes, a falta de uma abordagem abrangente reduz a eficácia de políticas de gestão das águas. Por exemplo, uma análise de políticas de recursos hídricos em países da África oriental e ocidental verificou que “a qualidade da água é afetada por diversas outras atividades como: saneamento e disposição final de resíduos sólidos e líquidos; caso as leis a respeito destes fatores não sejam formuladas em conjunto e compatibilizadas com outras leis nacionais em vigor, a gestão da qualidade da água ficará prejudicada” (MetaMeta/ODI, 2006). Desafios dessa natureza conduziram ao desenvolvimento e à aplicação cada vez maior

da abordagem de gestão integrada de recursos hídricos (Integrated Water Resources Management – IWRM). Essa abordagem requer um exame das articulações biofísicas e socioeconômicas existentes entre setores normalmente estanques (indústria e meio ambiente) e entre atividades a montante e impactos a jusante.

“A gestão integrada de recursos hídricos é um processo por meio do qual é promovido o desenvolvimento coordenado de gestão da água, do solo e de recursos afins para maximizar os benefícios econômicos e sociais de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais” (GWP-TAC, 2000).

É necessário que regulamentos bem elaborados e passíveis de fiscalização sejam instituídos logo após a instituição de uma política que assegure a boa qualidade da água. Regulamentos mal elaborados ou defasados não serão capazes de atender a todos os requisitos necessários para garantir a boa qualidade da água. Por exemplo, durante um recente levantamento sobre normas atinentes à qualidade de águas superficiais em países da Europa Oriental, do Cáucaso e da Ásia Central, foi constatado que, apesar de todos os países terem bons regulamentos em vigor sobre a qualidade da água, a maioria dos lagos e dos rios foram considerados “moderadamente poluídos”. Muitas das normas referentes à qualidade de águas superficiais contidas nesses regulamentos estavam defasadas ou excessivamente rígidas, em vista da limitada capacidade do governo e da fiscalização para realizar monitoramento e garantir aplicação das normas (Secretaria da Força Tarefa da EAP – 2008). As limitações institucionais e de investimento serão abordadas na próxima seção.

Além de baixar regulamentos direcionados ao controle direto da poluição hídrica, outra abordagem efetiva e preventiva para melhorar a qualidade da água é a regulação e a redução do uso de contaminantes. Recentemente, a União Europeia reeditou suas normas sobre o controle de componentes químicos, com vistas a aprimorar a identificação e a mitigação de riscos à saúde. Essa nova política de registro, avaliação, autorização e restrição de produtos químicos (REACH) obriga as empresas da indústria química a assumir o ônus de assegurar que seus produtos não apresentem qualquer risco à saúde humana ou ao meio ambiente (GAO, 2007).

Estabelecimento de normas de qualidade da água

A formulação de normas específicas e obrigatórias sobre a qualidade da água pode auxiliar no desenvolvimento de ações para melhorar a qualidade da água, ao apontar

responsabilidades pela implementação de medidas de controle da poluição e pelo monitoramento da qualidade hídrica. Normas vinculantes são geralmente estabelecidas em nível nacional, mas existem também normas supranacionais, como a Diretiva-Quadro sobre Domínio da Água da União Europeia. Muitos países estabeleceram regulamentos referentes à qualidade da água potável para proteger a saúde humana.⁸ Por exemplo, nos Estados Unidos, os níveis de contaminantes na água potável são objeto da Lei de Água Potável Segura (Safe Drinking Water Act), e a Organização Mundial da Saúde (OMS) informa que três quartos dos países de sua região africana e mais de três quartos dos países de sua região do Sudeste Asiático possuem normas nacionais atinentes à água potável (OMS-África, 2000; OMS-SEA, 2003). A União Europeia (UE) elaborou normas sobre níveis de contaminantes na água potável para seus países-membros (Diretiva do Conselho 98/83/CE). Essas normas ajudam a garantir que a água potável seja, de fato, própria para consumo humano.

Normas referentes à qualidade das águas superficiais já foram implementadas em muitos países. Essas normas podem tomar a forma de limites sobre os teores de contaminantes em efluentes, ou limites sobre os níveis de contaminantes na água. Bem menos comuns são os regulamentos atinentes à qualidade das águas subterrâneas, mas em alguns países já estão em vigor normas referentes a águas subterrâneas. A Diretiva-Quadro sobre Domínio da Água da União Europeia estabelece Normas de Qualidade Ambiental para 33 poluentes encontrados em águas superficiais e subterrâneas e águas costeiras (Diretiva 2006/7/CE). Estabelece, também, normas para descargas de nitrogênio e fósforo, lançadas por estações de tratamento de efluentes urbanos em corpos de água sensíveis (Diretiva 98/15/EEC).

Diretrizes internacionais de qualidade da água

Diretrizes internacionais de qualidade da água podem auxiliar no estabelecimento de níveis de proteção padronizados referentes à saúde humana e ambiental relacionados à água em todos os países e ajudar na elaboração de normas viáveis de qualidade da água. Por exemplo, diretrizes para níveis de contaminantes da água potável foram desenvolvidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2008). Muitos países estabelecem suas normas de água potável com base nessas diretrizes, com modificações para refletir as realidades econômicas e tecnológicas de cada país (Carr e Neary, 2008). As diretrizes reduzem a necessidade de realizar avaliações, análises de custo-benefício e pesquisas quando da criação de novos regulamentos atinentes à água potável, por já contarem com

⁸ Para um panorama de normas sobre a água potável por país, veja Carr e Neary (2008).

informações sobre os níveis de diferentes contaminantes que podem ser considerados seguros para consumo humano. Ademais, as normas internacionais podem servir de diretrizes interinas, antes ou enquanto um país elabora suas normas nacionais.

Existem várias outras diretrizes internacionais que podem servir de subsídio durante o processo de elaboração de normas nacionais. Com vistas a preservar as condições necessárias à produção agrícola e à proteção do solo, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) emitiu diretrizes referentes à qualidade da água utilizada na irrigação (Wescot e Ayers, 1984). A FAO também emite diretrizes para a qualidade da água necessária para pecuária e avicultura, com vistas a proteger a saúde animal e de consumidores de produtos de carne e laticínios. A OMS estabelece metas para proteger a saúde, determinando os níveis aceitáveis de contaminantes em águas servidas aproveitadas para irrigar cultivos ou na aquicultura (OMS, 2006b). Da mesma forma, existem normas e termos para procedimentos de amostragem, mensuração e elaboração de informes sobre a qualidade da água, bem como definições e medidas utilizadas em atividades dos setores de abastecimento de água potável e de tratamento de efluentes, desenvolvidos pela Organização Internacional para Padronização (ISO, 2009).

Não existem diretrizes internacionais sobre a qualidade da água ecossistêmica, e a GEMS/Água observa que:

É mais difícil estabelecer diretrizes para a proteção da vida aquática, principalmente pelo fato de os ecossistemas aquáticos variarem enormemente em sua composição espacial e temporal e de os limites dos ecossistemas raramente coincidirem com os limites territoriais. Existe, portanto, um movimento entre as comunidades científica e de pesquisas regulatórias para identificar condições naturais químicas subjacentes que não sejam tóxicas para os seres humanos ou animais, que possam ser utilizadas como diretrizes para a proteção da vida aquática (PNUMA GEMS/Água, 2006a). O estabelecimento de diretrizes para a qualidade de águas poderá auxiliar na simplificação e na integração de considerações atinentes a regulamentos sobre a qualidade da água em todo o mundo.

Governança e leis internacionais

O desenvolvimento de metas e políticas sobre a qualidade da água em nível internacional (por meio de encontros, conferências e reuniões de cúpula, patrocinados pela ONU e pelos Fóruns Mundiais da Água, por exemplo) orientam e apoiam as ações empreendidas em nível nacional. Esforços das Nações Unidas, de outras organizações internacionais e de ONGs são importantes para incentivar a mobilização

da vontade política em todo o mundo e para enfrentar problemas de qualidade da água, bem como para prestar apoio técnico, financeiro etc., visando a desenvolver as capacidades necessárias e apresentar soluções efetivas aos desafios da proteção da qualidade da água (Figura 9).

Gestão de águas transfronteiriças

Diversos rios, lagos e aquíferos transcendem fronteiras políticas. Bacias hidrográficas compartilhadas por dois ou mais países abrangem cerca de metade da superfície terrestre e atendem às necessidades hídricas de aproximadamente 40 por cento da população mundial (Wolf et al., 1999). Bacias hidrográficas transfronteiriças exigem gestão cooperativa para assegurar que os recursos sejam compartilhados de forma equitativa entre os países. A gestão da qualidade da água, especialmente por meio da prevenção da poluição e do controle de poluição a montante é importante para assegurar que países a jusante não sejam injustamente prejudicados por poluição proveniente de fontes além de suas fronteiras. Lamentavelmente, a poluição hídrica transfronteiriça é um grande problema em várias partes do mundo; a Avaliação Global sobre Águas Internacionais (Global International Waters Assessment – GIWA) constatou que “a poluição transfronteiriça é apontada como a principal preocupação em um quarto dos relatórios regionais da GIWA, sendo elencada por mais de um terço das equipes regionais como a segunda preocupação mais grave” (PNUMA, 2006).

Diferentes tipos de poluentes provocam diferentes danos a jusante, dependendo de sua mobilidade, capacidade de acumulação e persistência no meio ambiente. Os poluentes orgânicos persistentes (POPs) são uma preocupação preeminente, em vista de sua longa duração e de seus impactos adversos potenciais à saúde humana e ao meio ambiente (PNUMA, 2006). O sistema hidrográfico Ganges-Brahmaputra, na Índia, recebe lançamentos de produtos petroquímicos, de agrotóxicos e de outros efluentes industriais, como também de esgoto e escoamento superficial de áreas agrícolas, antes de atravessar a fronteira com Bangladesh (IEDS, 2003). Existem, contudo, muitos outros tipos de contaminantes que podem provocar poluição hídrica transfronteiriça. No Mar Negro, cuja bacia de drenagem engloba 23 países, a eutrofização provocada principalmente por escoamento superficial agrícola foi identificada como a mais incandescente questão ambiental. Os estragos ambientais no Mar Negro provocaram uma diminuição nas receitas do turismo, estimada em US\$ 360 milhões (PNUMA, 2006).

Apesar da existência de muitos acordos internacionais sobre a gestão de recursos hídricos, esses geralmente não abordam questões atinentes à qualidade da água (Jagerskog e Phillips, 2006). A falta de focalização sobre o aspecto da qualidade da água é uma questão problemática para

Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes

Apesar de não existirem normas internacionais aplicáveis sobre a qualidade da água, há diretrizes elaboradas pela Organização Mundial da Saúde e diversos acordos internacionais referentes a questões específicas atinentes à qualidade da água, por exemplo, os poluentes orgânicos persistentes (POPs). Estes são substâncias químicas, como PCB e DDT, que persistem no meio ambiente e bioacumulam na cadeia alimentar. Por existirem evidências de transporte de longo percurso dessas substâncias para regiões onde nunca foram utilizadas ou produzidas – assim representando uma ameaça para o meio ambiente global –, a comunidade internacional, em várias ocasiões, fez apelos para que sejam tomadas providências no sentido de reduzir e eliminar os lançamentos desses componentes químicos (PNUMA, POPs).

Em 2000, após muita insistência por parte do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, um comitê intergovernamental de negociação celebrou um acordo para redução e controle de descargas de POPs, como medida internacional com força vinculante.

Inicialmente, a minuta da convenção objetivava 12 substâncias: aldrin (inseticida); dieldrin (inseticida); endrin (inseticida); chlordane (inseticida); heptachlor (inseticida); toxaphene (inseticida); mirex (inseticida, material resistente a fogo); hexachlorobenzene (fungicida); PCB (óleo isolante, condutor de calor); DDT (inseticida); dioxinas; e furans.

A Convenção entrou em vigor em 2004, com ratificação inicial por 128 partes e 151 signatários. Os signatários se comprometem a proibir essas 12 substâncias químicas, limitar o uso de DDT ao controle da malária e coibir a produção eventual de dioxinas e furans. Os países-parte da convenção concordaram em aderir a um processo, pelo qual a pauta de produtos químicos possa ser revista, desde que esses produtos atendam a certos critérios de persistência e ameaça transfronteiriça. Nove substâncias químicas novas foram acrescentadas à pauta em 2009. Em janeiro de 2010, havia 169 países-parte da Convenção representando a grande maioria dos países (Figura 9).

Convenção de Estocolmo – Situação de Ratificações em 28/01/2010

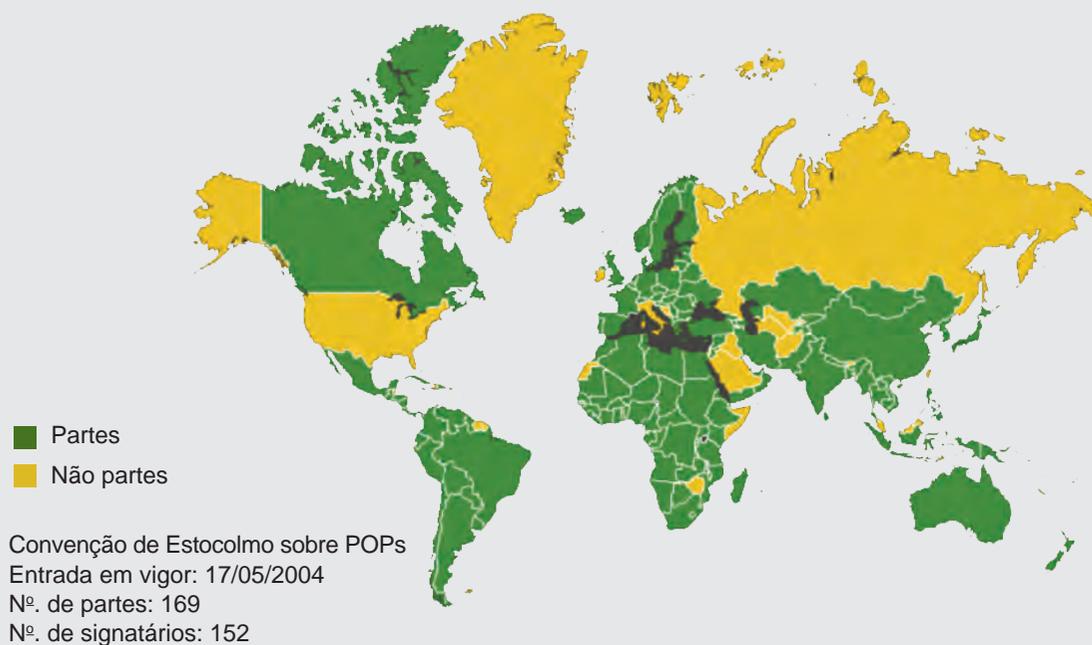


Figura 9. Situação da ratificação internacional da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (partes da Convenção mostradas em verde)

os países a jusante. Por exemplo, na década de 1950, as águas do Rio Colorado recebidas pelo México estavam excessivamente salinas e impróprias para a irrigação. Após extensas negociações com os Estados Unidos (país a montante) e emendas ao tratado que rege a alocação das águas do Rio Colorado, foram adotados limiares de salinidade hídrica para as águas recebidas pelo México (Hundley, 1966).

Alguns tratados e outros acordos internacionais referentes à gestão de águas transfronteiriças estimulam a cooperação transfronteiriça e servem como marco para criação de mecanismos de apoio à implementação de soluções transfronteiriças para a qualidade da água. Existem diretrizes internacionais gerais e tratados bilaterais ou multilaterais específicos para orientar a gestão de águas transfronteiriças. Ao longo da história, diversas diretrizes internacionais sobre gestão transfronteiriça de recursos hídricos foram implementadas, sendo que, atualmente, as mais relevantes são a Convenção sobre a Lei de Usos não Navegacionais dos Cursos de Água Internacionais (Convenção da ONU) e as Regras de Berlin.

A Convenção das Nações Unidas, adotada pela Assembleia Geral, em maio de 1997, é atualmente o instrumento internacional mais forte sobre a gestão de águas transfronteiriças, apesar de não ter sido ratificada por número suficiente de países para que possa entrar em vigor (Salman, 2007). A Convenção contém vários princípios relevantes para a gestão da qualidade da água em bacias hidrográficas transfronteiriças, entre eles a obrigação dos Estados de tomar todas as medidas cabíveis para evitar prejuízos provocados pelo uso das águas a outros Estados, bem como a obrigação dos Estados de cooperar, na base de igualdade, integridade, benefício mútuo e boa-fé, para assegurar o melhor aproveitamento e proteção de cursos de água compartilhados (Cooley et al. 2009).

As Regras de Berlin, elaboradas em 2004, pela Associação de Direito Internacional (International Law Association – ILA), compõem o conjunto de regras internacionais mais recentes para a gestão de águas transfronteiriças. Essas regras têm como base não apenas a Convenção das Nações Unidas e regras internacionais mais antigas, mas também agregam preocupações emergentes, como a integridade ecológica, a sustentabilidade e a participação pública. Uma distinção importante entre a Convenção das Nações Unidas e as Regras de Berlin é que a primeira categoriza danos apenas como um fator de determinação equitativa e aproveitamento razoável; enquanto as Regras de Berlin estabelecem explicitamente a ausência de danos e o aproveitamento razoável e equitativo como objetivos de igual importância (Cooley et al., 2009; Salman 2007).

Ademais, existem aproximadamente 300 acordos transfronteiriços multilaterais e bilaterais (Gleick, 2000;

PNUMA/OSU, 2002) – contudo, poucos (4 por cento) dos tratados negociados no século XX focalizam a poluição hídrica (Jagerskog e Phillips, 2006). A integração do tema qualidade da água nos tratados sobre águas transfronteiriças seria um mecanismo para alcançar a implementação de soluções para a melhoria da qualidade da água.

Financiamento da melhoria da qualidade da água

Muitas vezes, assegurar uma suficiência de recursos de capital é um desafio crucial para as instituições. O custo de tratar a água até que alcance padrões de pureza mais elevados, de realizar o monitoramento adequado da qualidade da água, de analisar os dados para identificar violações e de assegurar a aplicação efetiva de normas no campo é bastante elevado. Investir em treinamento e capacitação de instituições e gestores da água é um primeiro passo para a implementação da regulação da qualidade da água. Lamentavelmente, os recursos alocados para tratamento de água, monitoramento da qualidade da água e fiscalização da qualidade da água são inadequados na maioria dos países. Segundo o Relatório de Avaliação Global de Abastecimento de Água e Saneamento (Global Water Supply and Sanitation Assessment Report – OMS, 2000) em média, os países gastam muito mais com a quantidade de água (isto é, abastecimento) que com a qualidade (saneamento).

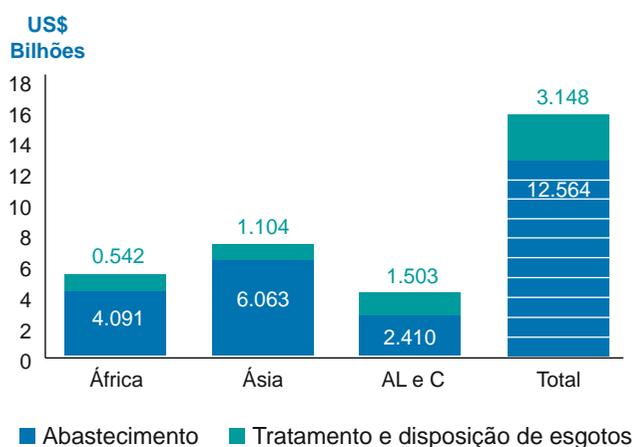


Figura 10. Total anual de investimentos em abastecimento de água, comparado ao total de investimentos em tratamento e disposição inadequada de esgotos domésticos, na África, na Ásia, na América Latina e no Caribe, 1990–2000. Fonte: OMS e UNICEF 2000

Do total de aproximadamente US\$ 16 bilhões de investimentos no setor água, apenas um quinto é direcionado a saneamento. O fato de apenas 60 por cento da população global ter acesso a saneamento melhorado

se explica, em parte, pelo baixo nível de investimento em saneamento, comparado ao total de investimento no setor água como um todo (OMS, 2000). Por exemplo, na Rússia, devido à inexistência ou à precariedade da infraestrutura, mais de 60 por cento dos efluentes lançados não atendem aos requisitos básicos de qualidade da água, e especialistas estimam que menos da metade da população russa tem acesso à água potável segura. Representantes do Estado informam que, para concluir os aprimoramentos necessários e construir novas infraestruturas de abastecimento de água e saneamento na Rússia até 2020, seriam necessários 15 trilhões de rubles (US\$ 459 bilhões) (Zagden, 2009). A Rússia já tomou algumas medidas em direção à reforma, por exemplo, a aprovação de um novo código das águas, em 2006, que, entre outras medidas, institui um sistema mais rigoroso com base nos princípios “poluidor paga” e “usuário paga” com vistas a arrecadar os recursos necessários à implementação de melhorias na gestão da qualidade e do tratamento da água (para maiores informações, veja Seção III: Governança e regulação).

Conforme já mencionado, os investimentos direcionados à qualidade da água em todo o mundo são poucos, comparados aos direcionados ao abastecimento de água, estando muito abaixo dos valores necessários para

o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Levando em consideração que as estimativas de investimentos adicionais necessários para alcançar as metas referentes à água e saneamento em todo o mundo, até 2015, são da ordem de US\$ 2 a US\$17 bilhões/ano, é imprescindível a aplicação de mecanismos de financiamento e ferramentas de planejamento.

Economias de escopo

O movimento para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos abre oportunidades em termos de financiamento, uma vez que possibilita o alcance de novas economias de escopo. Uma economia de escopo existe quando uma unidade ou programa que produz mais de um tipo de produto ou serviço é mais econômica que duas unidades ou dois programas distintos que produzem a mesma quantidade desses produtos ou serviços.

As economias de escopo em sistemas aquáticos estão entre as forças econômicas menos reconhecidas por trás do crescimento de um paradigma de gestão integrado. No passado, a falta de coordenação entre disciplinas funcionais era menos onerosa ou inferior ao custo da coordenação além de limites funcionais. Atualmente, contudo, o custo da falta de coordenação é bem mais elevado, fazendo

Estudo de caso

Desenvolvendo capacidades para o atendimento dos regulamentos ambientais na bacia do Rio Danúbio

O Rio Danúbio, na Europa Central, é compartilhado por 18 países e encontra-se bastante poluído por resíduos industriais e de outras origens. Um avaliação do Rio, realizada em 1999, constatou a presença de substâncias perigosas, a contaminação microbiana e as altas cargas de nutrientes que provocam a eutrofização (Vousden, 2007) e identificou 130 principais poluidores industriais em 11 países (IW LEARN TEST). Para responder ao problema da poluição, em 2001, a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) iniciou um projeto de Transferência de Tecnologias Ambientalmente Corretas (TEST) para o rio. O programa TEST busca desenvolver capacidades nas instituições e serviços industriais que possibilitem a identificação das formas menos onerosas de se cumprir com os regulamentos ambientais por meio de mecanismos como a produção limpa, os sistemas de gestão e contabilidade ambiental e a seleção de tecnologias ambientalmente corretas (UNIDO TEST).

O projeto no Rio Danúbio buscava demonstrar que é possível alcançar metas ambientais e ao mesmo tempo manter – ou melhorar – a produtividade econômica e a competitividade, à medida que determinados poluidores industriais atendam às normas de integração à União Europeia e da Convenção para a Proteção do Rio Danúbio. Mais de 90 empregados foram capacitados no uso da abordagem TEST, e mais de 230 medidas de produção limpa foram implementadas (UNIDO TEST).

O êxito do projeto foi verificado não apenas pela redução da poluição hídrica, mas também pela geração de diversos benefícios para as empresas participantes, incluindo redução de multas; diminuição de custos associados a resíduos (incluindo a reciclagem de resíduos); melhora da qualidade do produto final; e geração de oportunidades de *marketing* (Vousden, 2007).

Financiando a fiscalização por meio de multas por poluição na Colômbia

A região de Antioquia Oriental na Colômbia tem tido sucesso no combate à poluição hídrica por meio de regulação e incentivos. Corpos de água na Colômbia foram altamente poluídos pelo lançamento de resíduos industriais e agrícolas sem tratamento, o que contribuiu para os altos índices de doenças relacionadas à água. Para enfrentar esse problema, em 1995, a Antioquia Oriental começou a fechar fábricas e instituir multas. Porém, muitas fábricas encontraram formas de contornar os regulamentos e, em 1997, a lei foi modificada e substituída por uma abordagem de incentivos ao atendimento das normas de qualidade da água pela cobrança sobre os poluidores por unidade de demanda biológica de oxigênio (*biological oxygen demand* –

BOD) e pelo total de sólidos suspensos nas descargas efetuadas. As cobranças pela poluição têm início em um patamar baixo, aumentando a cada seis meses caso a poluição continue; isso cria um incentivo para a redução de descargas e para a aquisição de tecnologias de tratamento de efluentes (Kraemer et al., 2001). Um dos componentes essenciais do sucesso desta iniciativa foi a definição de que as cobranças deveriam ser pagas às autoridades locais, proporcionando, assim, incentivos e recursos para a aplicação da lei.

No primeiros cinco anos, os resíduos orgânicos foram reduzidos em 27 por cento, e os sólidos em suspensão diminuíram em 45 por cento (Blackman, 2006).

que instituições de todo o mundo prescindam do trabalho articulado. Por exemplo, uma nova barragem ou reservatório que venha a destruir recursos biológicos significativos e desalojar milhares ou milhões de pessoas será alvo de oposição política e, portanto, os méritos respectivos de abastecimento de água e bens e serviços que dependem do fluxo livre do rio terá de ser considerado. Da mesma forma, não é mais possível localizar pontos de captação a montante de pontos de lançamento de águas servidas. Os planejadores de abastecimento de água e de lançamento de efluentes são obrigados, por pressões populares e pelo crescimento urbano, a considerar questões referentes a abastecimentos de água bruta e a descargas de efluentes, tudo ao mesmo tempo. Caso exista uma solução que proporcione fontes adicionais de abastecimento de água e que ao mesmo tempo melhore o tipo de serviço oferecido (serviços ecossistêmicos ou desenvolvimento econômico local, por exemplo) é possível afirmar que essa solução está aproveitando uma economia de escopo. Soluções que aproveitam economias de escopo estão se tornando cada vez mais comuns, pois avanços tecnológicos proporcionam economias de escopo e facilitam seu aproveitamento, fazendo que instituições de gestão da água atuem de forma cada vez mais integrada.

Fortalecimento de capacidades institucionais

A administração de políticas e a aplicação de leis referentes a recursos hídricos está a cargo de instituições nos níveis internacional, nacional e subnacional. Essas instituições

são responsáveis pela implementação de normas que, muitas vezes, estão expressas em linguagem muito ampla, que pode exigir a elaboração de regulamentos e normas específicas, bem como procedimentos de monitoramento e fiscalização. A escala, a estrutura e o escopo das instituições responsáveis pela gestão de recursos hídricos variam não apenas entre países, mas também dentro deles, assim como entre instâncias locais, área de captação e instâncias nacionais; variando desde comitês participativos até burocracias hierárquicas; e desde entidades com missão única (coleta e tratamento efluentes, por exemplo) até aquelas que praticam a gestão integrada (ou seja, entidades em escala de bacia hidrográfica com atribuições que englobam ordenamento territorial e uso da água).

O sucesso de ações de controle da poluição hídrica depende, em grande parte, da efetividade dessas instituições que, por sua vez, dependem da disponibilidade de recursos financeiros, conhecimento especializado, vontade política e mecanismos de fiscalização. Por exemplo, é comum, em países com instabilidades sociais ou políticas, faltar recursos ou vontade política para implementar e fiscalizar a aplicação de regulamentos para a qualidade da água e, em alguns países (como Congo, Afeganistão, Cazaquistão), faltam até mesmo normas rudimentares para a água potável (PNUMA GEMS/Água, 2008). Atualmente, é amplamente reconhecido que são os fatores sociais – e não problemas de ordem técnica – que provocam falhas na proteção da qualidade da água.

Regulação bem sucedida da qualidade de águas por meio de mecanismos do tipo poluidor-pagador nos Países Baixos

Durante os anos de 1960 na Holanda, as cargas de poluição hídrica e especialmente de poluentes orgânicos chegaram a níveis tão elevados que passaram a interferir com a disponibilidade de água potável para o abastecimento, a recreação e a agricultura. Em 1970, com a aprovação da Lei sobre a Poluição de Águas Superficiais, o país instituiu um sistema de multas por poluição cuja eficácia tem sido comprovada na redução da poluição hídrica. O sistema baseia-se no princípio de que a água precisa ser limpa, não apenas para usos humanos (água potável, agricultura, indústria), mas também para a manutenção de ecossistemas aquáticos (Van Erkelens e Olman 1996).

Esses regulamentos vigoram ao nível nacional, mas a gestão da água é atribuição dos governos provinciais. Todos os 12 governos provincianos dos Países Baixos delegaram as responsabilidades pela gestão da água responsabilidades às chamadas Agências da Água (Water Boards) (Hank e Von Dokkum 2002).

A implementação dos regulamentos acerca da qualidade da água nos Países Baixos é feita por meio de licenciamentos e de cobranças diretas e indiretas das fontes de biodemanda química de oxigênio e metais pesados. As licenças são concedidas pelas Agências

de Água às empresas e domicílios que lançam efluentes diretamente nas águas. Os valores das multas buscam cumprir o objetivo de recuperação plena dos custos do tratamento de esgoto (Banco Mundial - 1998). Apesar de a Holanda não ser o único país que cobra multas dos poluidores, há várias razões para o sucesso de seu sistema. Primeiramente, as multas baseiam-se no volume de poluição descarregada, o que incentiva a redução das descargas de poluentes para os menores níveis possíveis (Elkins 1999). Depois, as multas chegam a valores consideráveis e aumentam progressivamente com o passar do tempo, o que desestimula a poluição. Há também razões organizacionais por trás desse sucesso: os poluidores e a Agência de Água interagem diretamente, e há total clareza acerca das exigências apresentadas. Por último, as receitas arrecadadas são utilizadas para financiar estações de tratamento de efluentes que, por sua vez, contribuem para a melhoria da qualidade da água (Van Erkelens e Olman 1996).

Melhorias impressionantes na qualidade da água foram alcançadas em quase todas as regiões do país. Por exemplo, nos primeiros 25 anos de implementação, as descargas de substâncias captadoras de oxigênio diminuíram em 80 por cento (Van Erkelens e Olman 1996).

Fortalecimento da fiscalização

Apesar de a instituição de normas claras, abrangentes e passíveis de fiscalização serem fator indispensável para a solução de desafios persistentes referentes à qualidade da água, esses constituem apenas o primeiro passo. Para que tais normas possam ser adequadamente implementadas, é imprescindível que haja monitoramento e fiscalização. Em termos de monitoramento, medidas apropriadas precisam ser tomadas nos lugares apropriados e na hora certa, para que seja possível verificar se a norma está surtindo o efeito desejado (veja seção sobre dados e monitoramento). Caso seja constatado que uma norma foi ou está sendo violada, é necessário poder contar com procedimentos eficientes de fiscalização, para reprimir a violação e tomar providências punitivas.

A forma pela qual os países implementam e aplicam políticas varia bastante. Contudo, a maioria dos países democráticos conta com sistemas legais capazes de aplicar multas e com infraestrutura judicial em nível local ou estadual/provincial. Outra estratégia que pode ser aplicada é o bloqueio de acesso a recursos públicos, pois, em muitos casos, os poluidores – seja eles do setor público, seja do setor privado – de alguma forma dependem de créditos estatais, programas de financiamento direto ou financiamento parcial de infraestrutura etc. Os regulamentos que estabelecem normas de qualidade da água também precisam cultivar fluxos de receitas, por meio de ingressos públicos, multas e/ou cobranças de poluidores para financiar a fiscalização adequada.



© MEENA PALANIAPPAN

É claro que essa discussão pressupõe um estado funcional que não esteja falido, que seja capaz de aplicar as próprias leis e realizar um monitoramento suficientemente preciso quanto à identificação de violações das normas sobre a qualidade hídrica. Lamentavelmente, em muitos lugares, essas condições não existem. Portanto, a conformidade com as normas está vinculada ao desenvolvimento de capacidades tanto governamentais quanto da parte da sociedade civil. Contudo, além das ações de fiscalização, existem outros mecanismos que podem incentivar essa conformidade.

Mecanismos de mercado

Alguns regulamentos voltados para o mercado podem auxiliar na implementação de normas acerca da qualidade da água. Eles utilizam sinais do mercado para estimular comportamentos, como a redução da poluição, e apresentam uma alternativa aos mecanismos tradicionais de “comando e controle” que geralmente obrigam todos os poluidores a cumprir com uma única metapoluição. Devido à grande variação do custo de medidas de controle entre os poluidores de acordo com a idade e o tipo de unidade, entre outros fatores, é possível que a exigência de que todos os poluidores cumpram a mesma meta torne-se economicamente ineficiente (Stavins, 1998). Entretanto, mecanismos de mercado buscam atender a metas ambientais mediante o menor preço unitário global para a sociedade (Stavins, 1998). Entre os mecanismos de mercado que podem ser utilizados para alcançar metas de qualidade da água estão a cobrança de taxas (ou impostos) sobre a poluição hídrica e a negociação de créditos de qualidade da água. No entanto, apesar de trazerem alguns benefícios, os mecanismos de mercado também apresentam sérias desvantagens, especialmente no que se refere à redistribuição da poluição para as vizinhanças pobres.

Realizar cobranças sobre a poluição hídrica é uma forma de exigir que os poluidores paguem por suas descargas, tendo como base a quantidade e/ou o tipo de descargas poluentes (Kraemer et al., 2003). Esse procedimento motiva os poluidores a investir em tecnologias de tratamento ou em outras estratégias de redução da poluição, pois os custos deste tipo de investimento é menor que o que seria gasto com o pagamento de cobranças pela poluição produzida. Os custos de controle de poluentes variam entre as unidades produtoras, e portanto algumas delas observarão reduções de custos maiores que outras. Evidentemente, a cobrança deve ser suficientemente alta para gerar o incentivo necessários para que os poluidores reduzam suas descargas.

Os programas de créditos de qualidade da água (*Water Quality Trading – WQT*) são outro mecanismo de mercado que maximiza a eficiência econômica. Eles permitem que poluidores cujos custos de abatimento sejam altos tenham a possibilidade de pagar por determinado valor na forma de créditos de qualidade da água emitidos por poluidores com custos de abatimento mais baixos para que estes últimos reduzam ainda mais suas descargas de poluentes específicos. Para estimular esse tipo de negociação, é preciso que a definição do tipo mais adequado de regulação da qualidade da água seja feita com antecedência. Deve haver um limite máximo para os níveis de concentração de poluentes permitidos em determinado corpo de água, e essa poluição máxima permitida precisa ser distribuída entre as várias fontes poluidoras.

A negociação pode ocorrer entre qualquer combinação de fontes de poluição hídrica localizada ou difusa na mesma bacia: por exemplo, entre dois produtores agrícolas, ou entre um produtor agrícola e uma estação de tratamento de efluentes. Em Cumberland, no Estado de Wisconsin nos Estados Unidos, produtores rurais foram pagos para implementar métodos de plantio direto ou para reduzir a intensidade do revolvimento de terras com altos teores de fósforo. Esse programa resultou

na redução do teor de fósforo no Rio Red Cedar e evitou que a cidade fosse obrigada a realizar onerosas obras de melhoramento em sua estação de tratamento de efluentes (Market Watch, 2002; CTIC, 2006). No Programa de Créditos de Qualidade da Água do Lago Taupo, em Waikato Nova Zelândia, a alocação de cotas de escoamento superficial de nitrogênio foi realizada com base nas áreas cultivadas, e os agricultores que desejam ampliar seus insumos de nitrogênio precisam antes comprar créditos de qualidade da água de outros produtores da bacia (Selman et al., 2009). Em todo o mundo, 57 programas de créditos de qualidade da água foram estabelecidos em quatro países (Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia), sendo a maior parte deles nos Estados Unidos (Selman et al., 2009).

Existem, contudo, algumas preocupações sérias em relação a programas de créditos de qualidade da água. Esse tipo de abordagem tem sido criticada por grupos que clamam por justiça ambiental, alegando que nenhuma empresa deve ter o “direito” de poluir, quando essa poluição conflita com a saúde das pessoas e do meio ambiente (CEJM). A redistribuição da poluição por meio de mecanismos de mercado tem o potencial de impactar comunidades carentes de forma desproporcional. Quando o custo do abatimento da poluição é analisado à luz de recortes de renda ou raça, verifica-se que a negociação desses créditos acaba resultando em maiores concentrações de poluentes nas comunidades mais pobres ou entre as minorias (NRDC, 2003, Blacklocke, 2005). Além disto, as preocupações com a questão da equidade fazem que a negociação de créditos de poluição seja geralmente considerada imprópria no caso de contaminantes tóxicos. Em muitos programas que buscam melhorar a qualidade da água por meio de mecanismos de mercado, a avaliação dos impactos potenciais do crédito de poluição sobre a saúde humana deve ser feita com cautela, evitando programas que terão impactos negativos para as pessoas.

Pressões de consumidores e investidores

Pressões de consumidores e investidores sobre o setor privado também podem induzir mudanças de comportamento de práticas relacionadas à qualidade da água. Os consumidores podem manifestar seu descontentamento por meio de boicotes e campanhas de mídia que exponham as más práticas e exijam que as empresas realizem mudanças fundamentais com vistas a corrigir suas falhas – a exemplo das campanhas de mídia lançadas por diferentes organizações internacionais como a Corporate Accountability International e a India Resource Center e por grupos de consumidores locais contra a empresa Coca-Cola Company. Essas campanhas expõem o manejo inadequado da água, denunciando a sobre-exploração de águas subterrâneas e a descarga inapropriada de efluentes em terrenos e rios, bem como os elevados

níveis de agrotóxicos e metais pesados nos efluentes que provocam danos à saúde humana e ao meio ambiente em comunidades no entorno de fábricas da Coca-Cola.

Em resposta, a Coca-Cola Company comprometeu-se a compensar toda a água utilizada nos processos de fabricação, devolvendo-a ao meio ambiente, com vistas a neutralizar os danos potenciais do uso da água. Em 2008, a empresa fixou metas específicas para suas operações em todo o mundo, voltadas para a redução de seu consumo de água, e está empenhada em assegurar que, até 2010, 100 por cento de suas unidades de produção devolvam a água utilizada nos processos de fabricação ao meio ambiente, com qualidade adequada para sustentar a vida aquática. Por último, a Coca-Cola está engajada em atividades de recuperação de mananciais e preservação de bacias hidrográficas por meio de programas comunitários de sustentabilidade hídrica. Apesar de não corresponder a todas as más práticas identificadas pelas campanhas de mídia – particularmente em relação à qualidade da água –, essas ações indicam que é possível mudar políticas empresariais pela pressão de consumidores e investidores, melhorando, assim, as práticas de manejo da água.

Mudança das normas sociais

As normas sociais são convenções tácitas que orientam comportamentos, incluindo valores, crenças e atitudes. Mesmo podendo variar entre culturas, faixas etárias e classes sociais, essas normas têm grande poder e impacto sobre as escolhas cotidianas. Por exemplo, a adoção de regulamentos sobre higiene e saneamento foi, em grande medida, impulsionada por mudanças nas percepções e normas sociais. Mais recentemente, a ação de movimentos em favor do meio ambiente e de mudanças institucionais em escala internacional e local tornaram a reciclagem de materiais uma prática comum em muitos centros urbanos nos países mais ricos. Países como Austrália, Canadá, Dinamarca, Alemanha, Noruega e Suécia possuem atualmente regulamentos detalhados sobre contêineres de coleta de resíduos sólidos.

Em alguns desses países, a taxa de reciclagem de garrafas plásticas é próxima aos 90 por cento. Na Suíça, existem recipientes para a coleta de garrafas em todos os supermercados, com aberturas distintas para garrafas de vidro transparentes, verdes e marrons e para garrafas de plástico. Em consequência disso, 80 por cento das garrafas de plástico do tipo PET são recicladas, proporção muita acima da média europeia (de 40 por cento) (Gleick, 2010). Alguns países estão implementando programas de devolução (*take-back*) que obrigam as empresas a reduzir seus volumes de resíduos ou a aceitar a devolução de resíduos das embalagens de seus produtos para reciclagem ou disposição final.



© JEROME SKIBA/ISTOCKPHOTO.COM

V. Conclusões e recomendações

O mundo enfrenta um rápido aumento do conjunto de desafios à qualidade da água, contudo, ainda existem soluções efetivas que podem ser implementadas. Existem diversas escalas de soluções para os problemas da qualidade da água. A situação da qualidade da água e os regimes regulatórios que protegem esta qualidade variam muito nos diferentes países do mundo.

Em regiões que carecem de políticas nacionais específicas ou de fiscalização adequada, sistemas de proteção em nível subnacional ou de bacia hidrográfica podem apresentar alternativa efetiva. Soluções de vizinhança ou domiciliares podem ser especialmente efetivas em lugares onde os serviços municipais de tratamento de água potável e de coleta e tratamento de esgoto inexistem ou não atendem a parcelas significativas da comunidade. Ademais, a demanda comunitária por regulação, fiscalização e incentivos para a melhoria da qualidade da água pode ser útil em todas essas escalas.

Em nível domiciliar, o tratamento efetivo da água potável pode ser de grande importância para melhorar a saúde humana e dos ecossistemas. Quando se trata das discussões relacionadas à qualidade da água, a bacia hidrográfica é considerada a unidade funcional mais importante, pois reúne todas as diferentes fontes, usuários e poluentes. Em cada país, os regulamentos nacionais, os financiamentos, a padronização e o monitoramento podem promover avanços das reformas que devem ser empreendidas localmente. Ao nível internacional, o aumento da atenção dedicada à questão da qualidade da água, o desenvolvimento de diretrizes e normas, bem como a promoção de intercâmbios de lições aprendidas e experiências bem-sucedidas podem servir de apoio a iniciativas locais.

O envolvimento desigual de homens e mulheres em situação de vulnerabilidade tem prejudicado alguns programas e projetos direcionados à garantia da sustentabilidade da gestão de recursos hídricos. As relações de poder muitas vezes deixam as mulheres em posição de desvantagem. A aplicação de uma análise de gênero abrangente ajuda a assegurar o sucesso na definição de legislação, políticas e programas orientados à promoção da melhoria da qualidade da água e à distribuição equitativa de recursos hídricos.

Um dos princípios básicos da Gestão Integrada de Recursos Hídricos é que as mulheres devem ser reconhecidas como atores centrais no fornecimento, na gestão e na proteção da água. Em vista do papel tradicional das mulheres na gestão de recursos hídricos, seus conhecimentos e habilidades devem ser levadas em consideração nos processos de planejamento e execução de ações.

Recomendações para a solução dos desafios globais da qualidade da água passam pela educação e pela capacitação de recursos humanos, o estabelecimento de um marco legal, a disponibilização de recursos financeiros, tecnológicos e de infraestrutura, a coleta e processamento de dados e o monitoramento. Esses fatores são apresentados a seguir (Tabela 8) e detalhados na próxima seção.

Recomendações

Ações educativas e de capacitação

Avanços na melhoria da qualidade da água podem ser alcançados por meio do difícil trabalho de mudança das

Tabela 8. Matriz de soluções por escala

	Educação e capacitação	Marco legal	Recursos financeiros	Tecnologia e infraestrutura	Dados e monitoramento
Internacional	<p>Ampliar campanhas globais de educação e conscientização.</p> <p>Promover a igualdade de gênero na tomada de decisões e nos processos participativos.</p>	<p>Promover políticas modelo para prevenir contra a poluição.</p> <p>Criar diretrizes internacionais sobre a qualidade da água ecossistêmica.</p> <p>Criar padrões para a caracterização da qualidade dos fluxos de água e localizar áreas para ações de remediação.</p> <p>Fortalecer marcos de governança transfronteiriça para a gestão compartilhada de recursos hídricos.</p> <p>Promover boas práticas e gestão integrada de recursos hídricos entre organizações de bacias hidrográficas.</p>	<p>Desenvolver análises de custo-benefício sobre questões relacionadas à qualidade da água.</p> <p>Desenvolver campanhas dirigidas a consumidores e investidores para pressionar o setor privado a reduzir a poluição hídrica.</p> <p>Mobilizar recursos financeiros para infraestruturas comprovadamente eficientes em termos da relação custo-benefício do abastecimento de água e do tratamento de efluentes, em diferentes escalas.</p> <p>Mobilizar recursos financeiros para outras recomendações.</p> <p>Avaliar os serviços ecossistêmicos, incluindo-os nas análises econômicas.</p>	<p>Assegurar que as agências internacionais de financiamento custeiem projetos de infraestrutura e abastecimento de água que protejam e/ou melhorem a qualidade da água.</p>	<p>Criar, em nível internacional, protocolos de dados, em formatos padronizados e com arranjos de compartilhamento.</p> <p>Criar padrões e um cronograma recomendado para o monitoramento.</p> <p>Aumentar a participação dos países em desenvolvimento e países em transição econômica no monitoramento, na avaliação e nos informes sobre a qualidade da água.</p> <p>Desenvolver acessos livres a dados de satélite. dados adequados para o monitoramento da qualidade de águas interiores e costeiras em países desenvolvidos e em desenvolvimento.</p> <p>Monitorar a qualidade da água em escalas de longo prazo e em escalas espaciais amplas.</p>
Nacional	<p>Desenvolver capacidades de gestão de recursos hídricos por meio de programas de educação formal voltados para a capacitação de futuros especialistas, tomadores de decisão, planejadores e para o público em geral.</p> <p>Realizar campanhas de conscientização para o público em geral e formuladores de políticas.</p>	<p>Exigir que as políticas assumam abordagens integradas de gestão de recursos hídricos.</p> <p>Regular a qualidade e a quantidade de água potável disponível.</p> <p>Focar a prevenção contra a poluição.</p> <p>Estabelecer padrões passíveis de fiscalização para a qualidade da água que protejam a saúde humana e do ecossistema.</p> <p>Alterar códigos de construção e processos de planejamento para levar em consideração opções não estruturais de tratamento de água (ex. desenvolvimento de baixo impacto, proteção de mananciais).</p> <p>Promover uma abordagem abrangente para a legislação hídrica em todas as áreas (resíduos gestão, segurança química etc.).</p> <p>Promover acesso à informação, à participação pública e acesso à justiça em matéria ambiental.</p>	<p>Estabelecer os princípios de poluidor-paga e beneficiário-paga.</p> <p>Evitar subsídios inapropriados para infraestrutura hídrica de serviços.</p> <p>Propiciar incentivos de mercado apropriados para estimular o uso e a alocação eficiente, protegendo os interesses das pessoas mais pobres e daquelas que não têm acesso aos mercados.</p>	<p>Prover assistência financeira às comunidades carentes de serviços de abastecimento de água potável e infraestrutura de saneamento.</p>	<p>Monitorar principais indicadores da qualidade da água e do ecossistema para identificar a efetividade de medidas jurídicas e outras medidas.</p> <p>Avaliar a qualidade de água junto aos ecossistemas de forma a identificar as necessidades mínimas de água desses ecossistemas.</p> <p>Desenvolver capacidades nacionais de coleta, gerenciamento e análise de informações sobre a qualidade da água.</p> <p>Avaliar as conexões existentes entre a qualidade e a quantidade da água.</p> <p>Financiar e publicar pesquisas que apresentem uma séria estatística histórica para estabelecer as linhas de base, sazonalidade e tendências.</p> <p>Melhorar as tecnologias de monitoramento, tais como a medição em tempo real da qualidade da água; ampliação da quantidade e dos tipos de indicadores que são monitorados.</p> <p>Promover ferramentas e tecnologias de coleta de amostragem confiáveis, de baixo custo e rápidas.</p>

Continua...

	Educação e capacitação	Marco legal	Recursos financeiros	Tecnologia e infraestrutura	Dados e monitoramento
Bacias hidrográficas	Definir um nível estratégico para aumento da conscientização acerca dos impactos de atos individuais na qualidade da água.	<p>Criar unidades de planejamento de alcance de bacia hidrográfica que integrem informações, identifiquem fontes de poluição e foquem na redução de insumos poluentes em tais fontes.</p> <p>Desenvolver metas de qualidade da água e parâmetros correspondentes para cada corpo de água.</p> <p>Promover acesso à informação, participação pública e acesso à justiça em matéria ambiental.</p>	<p>Utilizar cobranças de usuários que recuperem todos os custos de organização e gestão e estimulam a eficiência hídrica.</p> <p>Assegurar que as soluções aplicadas propiciem serviços ecossistêmicos para as sociedades locais.</p>	Investir em infraestrutura e gestão apropriada de bacias hidrográficas.	Desenvolver capacidades regionais para coletar, administrar e analisar informações sobre a qualidade da água.
Domicílio/comunidade	Estabelecer a conexão entre comportamentos individuais e da comunidade e os impactos na qualidade da água e desenvolver as capacidades de efetuar melhorias em saneamento e tratamento dos efluentes e da água potável.	<p>Efetuar alterações nos códigos municipais e comunitários para permitir opções inovadoras para o escoamento de águas pluviais.</p> <p>Promover acesso à informação, participação pública e acesso à justiça em matéria ambiental.</p>	Realizar investimentos.	Considerar opções de tecnologias descentralizadas de tratamento.	Rever os dados fornecidos Contribuir para soluções.



JOPHOTO/DREAMTIME.COM

normas sociais, de militância por melhorias políticas e de exigência de investimentos mais inteligentes. Uma das estratégias mais importantes para se realizar mudanças que favoreçam esses avanços é a promoção

de mudança social por meio do emprego de ferramentas de educação e capacitação.

Em um ambiente em que inexistem regulamentos, é muito fácil lançar toda sorte de objetos na água, seja eles subprodutos industriais, resíduos agrícolas, seja humanos. A existência de regulamentos e de fiscalização pode levar a mudanças de comportamento e à utilização de novas tecnologias e investimentos financeiros para melhorar a qualidade da água. Contudo, tais estratégias somente podem ser implementadas a partir do momento em que uma sociedade decide que a qualidade da água é realmente um problema. Para que as sociedades priorizem a melhoria da qualidade da água, é preciso que tenham conhecimento sobre as conexões entre a água e as coisas que as pessoas mais prezam.

Demonstrar a importância da qualidade da água para moradores, mídia, formuladores de políticas, empresários e produtores rurais pode ter uma grande repercussão em

termos de conquistar apoio para as melhorias. Um primeiro passo é a vinculação do conceito abstrato de qualidade da água com os papéis essenciais desempenhados pela água na cultura, na sociedade, na história, nos ecossistemas e na saúde humana.

A partir do momento em que as pessoas estão convencidas quanto à importância da qualidade da água, é necessário que estejam aptas a avaliar a qualidade atual de cursos de água e tenham as ferramentas e as capacidades para implementar mudanças; então, a próxima fase da campanha educativa deve focalizar a avaliação da qualidade da água. Munidos de informações sobre a importância da água limpa para a vida e a saúde, bem como de pesquisas sobre o estado atual dos cursos de água, as comunidades precisam encontrar meios de converter esses conhecimentos em melhorias da qualidade da água. Para isso, é necessário que existam ferramentas que favoreçam o engajamento com outros membros da comunidade, a mobilização da mídia, o desenvolvimento de soluções e a articulação com formuladores de políticas. Essa capacitação é um componente importante das abordagens educativas que alcançam resultados positivos por meio do aumento de conhecimentos.

Capacitação e ações educativas são necessárias em todos os níveis. Ao nível domiciliar e comunitário, podem estimular melhoras de comportamentos individuais e estimular a união da comunidade em uma voz articulada que exija o aprimoramento de regulamentos e a fiscalização. Ações educativas e de capacitação em escala mais ampla podem promover intervenções efetivas nos níveis de bacia hidrográfica, nacional e internacional em favor do desenvolvimento de normas melhores e fiscalização mais atuante para mudar comportamentos coletivos. Incluir ações educativas sobre a água nos conteúdos programáticos da educação formal é uma intervenção importante para a promoção de níveis mais elevados de consciência.

Marco legal

Na próxima década, os recursos hídricos estarão sob pressão crescente diante de desafios persistentes e emergentes provocados por fatores como o crescimento demográfico, a urbanização, os novos contaminantes e a mudança climática. A Comissão Econômica da Europa constatou recentemente que:

“O fortalecimento de instituições para a gestão da terra e da água é de importância crucial para a efetiva adaptação e deve fundar-se nos princípios da participação da sociedade civil, da igualdade de gênero, da subsidiaridade e da descentralização... A inovação social e institucional é aspecto essencial para um marco de adaptação eficiente. Isso pode implicar a revisão de arranjos de governança, mecanismos de tomada de

decisão, processos orçamentários etc.” (Diálogo sobre Gestão da Terra e dos Recursos Hídricos por Adaptação à Mudança Climática).

Da mesma forma, é preciso que os marcos legais e institucionais para a proteção da qualidade da água evoluam a partir das abordagens fragmentadas e muitas vezes impossíveis de fiscalizar existentes atualmente, rumo a um abordagem abrangente de prevenção contra poluição e proteção de mananciais, em conjunto com outras opções “sem arrependimentos” (*no-regret*) que reduzam a poluição hídrica, o consumo de energia e os riscos ambientais de uma só vez. As recomendações oferecidas aqui variam desde ações amplas a serem desenvolvidas no nível internacional a ações específicas voltadas para os níveis de bacias hidrográficas e das comunidades. Em escala internacional, é preciso desenvolver e disseminar o modelo baseado em políticas de prevenção de poluição. Ademais, devem ser desenvolvidas diretrizes para assegurar a qualidade da água ecossistêmica (como as que já existem para a qualidade do abastecimento de água potável). Na escala nacional, são necessárias novas instituições e ações regulatórias que assumam a abordagem integrada dos recursos hídricos, que priorize a prevenção da poluição e fixe padrões de qualidade da água passíveis de fiscalização. A escala das bacias hidrográficas também constitui importante nível de planejamento em termos da identificação das principais fontes de poluição e da realização de intervenções adequadas. Muitos países já estão começando a criar instituições de gestão na esfera das bacias hidrográficas, as quais oferecem importante contribuição para implementação de normas nacionais ou internacionais.

As recomendações incluem:

- criar diretrizes internacionais sobre a qualidade da água ecossistêmica;
- criar normas para a caracterização da qualidade dos fluxos de água e localizar áreas que necessitem de ações de remediação;
- promover políticas-modelo de prevenção contra a poluição;
- exigir que políticas assumam abordagens integradas de administração de recursos hídricos;
- regular a qualidade e a quantidade de água potável disponível;
- estabelecer normas de qualidade da água que protejam a saúde humana e dos ecossistemas e que sejam passíveis de fiscalização;

- alterar códigos de construção e processos de planejamento para considerar opções não estruturais de tratamento de água (ex. desenvolvimento de baixo impacto, proteção de mananciais);
- criar unidades de planejamento baseadas em bacias hidrográficas que integrem informações, identifiquem fontes de poluição e foquem na redução de tais fontes e de seus insumos;
- desenvolver metas de qualidade da água e parâmetros correspondentes para cada corpo de água; e
- alterar códigos municipais e comunitários para permitir opções inovadoras de tratamento de águas provenientes do escoamento pluvial.

Recursos financeiros

A identificação de fontes de financiamento apropriadas e a definição de métodos adequados para avaliar os custos e benefícios da melhoria da qualidade da água são desafios consideráveis. Até recentemente, acordos nacionais e internacionais para o financiamento de infraestrutura para o abastecimento de água e tratamento de efluentes muitas vezes ignoravam o valor e a importância da manutenção de serviços ecossistêmicos e o papel dos sistemas aquáticos na purificação da água. Historicamente, muitos projetos causaram a degradação de serviços e funções ecossistêmicas, provocando custos não antecipados que excediam o valor do próprio projeto. A gestão integrada de recursos hídricos procura equilibrar as necessidades ecossistêmicas e humanas. Financiamentos nacionais e internacionais para a melhoria da qualidade da água devem ser pautados pelos princípios da gestão integrada de recursos hídricos, da realização de avaliações de problemas e potencialidades no âmbito das bacias hidrográficas, além de assegurar que novos projetos não venham a exacerbar ou criar novos impactos ecológicos. Em muitos casos, será conveniente que uma parcela do financiamento ou subvenção seja dedicada à proteção e à restauração de ecossistemas de água doce, ao aprimoramento de serviços ecossistêmicos e à prevenção de custos indesejados.

Para assegurar que a sociedade atribua um valor adequado às funções que a água de qualidade e os ecossistemas desempenham, um número maior de análises de custo-benefício a respeito da qualidade da água precisa ser realizado. Pressões exercidas por investidores ou consumidores podem também obrigar empresas e corporações a atribuir um valor adequado à qualidade da água como um produto. Cobranças pelo uso da água precisam ser adequadamente calibradas para que sirvam de incentivo à eficiência hídrica que, por



© BORIS DJUPANOVIC/DREAMSTIME.COM

sua vez, reduzirá a quantidade de água contaminada por poluentes. Devem ser evitados subsídios inadequados para a infraestrutura hídrica e para serviços que não melhorem ou protejam a qualidade da água. É preciso realizar cobranças de taxas de usuários para que os serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de efluentes possam recuperar todos os seus custos operacionais e de capital e para que os prestadores desses serviços possam investir na proteção da qualidade da água e de seus mananciais. É necessário implementar políticas baseadas no princípio de que o poluidor pague para que atividades que lancem poluição em cursos de água internalizem os custos da poluição, em vez de promover a socialização desses custos e impactos.

Tecnologia/infraestrutura

Várias tecnologias e abordagens efetivas estão disponíveis para melhorar a qualidade da água. Mediante a disponibilização de recursos financeiros, as comunidades podem implementar as tecnologias apropriadas e a infraestrutura necessária ao tratamento de efluentes. Uma das formas mais eficazes para a melhora da qualidade da água em termos de custo-benefício é a prevenção da poluição. Em situações em que há presença de contaminantes provenientes de atividades domésticas, industriais ou agrícolas, há a necessidade de tratar os efluentes. Quando a qualidade da água em bacias hidrográficas já está impactada negativamente, é importante que sejam empreendidas estratégias para remediar a poluição e restaurar as funções ecológicas e depurativas dessas bacias.

Em todas as regiões do mundo, é necessário empregar tecnologias e infraestruturas que previnam, tratem e restaurem a qualidade da água por meio de ações como as listadas a seguir:

- conectar comunidades, governos e empresas a tecnologias e abordagens efetivas para assegurar a qualidade da água;
- desenvolver novas tecnologias quando necessário para atender às condições ou recursos ambientais de um local específico;
- disponibilizar financiamentos para a implementação das tecnologias necessárias e de projetos de infraestrutura; e
- proporcionar assistência técnica e logística para auxiliar as comunidades e os governos a implementar tecnologias e projetos de infraestrutura necessários para melhorar a qualidade da água.

Dados e monitoramento

Dados de qualidade e monitoramento contínuo são peças-chave de ações efetivas para a melhoria da qualidade da água. Para proteger e melhorar a qualidade da água, gestores de recursos hídricos, governos e comunidades precisam ter conhecimento dos poluentes presentes na água, da forma como ingressam na cadeia hídrica e se as ações empreendidas com esses objetivos estão sendo alcançados. Não é possível implementar planos para melhorar a qualidade da água sem que antes seja obtido um bom entendimento de quais contaminantes estão presentes na água e de como eles afetam a saúde humana e dos ecossistemas. Responder este desafio implica rastrear contaminantes hídricos desde sua fonte e identificar um plano de prevenção e/ou tratamento. Uma vez implementado o plano de tratamento, o monitoramento contínuo da qualidade da água auxilia a verificar o êxito das ações de remediação. Com base nessas informações, o tratamento pode ser continuado ou modificado para incluir outros poluentes até que o padrão de qualidade desejado seja alcançado.

Os esforços de monitoramento precisam ser aprimorados em todo o mundo. Para aumentar a comparabilidade de dados em todo o mundo, é necessário o estabelecimento de protocolos, formatos padronizados e mecanismos de compartilhamento de dados utilizados internacionalmente. De forma semelhante ao que foi feito em outros setores, é preciso desenvolver diretrizes internacionais acerca da frequência, e os cursos de água devem ser monitorados e de quais poluentes devem ser monitorados. Expandir a escala temporal e geográfica na qual o monitoramento da qualidade da água é realizado terá como consequência o aprimoramento dos sistemas de tomada de decisões. Para identificar os *hotspots* e as áreas que necessitam de intervenção, é preciso desenvolver, em todos os países, a capacidade nacional de coletar, administrar e analisar informações acerca da qualidade da água. Nos locais onde não estão disponíveis, esses recursos deverão ser disponibilizados por meio da assistência internacional ou de outros mecanismos.

Na medida em que países em desenvolvimento passam por transições econômicas, o monitoramento da qualidade da água e o nível da informação precisam ser integrados em novas leis. Cada vez mais, os países em desenvolvimento dispõem de dados gerados via satélite para o monitoramento da qualidade da água, que devem ser utilizados para em análises e ações. É necessário financiar e publicar pesquisas que realizem séries históricas e estatísticas para o estabelecimento de linhas de base, sazonalidades e tendências. Para preservar o papel desempenhado pela água de qualidade nos ecossistemas, é preciso realizar ações para o monitoramento conjunto dos principais indicadores relacionados à qualidade da água e à saúde do ecossistema. Além disto, é necessário verificar a eficácia de medidas legais e outras, melhorar os processos de compartilhamento de dados e aprimorar as articulações entre as ações voltadas para a proteção da qualidade da água.

É preciso desenvolver novas formas, mais baratas e rápidas, de analisar a qualidade da água. A tecnologia de monitoramento deve ser aprimorada para permitir a atualização dos dados sobre a qualidade da água em tempo real; ademais, a quantidade e os tipos de indicadores monitorados precisam ser ampliados, fazendo uso de ferramentas e tecnologias de amostragem de campo confiáveis, rápidas e de baixo custo.

Perspectivas

Durante séculos, os seres humanos viveram às margens dos rios e dos córregos e no litoral, confiando na habilidade da natureza de suprir as necessidades de água limpa e remoção de resíduos. À medida que as populações cresceram, esses recursos hídricos tornaram-se cada vez mais contaminados, o que por sua vez provocou surtos de epidemias de doenças relacionadas a águas. Com o tempo, evoluções no conhecimento, na tecnologia e no manejo de recursos hídricos deram margem para novas formas de interação com a água. Com os processos de identificação dos impactos resultantes da baixa qualidade da água sobre a saúde humana, surgiram tecnologias e estratégias voltadas para o resgate dos papéis múltiplos desempenhados por esse recurso natural na sociedade humana.

A água continua sendo utilizada para saciar a sede, impulsionar indústrias, cultivar alimentos e remover resíduos. O crescimento demográfico mais acelerado, a industrialização e a urbanização introduziram um grande conjunto de novos desafios para a proteção da qualidade da água. A resposta à expansão das ameaças contra a qualidade da água podem servir em parte dos mesmos conceitos que conduziram à revolução da saúde pública em meados do século XIX. Mas também são necessárias novas abordagens, como o reconhecimento da responsabilidade de se atender às necessidades humanas ao mesmo tempo em que se protege a saúde humana e do meio ambiente; da importância de prevenir contra a poluição antes



de sua chegada aos cursos de água; e da necessidade de proteger a água em nível da bacia hidrográfica e não apenas nos estreitos limites políticos. Esses conceitos podem desempenhar papel essencial na abordagem de ameaças futuras à qualidade da água.

Mesmo com os impressionantes poderes de recuperação das bacias hidrográficas, ainda é necessário promover e proteger os processos naturais que podem auxiliar na remediação e na restauração de seu bom funcionamento. Os ecossistemas desempenham papel importante na prevenção da poluição e no tratamento e na restauração da qualidade da água.

Ações direcionadas à proteção da qualidade da água e que busquem a inclusão de todos os atores que interagem com as bacias hidrográficas precisam ser expandidas para todos os cantos do planeta. As ações educativas e de capacitação são essenciais para apoiar essa mudança de paradigma rumo à proteção e melhoramento da qualidade da água. Tanto ações educativas quanto pressões públicas foram fatores essenciais durante a primeira onda global a favor da proteção da qualidade da água e serão de importância inestimável também nessa nova era. Outra prioridade é o desenvolvimento de ferramentas jurídicas regulatórias, assim como de instrumentos financeiros e econômicos apropriados, necessários para apoiar, manter e fiscalizar a qualidade da água. Tecnologia e infraestrutura podem auxiliar no alcance de metas de qualidade da água, e a disponibilidade de dados e o monitoramento ajudarão na medição dos avanços alcançados rumo à consecução de tais metas.

As decisões tomadas na próxima década determinarão o caminho a ser percorrido no enfrentamento do desafio global da qualidade da água. Cenários futuros sombrios são certamente uma possibilidade: se deixarmos de enfrentar o problema de poluição hídrica agora, os cursos de água nas cidades de países em desenvolvimento se tornarão, cada vez mais, esgotos a céu aberto; prédios e casas serão construídos com os fundos para os cursos de água, a fim de afastar a visão das águas salobras, estagnadas e malcheirosas. O aumento dos volumes de resíduos industriais e detritos humanos significa que, cada vez menos, as

pessoas poderão banhar-se em um córrego, pescar para o jantar ou para ganhar seu sustento. Se o problema do saneamento básico e da água potável limpa permanecer sem solução, aumentará o número de óbitos de pessoas provocados por doenças preveníveis transmitidas pela água. As indústrias e os produtores rurais terão de gastar cada vez mais para encontrar fontes de água próprias para o consumo.

Ao tomar passos ousados em escala internacional, nacional e local para proteger a qualidade da água, abre-se a perspectiva de um futuro bem diferente. Os cursos de água poderão, mais uma vez, tornar-se os atrativos centrais de cidades e vilarejos, os pontos de agregação cultural e social; seus residentes poderão voltar suas atenções para rios e córregos que dão vida às comunidades. As propriedades mais cobiçadas serão aquelas que têm vista para cursos de água vibrantes que cortam os assentamentos humanos e, em todo o mundo, as artes perdidas da natação em rios e lagos e da pesca como fonte de lazer e sustento voltarão a ser praticadas. Ações de prevenção contra a poluição resultarão em economias para determinadas indústrias e atividades agrícolas, possibilitando que realizem investimentos na restauração dos cursos de água que suprem sua grande demanda por água limpa. Em vez de expandir seus gastos energéticos para o tratamento de água, os serviços de abastecimento e saneamento e as comunidades poderão focalizar a proteção de suas fontes de água potável.

As bacias hidrográficas estão no cerne dessa nova visão positiva de futuro, em que mesmo a mais pequenina das crianças saberá de onde provém a água que consome, e no qual ela, sua família e a comunidade terão um compromisso com a ideia de que cada gota que entre na bacia hidrográfica seja limpa, desde a água que infiltra pelo chão, por meio de ações de desenvolvimento de baixo impacto; os efluentes saneados de processos limpos de manufatura; até o escoamento superficial limpo das propriedades rurais e os tratamentos efetivos de efluentes. Neste cenário de futuro, todos terão acesso à água potável segura; todos terão um lugar para nadar e pescar; e todos poderão gozar da beleza natural dos rios e lagos – e tudo isso é possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abandoned Mines Portal. <http://www.abandonedmines.gov/ep.html>.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2002). ToxFAQs for DDT, DDE, and DDD. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=80&tid=20>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2004). ToxFAQs for Copper. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts132.html#bookmark05>.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2008). Public Health Statement for Cadmium. <http://www.atsdr.cdc.gov/PHS/PHS.asp?id=46&tid=15#bookmark05>.
- Albert, J. (2008). Climate Change and Water Quality Issues. American Water Works Association Research Foundation. *Drinking Water Research: Special Climate Issue*, 18(2): 11-14.
- Anderson, A. J. (2005). Engaging Disadvantaged Communities: Lessons from the Inkomati CMA Establishment Process, paper presented at the international workshop on African Water Laws: Plural Legislative Frameworks for Rural Water Management in Africa, 26-28 January 2005, Johannesburg, South Africa.
- Banks, D., P.L. Younger, R.T. Arnesen, E.R. Iversen and SB Banks. (1997). Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. *Environmental Geology* 32: 157-174.
- Bates, B., Z.W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. (2008). Climate Change and Water. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- Bennagen, M.E. (1997). Estimation of Environmental Damages from Mining Pollution: The Marinduque Island Mining Accident. Retrieved December 16, 2009 from http://www.idrc.ca/eeepsea/ev-8430-201-1-DO_TOPIC.html.
- Blacklocke, S. and B. Dziegielewski. (2005). The U.S. Environmental Protection Agency's Water Quality Trading Policy: New Opportunities for Environmental Advocacy Groups? AWRA Hydrology and Watershed Management Technical Committee. Watershed Update Vol. 3, No.1. Retrieved Aug 5, 2008 from <http://www.awra.org/committees/techcom/watershed/pdfs/0301WU.pdf>.
- Blackman, A. (2006). How well has Colombia's wastewater discharge fee worked and why? In: Economic incentives to control water pollution in developing countries. Resources for the Future. *Resources Magazine*. Retrieved January 28, 2010 from http://www.rff.org/rff/Documents/RFF-Resources-161_EconomicIncentives.pdf.
- Burns, W.C.G. (2002). Pacific island developing country water resources and climate change. In: P.H. Gleick (editor), *The World's Water 2002-2003*, Island Press, Washington D.C., pp. 113-132.
- California Environmental Justice Movement (CEJM). The California Environmental Justice Movement's Declaration on Use of Carbon Trading Schemes to Address Climate Change. Retrieved August 5, 2008 from <http://www.ejmatters.org/declaration.html>.
- Cap-Net and Gender and Water Alliance (Cap-Net/GWA). (2006). Why Gender Matters: a tutorial for water managers. Multimedia CD and booklet. CAP-NET International network for Capacity Building in Integrated Water Resources Management, Delft.
- Carpenter, S.R., N.F. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howarth, A.N. Sharpley, and V.H. Smith. (1998). Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568.
- Carr, G.M. and J.P. Neary. (2008). Water Quality for Ecosystem and Human Health, 2nd Edition. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System. Retrieved 14 July 2009, from http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf.
- Center for Disease Control (CDC). Facts About Cyanobacteria and Cyanobacterial Harmful Algal Blooms. Retrieved 14 July 2009, from <http://www.cdc.gov/hab/cyanobacteria/pdfs/facts.pdf>.
- Chapin, F.S., E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack, and S. Díaz. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242.
- Charlet, L. and D.A. Polya. (2006). Arsenic in shallow, reducing groundwaters in southern Asia: an environmental health disaster. *Elements*, 2:91-96.
- Chorus, I. and J. Bartram (eds.). (1999). Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. World Health Organization.
- City of Portland, Oregon. (2009). *Portland Green Streets Program*. Retrieved June 30, 2009 from <http://www.portlandonline.com/BES/index.cfm?c=44407>.
- Colborn T., A. Soto, and F. vom Saal. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives*, 101(5):378-384.
- Commission Directive 98/15/EEC amending directive 91/271/EEC. (1998). Urban Wastewater Treatment. Retrieved 14 July 2009, from <http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/amendment.html>.
- Community Led Environmental Action Network-India (CLEAN-India) website. <http://www.cleanindia.org>.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K.L. Ebi, M. Hauengue, R.S. Kovats, B. Revich, and A. Woodward. (2007). Human health. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 391-431.
- Conservation Technology Information Center (CTIC). (2006). Getting Paid For Stewardship: An Agricultural Community Water Quality Trading Guide. Retrieved Aug. 4, 2008, from http://www.conservationinformation.org/?action=learningcenter_publications_waterqualitytrading.

- Cooley, H. J. Christian-Smith, P.H. Gleick, L. Allen, and M. Cohen. (2009). *Understanding and Reducing the Risks of Climate Change for Transboundary Waters*. The Pacific Institute and United Nations Environment Program. Oakland, California.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 353-360.
- Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Retrieved 14 July 2009 from, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0083:EN:HTML>.
- Craik, W. and J. Cleaver. *Modern Agriculture Under Stress – Lessons from the Murray-Darling*. Retrieved February 23, 2010 from <http://rosenberg.ucanr.org/documents/II%20Craik.pdf>.
- Das, B., M.M. Rahman, B. Nayak, A. Pal, U.K. Chowdhury, S.C. Mukherjee, K.C. Saha, S. Pati, Q. Quamruzzaman, and D. Chakraborti. (2009). Groundwater Arsenic Contamination, Its Health Effects and Approach for Mitigation in West Bengal, India and Bangladesh. *Water Quality, Exposure and Health*, 1(1): 5-21.
- DeSimone, L.A., Hamilton, P.A., and Gilliom, R.J. (2009). The quality of our nation's waters – Quality of water from domestic wells in principal aquifers of the United States, 1991–2004 – Overview of major findings. U.S. Geological Survey Circular 1332, U.S. Geological Survey, Reston, VA: 48 pp.
- De Leon, R. (2008). Testimony before the U.S. House of Representatives Committee on Natural Resources, Subcommittee on Water and Power. Hearing on "The Silent Invasion: Finding Solutions to Minimize the Impacts of Invasive Quagga Mussels on Water Rates, Water Infrastructure and the Environment." June 24. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.usbr.gov/lc/region/programs/quagga/testimony/MWD.pdf>.
- Dialogue on Land and Water Management for Adaptation to Climate Change. Retrieved February 10, 2010 from <http://www.landwaterdialogue.um.dk/>.
- Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. Retrieved 14 July 2009 from, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:064:0037:01:EN:HTML>
- Dodds, W.K., W.W. Bouska, J.L. Eitzmann, T.J. Pilger, K.L. Pitts, A.J. Riley, J.T. Schloesser and D.J. Thornbrugh. (2008). Eutrophication of U.S. Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages. *Environmental Science & Technology*, 43(1): 12–19.
- Dorsch, M.M., R.K.R. Scragg, A.J. McMichael, P.A. Baghurst, and K.F. Dyer. (1984). Congenital malformations and maternal drinking water supply in rural South Australia: a case control study. *Journal of Epidemiology*, 119: 473–485.
- Dudgeon, D., A.H. Arthington, M.O. Gessner, Z.I. Kawabata, D.J. Knowler, C. Lévêque, R.J. Naiman, A.H. Prieur-Richard, D. Soto, M.L.J. Stiassny, and C.A. Sullivan. (2005). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163–182.
- Duy, T.N., P.K.S. Lam, G.R. Shaw, and D.W. Connell. (2000). Toxicology of Freshwater Cyanobacterial (Blue-Green Algal) Toxins in Water. *Reviews in Environmental Contaminant Toxicology*, 163: 113–186.
- The Endocrine Society (ES). (2009). Endocrine-Disrupting Chemicals Position Statement. June, 2009.
- Elkins, P. (1999). European environmental taxes and charges: recent experience, issues and trends. *Ecological Economics*, 31(1): 39–62.
- EAP Task Force Secretariat, Organization for Economic Cooperation and Development. (2008). Surface water quality regulation in EEECA countries: Directions for reform. Retrieved December 10, 2009 from <http://www.oecd.org/dataoecd/62/26/41832129.pdf>.
- Environmental Affairs and Tourism, Republic of South Africa (EAT). (2008). Emerging Issues Paper: Mine Water Pollution. Retrieved December 17, 2009 from http://soer.deat.gov.za/dm_documents/Mine_Water_Pollution_fPA1A.pdf.
- European Environment and Health Information System (ENHIS). (2007). Bathing water quality. Fact sheet No. 1.4. Retrieved 28 July 2009, from http://www.euro.who.int/Document/EHI/ENHIS_Factsheet_1_4.pdf.
- Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group (FISCRWG). (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. Springfield, Virginia: National Technical Information Service. Retrieved December 17, 2009 from http://www.nrcs.usda.gov/technical/stream_restoration/copies.htm.
- Fieser, E. (2009, Nov. 29). How Guatemala's Most Beautiful Lake Turned Ugly. *Time*. Retrieved December 17, 2009 from <http://www.time.com/time/world/article/0,8599,1942501,00.html>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1996). Control of water pollution from agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Irrigation and Drainage Paper 55.
- Grantham, T., J. Christian-Smith, G.M. Kondolf, and S. Scheuer. (2007). *A Fresh Perspective on Managing Water in California*. University of California, Center for Water Resources.
- Gleick, P.H. (1993). *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. New York: Oxford University Press.
- Gleick, P.H. (2001). *The World's Water 2000-2001: the biennial report on freshwater resources*. Washington, D.C.: Island Press.
- Gleick, P.H. (2010). *Bottled and Sold: The Story Behind Our Obsession with Bottled Water*. Washington, D.C.: Island Press.

- Global Environment Facility (GEF). (2006). Improving Water Quality in Lake Manzala. Retrieved February 10, 2010 from http://siteresources.worldbank.org/INTWAT/Resources/4602114-1206643460526/Improving_water_quality_Lake_Manzala.pdf.
- Global Water Partnership (GWP). (2008). Ethiopia: WASH Movement for better sanitation and hygiene. Retrieved January 28, 2010 from http://www.gwptoolbox.org/index.php?option=com_case&id=224.
- Global Water Partnership Technical Advisory Committee (GWP-TAC). (2000). Integrated Water Resources Management. TAC Background Papers No. 4.
- Government Accountability Office (GAO). (2007). Comparison of U.S. and Recently Enacted European Union Approaches to Protect against the Risks of Toxic Chemicals. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.gao.gov/highlights/d07825high.pdf>.
- Group on Earth Observations (GEO). (2007). GEO Inland and Nearshore Coastal Water Quality Remote Sensing Workshop Final Report. 27 - 29 March 2007, Geneva, Switzerland. http://www.earthobservations.org/meetings/20070327_29_water_quality_workshop_report.pdf.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). (2005). Data Sheets for EcoSan Projects: 005 Urine diverting dry toilets dissemination programme. Guanxi province, China
- Jah, P. K. (2005). Sustainable Technologies for On-site Human Waste and Wastewater Management: Sulabh Experience. Asian Development Bank, Manila.
- Harte, J., C. Holdren, R. Schneider, and C. Shirley. (1991). Toxics A to Z: A Guide to Everyday Pollution Hazards, University of California Press, Berkeley.
- Hayes, T.B., A.A. Stuart, M. Mendoza, A. Collins, N. Noriega, A. Vonk, G. Johnston, R. Liu, and D. Kpodzo. (2006). Characterization of Atrazine-Induced Gonadal Malformations in African Clawed Frogs (*Xenopus laevis*) and Comparisons with Effects of an Androgen Antagonist (Cyproterone Acetate) and Exogenous Estrogen (17 β -Estradiol): Support for the Demasculinization/Feminization Hypothesis. *Environmental Health Perspectives*, 114(S-1): 134–141.
- Henk, W. and R. van Dokkum. (2002). Water Pollution control in the Netherlands. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment).
- Human Rights Watch. (2005). *Sexual Violence and its Consequences among Displaced Persons in Darfur and Chad: A Human Rights Watch Briefing Paper*. Retrieved February 2, 2010 from <http://www.hrw.org/legacy/backgrounder/africa/darfur0505/darfur0405.pdf>.
- Hundley, N. (1966). *Dividing the Waters: A Century of Controversy between the United States and Mexico*. Los Angeles, California: University of California Press.
- Ignazi, J.C. (1993). Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: The approach in France in: *Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation*, Santiago, Chile, 20–23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome: 247–261.
- Institute for Environment and Development Studies (IEDS). (2003). Aquatic Ecology and Dangerous Substances: Bangladesh Perspective. Diffuse Pollution Conference Dublin 2003. Retrieved February 2, 2010 from http://www.ucd.ie/dipcon/docs/theme08/theme08_12.PDF.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (1978). Some N-Nitroso Compounds. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, 17. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer: 365 pp.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2004). Some Drinking-Water Disinfectants and Contaminants, Including Arsenic: IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France: IARC Press.
- International Federation of Agricultural Producers (IFAP). (2005). Good Practices in Agricultural Water Management: Case Studies from Farmers Worldwide. Background Paper No. 3. DESA/DSD/2005/3
- International Organization for Standardization (ISO). (2009). ISO standards support objectives of World Water Day 2009. Retrieved 14 July 2009 from, <http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref1208>.
- International Waters Learning Exchange and Resource Network (IW LEARN). Transfer of Environmentally-sound Technology (TEST) to Reduce Transboundary Pollution in the Danube River Basin. Retrieved January 28, 2010 from http://www.iwlearn.net/iw-projects/Msp_112799491541.
- International Waters Learning Exchange and Resources Network (IW LEARN). Lake Victoria Environmental Management (LVEM). Retrieved January 28, 2010 from http://www.iwlearn.net/iw-projects/Fsp_112799468783.
- Jacobs, K., D.B. Adams, and P.H. Gleick. (2001). Potential Consequences of Climate Variability and Change for the Water Resources of the United States. The Potential Consequences of Climate Variability and Change, U.S. Global Change Research Program. Retrieved January 28, 2010 from <http://www.usgcrp.gov/usgcrp/Library/nationalassessment/14Water.pdf>.
- Jaga, K., and C. Dharmani. (2003). Global Surveillance of DDT and DDE Levels in Human Tissues. *International Journal of Occupational Medicine & Environmental Health*, 16(1): 7-14.
- Jägerskog, A. and D. Phillips. (2006). Human Development Report 2006: Managing Trans-boundary Waters for Human Development. Human Development Report Office Occasional Paper. Retrieved December 17, 2009 from http://www.unwater.org/downloads/jagerskog_anders.pdf.

- Kenya National Cleaner Production Centre (KNPCPC). Sustainable Consumption and Production for the L. Vicotria Basin: SIDA- Regional Project on Cleaner Production for the Lake Victoria Environmental Management Program (LVEMP II). Retrieved February 25, 2010 from <http://www.cpkenya.org/UserFiles/File/cpkenya%20brochures/SUSTAINABLE%20CONSUMPTION%20AND%20PRODUCTION%20FOR%20THE%20L.VICTORIA%20BASIN.pdf>
- Knox, E.G. (1972). Anencephalus and dietary intakes. *British Journal of Preventive and Social Medicine*, 26: 219–223.
- Kraemer, A.R., K. Choudhury, and E. Kampa. (2001). Protecting Water Resources Pollution Prevention: Thematic Background Paper. Prepared for the International conference on Freshwater, Bonn 2001. Retrieved January 28, 2010 from <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsarg/i/fulltext/pollution/pollution.pdf>.
- Kraemer, A.R., Z.G. Castro, R.S. da Motta, and C. Russell. (2003). Environment Network: Economic Instruments for Water Management: Experiences from Europe and Implications for Latin America and the Caribbean. Integration and Regional Inter-American Development Bank Regional Policy Dialogue Study Series.
- Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen and I.A. Shiklomanov. (2007). Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173–210.
- Li, J. (2009, Dec. 2). “Govt invest 13b to fight water pollution.” *China Daily*. Retrieved December 16, 2009 from http://www.chinadaily.com.cn/bizchina/2009-12/02/content_9100720.htm.
- Maag, C. (2009, June 21). “From the Ashes of ‘69, a River Reborn.” *The New York Times*. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.nytimes.com/2009/06/21/us/21river.html>.
- Marian Koshland Science Museum of the National Academy of Sciences and Global Health and Education Foundation. Safe Drinking Water is Essential. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.drinking-water.org/html/en/Atlas/atlas24.html>.
- Market Watch. (2002). Water Markets Transaction: Red Cedar River Nutrient Trading Program Cumberland 2002. Retrieved August 4, 2008, from http://ecosystemmarketplace.com/pages/marketwatch.transaction.other.php?component_id=1926&component_version_id=3050&language_id=12.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT). (2002). Search for cleaner water causes major problems with arsenic in Bangladesh public water supply. *Civil and Environmental Engineering at MIT*, 16 (2). Cambridge, Massachusetts.
- Médecins sans Frontières (MSF). (2005). *The Crushing Burden of Rape: Sexual Violence in Darfur*. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.doctorswithoutborders.org/publications/reports/2005/sudan03.pdf>.
- Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.-C. Zhao. (2007). Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- MetaMeta/Overseas Development Institute (ODI). (2006). Effective Water Governance in West and East Africa: Synthesis Report. Prepared for Program for Effective Water Governance (EU-supported). Retrieved December 16, 2009 from http://www.metameta.nl/governance/docs/pdf/Synthesis_Report.pdf.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005a). *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands And Water Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005b). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mirvish, S.S. (1983). *Journal of the National Cancer Institute*, 71: 629–647.
- Mirvish, S.S. (1991). The significance for human health of nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds. In: I. Bogardi and R.D. Kuzelka, Editors, *Nitrate Contamination*, Springer, Berlin: 253–266.
- Mara, D. D. (1984). The Design of Ventilated Improved Pit Latrines (TAG Technical Note No. 13). Washington, DC: The World Bank.
- Mitch, W.J. and J.G. Gosselink. (2000). *Wetlands*, 3rd edition. NY: John Wiley & Sons.
- Morgan P.R. (2007). Toilets that Make Compost: Low-cost Sanitary Toilets that Produce Valuable Compost for Crops in an African Context. EcoSanRes Programme, Stockholm.
- Morris, B.L., A.R. Lawrence, P.J. Chilton, B. Adams, R.C. Calow, and B.A. Klinck. (2003). Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problem and Options for Management. Early Warning and Assessment Report Series, RS. 03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. Retrieved February 10, 2010 from http://new.unep.org/dewa/water/GroundWater/groundwater_pdfs.asp.
- Mozaffarian D., and E.B. Rimm (2006). Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *Journal of the American Medical Association*, 296(15): 1885–1899.
- Naiman, R.J., H. DéCamps, and M. Pollock. (1993). The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity. *Ecological Applications* 3: 209–212.
- Nairobi River Basin Project Phase II Report. Retrieved December 16, 2009 from http://www.unep.org/roa/Nairobi_River_Basin/Downloads/Phaseii_publications/reports/Phase2Report.pdf.

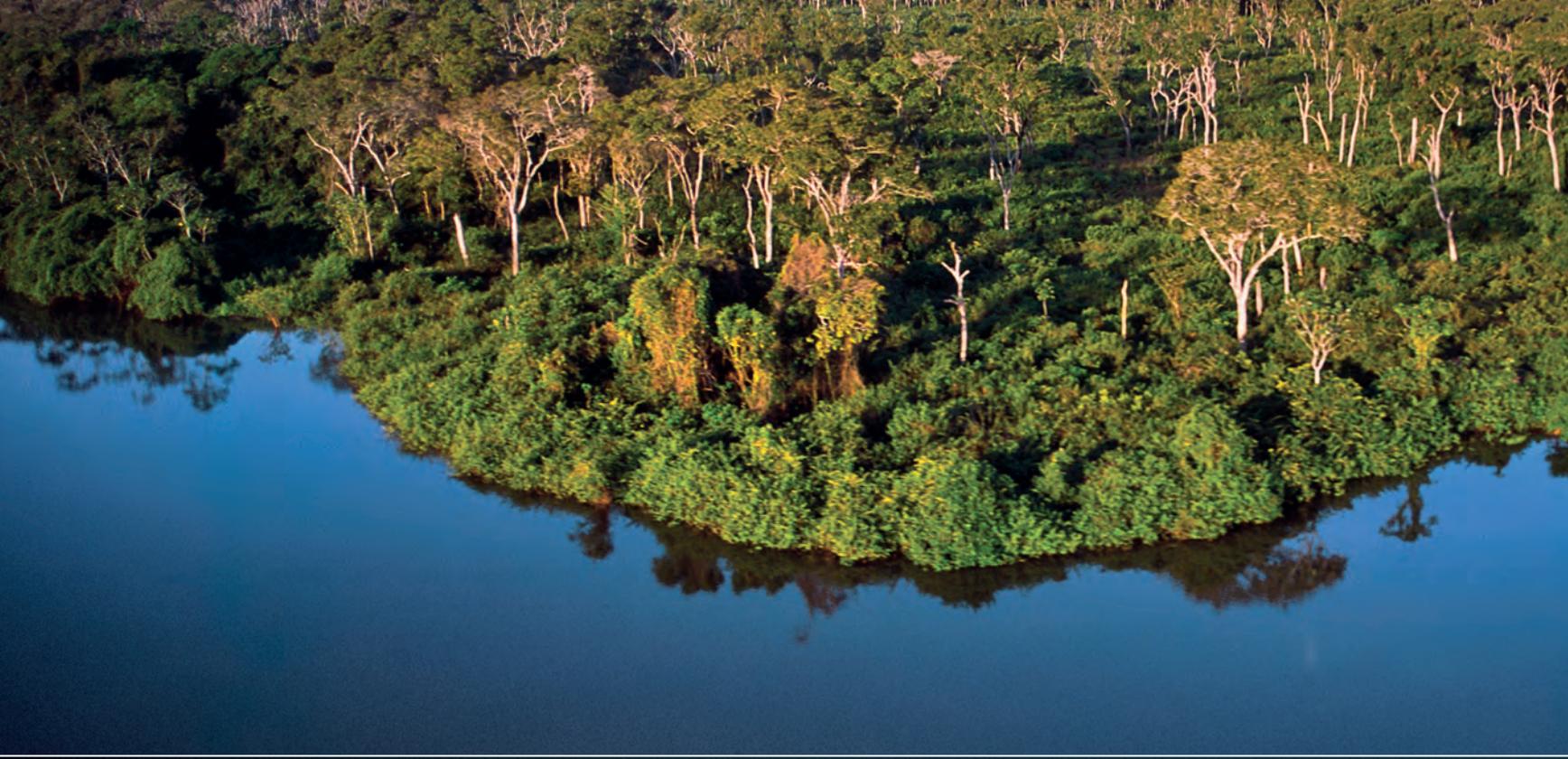
- National Pollution Prevention Center for Higher Education (NPPCHE). (1995). Introductory Pollution Prevention Materials. University of Michigan, Ann Arbor, September 1995.
- National Water Quality Monitoring Council (NWQMC). (2006). Data Elements for Reporting Water Quality Monitoring Results for Chemical, Biological, Toxicological, and Microbiological Analytes. The National Water Quality Monitoring Council. NWQMC Technical Report No. 3. http://acwi.gov/methods/pubs/wdqe_pubs/wqde_trno3.pdf.
- National Union of Farmers and Ranchers (UNAG). Retrieved February 25, 2010 from <http://www.unag.org.ni/galeriadefotos2213.asp>.
- Natural Resource Defense Council (NRDC). (2003). New Administration Water Pollution Trading Policy is Illegal, Says NRDC. Retrieved August 3, 2008 from <http://www.nrdc.org/media/pressreleases/030113.asp>.
- Oberholster, P.J. (2009). Impact on ecotourism by water pollution in the Olifants River catchment, South Olifants River catchment. *SIL News*, (55): 8–9. Retrieved January 28 2010 from http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/10204/3841/3/oberholster4_2009.pdf.
- Odada, E.O., D.O. Olago, K. Kulindwa, M. Ntiba, and S. Wandiga. (2004). Mitigation of Environmental Problems in Lake Victoria, East Africa: Causal Chain and Policy Options Analyses. *Ambio* 33: 13–23.
- Ohlendorf, H.M. (1989). Bioaccumulation and effects of selenium in wildlife, 133-172. In: Jacobs, L.W. (ed.), *Selenium in Agriculture and the Environment*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. SSSA Special Publication no. 23.
- Ongley, E.D. (1994). Global water pollution: challenges and opportunities. *Proceedings: Integrated Measures to Overcome Barriers to Minimizing Harmful Fluxes from Land to Water*. Publication No. 3, Stockholm Water Symposium, 10-14 Aug. 1993. Stockholm, Sweden, 23–30.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2006). Environmental Performance Reviews. Water: the Experience in OECD countries. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.oecd.org/dataoecd/18/47/36225960.pdf>.
- OSIENALA (Friends of Lake Victoria) website. <http://www.osienala.org/>.
- Otu, U. R. (2003). Knowledge-Sharing through Radio and Newsletters as a Catalyst to Grassroot Participation and Management for Rural Water-related Environmental Problems in Ebo Itumbonuso, in Local Government Areas, Akwa Ibom State, Nigeria. *The International Information & Library Review*, 35(2–4): 311–317.
- Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.). (2008). IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, All and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- Pacyna E.G., J. M. Pacyna, F. Steenhuisen, and S. Wilson. (2006). Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000. *Atmospheric Environment*, 40 (22): 4048.
- Pesticide Action Network (PAN). (2009). PAN Pesticides Database. Retrieved July 28, 2009 from <http://www.pesticideinfo.org/>.
- Pesticide Action Network North America (PANNA). About PAN North America. Retrieved January 28, 2010 from <http://www.panna.org/about>.
- Pollution Prevention Act of 1990 (PPA 1990). Omnibus Budget Reconciliation Act of 1990, Public Law 101–508, 104 Stat. 1388–321 et seq.) [As Amended Through P.L. 107–377, December 31, 2002.
- Postel, S. (1999). *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* New York: W.W. Norton & Company.
- Prüss-Üstün A., R. Bos, F. Gore, and J. Bartram. (2008). Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. World Health Organization, Geneva, 2008.
- Ray, I. (2007). Women, Water and Development. *Annual Review of Environment and Resources*.
- Reddy, V.R. and Behera, B. (2006). Impact of water pollution on rural communities: An economic analysis. *Ecological Economics*, 58: 520–537.
- Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger, K. Kassem, and R. Payne. (2000). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems*. World Resources Institute: Washington D.C. Retrieved January 28, 2010 from at <http://www.wri.org/wr2000>.
- Ricciardi, A. and J.B. Rasmussen. (1999). Extinction Rates of North American Freshwater Fauna. *Conservation Biology*, 13(5): 1220–1222.
- Ritter, L., K.R. Solomon, J. Forget, M. Stemeroff, and C. O’Leary. (1996). Persistent Organic Pollutants. The International Programme on Chemical Safety (IPCS). Retrieved January 28, 2010 from <http://www.chem.unep.ch/pops/ritter/en/ritteren.pdf>.
- Rose, M. (2009, April 12). “Cuyahoga River fire galvanized clean water and the environment as a public issue.” *Cleveland.com*. Retrieved December 13, 2009 from http://blog.cleveland.com/metro/2009/04/cuyahoga_river_fire_galvanized.html.
- Sachs, J. D. (2001). Macroeconomics and health: Investing in health for economic development. Report of the Commission on Macroeconomics and Health, prepared for WHO.
- Salman, S. (2007). The Helsinki Rules, the UN Watercourses Convention and the Berlin Rules: Perspectives on International Water Law. *Water Resources Development*, 23(4): 625-640.
- Schneider, Keith. (2009, March 9). Australia’s Food Bowl, Like The World’s, Is Drying Up. *Circle of Blue Water News*. Retrieved February 9, 2010 from <http://www.circleofblue.org/waternews/2009/world/australia-drought-water-warning/>.
- Schreiner, B. and Van Koppen, B. (2002). Catchment Management Agencies for Poverty Eradication in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27(11): 969–976.
- Schuyt, K.D. (2005). Economic consequences of wetland degradation for local populations in Africa. *Ecological Economics* 53: 177–190.

- Scientific and Industrial Research And Development Centre (SIRDC). Zimbabwe Contribution of the Manufacturing Sector to Sustainable Development in Zimbabwe: A Survey by SIRDC for UNIDO. Retrieved February 5, 2010 from <http://www.unido.org/fileadmin/import/userfiles/timminsk/rio10-ind-zimbabwe-eng.pdf>
- Selman, M., S. Greenhalgh, E. Branosky, C. Jones, and J. Guiling. (2009). Water Quality Trading Programs: An International Overview. World Resources Institute Issue Brief. Retrieved December 16, 2009 from http://pdf.wri.org/water_trading_quality_programs_international_overview.pdf.
- Septoff, A. (2006). Predicting Water Quality Problems at Hardrock Mines. Earthworks. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.earthworksaction.org/publications.cfm?pubID=213>.
- Shiklomanov, I.A. (1993). "World fresh water resources," in *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, Peter H. Gleick, (ed.), New York: Oxford University Press, 13–24.
- Simpson, J. (2007). "Safeguarding the World's Water." *Cabri-Volga Brief*, 3/4.
- Smedley P.L., and D.G. Kinniburgh. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. 17(5): 517–568.
- South African Department of Water Affairs and Forestry (SA DWAF). (2009). "Working for Water." Retrieved December 18, 2009 from <http://www.dwaf.gov.za/wfw/>.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (SER). (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Spalding, R.F., and M.E. Exner. (1993). Occurrence of nitrate in groundwater: A review. *Journal of Environmental Quality*, 22: 392–402.
- Srinivasan, U. Personal communication (email), CLEAN-India. December 9, 2009.
- Stavins, R. (1998). Market-Based Environmental Policies. Discussion Paper 98-26 Resources for the Future. Retrieved December 10, 2009 from <http://www.rff.org/Documents/RFF-DP-98-26.pdf>.
- Stephenson, J. (2009). Testimony Before the Subcommittee on Commerce, Trade, and Consumer Protection, Committee on Energy and Commerce, House of Representatives: Options for Enhancing the Effectiveness of the Toxic Substances Control Act. US Government Accountability Office.
- Stockholm International Water Institute (SIWI). (2005). Making water a part of economic development: The Economic Benefits of Improved Water Management and Services. Retrieved December 16, 2009 from http://www.siwi.org/documents/Resources/Reports/CSD_Making_water_part_of_economic_development_2005.pdf.
- Sumpter, J.P. (1995). Feminized responses in fish to environmental estrogens. *Toxicology Letters*, 82-83: 737–742.
- Super, M., H. Heese, D. MacKenzie, and W. Dempster. (1981). An epidemiological study of well-water nitrates in a group of south west African/Namibian infants. *Water Research*, 15: 1265–1270.
- Time. (1969, August 1). "Environment: The Cities: The Price of Optimism." *Time*. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,901182,00.html>.
- United Nations (UN). (1992). Environment and development. United Nations Terminology bulletin, 1992:344 (1).
- United Nations (UN). (1994). Population and Water Resources. Population Information Network (POPIN), UN Population Division, Department of Economic and Social Affairs, with United Nations Food and Agriculture Organization. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.un.org/popin/fao/water.html>.
- United Nations (UN). (1999). The World at Six Billion. Population Division Department of Economic and Social Affairs. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbillion.htm>.
- United Nations Children's Fund. (UNICEF). (2006). Progress for Children: A Report Card on Water and Sanitation. Number 5, September 2006.
- United Nations Children's Fund (UNICEF). (2008). UNICEF Handbook on Water Quality. New York, United States. United Nations.
- United Nations Children's Fund and World Health Organization Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (UNICEF and WHO). (2008). Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. UNICEF, New York and WHO, Geneva, 2008.
- United Nations Department for Economic and Social Affairs (UN-DESA). (2009). and UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). Gender-Disaggregated Data on Water and Sanitation. United Nations, New York, NY.
- United Nations Development Program (UNDP). (2006). United Nations Development Program. Human Development Report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. New York, NY.
- United Nations Development Program (UNDP). (2007). United Nations Development Program. Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world.
- United Nations Development Program Water Governance Facility (UNDP-WGF) at the Stockholm International Water Institute website. <http://www.watergovernance.org/>.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2007). Background Document for the UNECE Workshop to be held in Budapest on 21-22 May, 2007. Transboundary Accidental Water Pollution, Liability and Compensation: Challenges and Opportunities.
- United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). Aquatic Habitats in Integrated Urban Water Management. "Ecohydrology for Urban Aquatic Habitats." Retrieved February 26, 2010 from http://www.aquatic.unesco.lodz.pl/index.php?p=eh_for_uah.
- United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). (1996). Environment and development in coastal regions and in small islands. Retrieved 28 July 2009, from <http://www.unesco.org/csi/act/russia/intman3.htm>.

- United Nations Environment Programme (UNEP). Fighting Water Pollution at the Grass-Roots Level: Young people in Nigeria establish a project to reduce water contamination. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.unep.org/tunza/EventsAroundtheWorld/NigeriaFightingWaterPollution/tabid/797/language/en-US/Default.aspx>.
- United Nations Environment Programme (UNEP). Chemical Persistent Organic Pollutants (POPs). Retrieved December 16, 2009 <http://www.chem.unep.ch/POPs/default.htm>.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (1996a). The State of Marine and Coastal Environment in the Mediterranean Region. MAP Technical Series No. 100, UNEP, Athens.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (1996b). Groundwater: A Threatened Resource. United Nations Environment Programme, Environment Library 15. UNEP, Nairobi, Kenya, 36 pp.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (1998). Inventory of World-wide PCB Destruction. UNEP Chemicals. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.chem.unep.ch/POPs/pdf/pcbprt.pdf>.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (1999). Information on Dioxins. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.chem.unep.ch/pops/infosheets/is1-pdf/fact1.pdf>.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2000). GEO-2000: Global Environment Outlook. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.unep.org/geo/geo2000/english/0067.htm>.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2006). Challenges to International Waters – Regional Assessments in a Global Perspective. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. Retrieved February 2, 2010 from http://www.unep.org/dewa/giwa/publications/finalreport/titlepage_and_toc.pdf.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2008). Vital Water Graphics: An Over of the State of the Worlds Fresh and Marine Waters - 2nd edition. UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 92-807-2236-0.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2009). Persistent Organic Pollutants. Retrieved December 9, 2009 from <http://www.chem.unep.ch/pops/>.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2009). Support for Environmental Management of The Iraqi Marshlands 2004 – 2009.
- United Nations Environment Programme – Danube Regional Project (UNEP-DRP) website. <http://www.undp-drp.org/drp/index.html>.
- United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme (UNEP GEMS/Water). (2004). State of water quality assessment reporting at the global level (R. Robarts). Presentation at the UN International Work Session on Water Statistics. Accessed 27 July 2009 from http://unstats.un.org/unsd/environment/watersess_papers.htm.
- United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme (UNEP GEMS/Water). (2006). Technical Advisory Paper No. 3 Future Needs in Water Quality Monitoring and Assessment. Retrieved 28 July 2009 from http://www.gemswater.org/publications/pdfs/technical_advisory_paper3.pdf.
- United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme (UNEP GEMS/Water). (2007). Water Quality Outlook. Retrieved July 28, 2009, from http://esa.un.org/iys/docs/san_lib_docs/water_quality_outlook.pdf.
- United Nations Environmental Programme Regional Office for Africa (UNEP-ROA). Nairobi River Basin Project: Annual Report 2001. Retrieved December 16, 2009 from http://www.unep.org/roa/Nairobi_River_Basin/Downloads/phase1_publications/Phase1AnnualReport.pdf.
- United Nations Environment Programme and World Tourism Organization (UNEP and UN-WTO). (2005). Making Tourism More Sustainable: A Guide for Policy Makers. Retrieved February 2, 2010 from <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0592xPA-TourismPolicyEN.pdf>.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Transfer of Environmentally Sound Technology (TEST) in the Danube River Basin. Retrieved January 28, 2010 from http://waterwiki.net/images/2/2f/Danube_TEST_4_pager.pdf.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) website. “Cleaner Production.” <http://www.unido.org/index.php?id=o4460>.
- United Nations-Water (UN-Water). Statistics: Graphs and Maps: Water pollution, Environmental Degradation and Disasters, UN-Water website. Retrieved December 16, 2009 from http://www.unwater.org/statistics_pollu.html.
- United Nations-Water (UN-Water). (2008b). Gender, Water and Sanitation: A Policy Brief.
- United Nations-Water (UN-Water). (2008a). Tackling a global crisis: International Year of Sanitation 2008.
- United Nations-Water and Interagency Network on Women and Gender Equality (UN-Water and IANWGE). Water, Gender and Sanitation: A Policy Brief. UN-Water Policy Brief 2. http://www.un.org/temp/waterforlifedecade/pdf/un_water_policy_brief_2_gender.pdf.
- United Nations World Water Assessment Programme (UN WWAP). Water and Industry. Retrieved December 16, 2009 from http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/water_industry.shtml.
- United Nations World Water Assessment Programme (UN WWAP). (2003). United Nations World Water Assessment Programme. The 1st UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life. Retrieved February 5, 2010 from <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/>.
- United Nations World Water Assessment Programme (UN WWAP). (2009). United Nations World Water Assessment Programme. The World Water Development Report 3: Water in a Changing World. UNESCO: Paris, France. Retrieved December 17, 2009 from <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/>.

- United States Department of Energy (US DOE). (2006). Energy Demands on Water Resources: Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water. Retrieved December 16, 2009 from <http://www.sandia.gov/energy-water/docs/121-RptToCongress-EWwEIAComments-FINAL.pdf>.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (1999). Storm Water Technology Fact Sheet. Bioretention. Retrieved June 30, 2009, from <http://www.epa.gov/owmitnet/mtb/biortn.pdf>.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2000). Low Impact Development (LID): A Literature Review. Report Number: EPA-841-B-00-005.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2001). Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response. Retrieved February 5, 2010 from <http://www.epa.gov/oia/toxics/pop.htm#pops>.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2007). Fact Sheet: Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices. Polluted Runoff (Nonpoint Source Pollution) Retrieved June 30, 2009, from <http://www.epa.gov/owow/nps/lid/costs07/factsheet.html>.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2009a). Effects of Acid Rain. Retrieved December 17, 2009 from http://www.epa.gov/acidrain/effects/surface_water.html.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2009b). Hudson River PCBs: Background and Site Information. Retrieved February 5, 2010 from <http://www.epa.gov/hudson/background.htm>.
- United States Geological Survey (USGS). (2009a). Retrieved February 5, 2010 from <http://water.usgs.gov/nawqa/nawqamap.html>.
- United States Geological Survey STORET (USGS STORET). (2009a). What's New in STORET? U.S. Environmental Protection Administration, Washington, D.C. Retrieved February 5, 2010 from http://www.epa.gov/storet/archive/Whats_new_in_STORET.pdf.
- United States Geological Survey STORET (USGS STORET). (2009b). WQX Factsheet, U.S. Environmental Protection Administration, Washington, D.C., Retrieved February 5, 2010 from http://www.epa.gov/storet/archive/WQX_factsheet.pdf.
- United States National Academy of Sciences (US NAS). (1977). Drinking Water and Health. Washington, DC.
- United States National Academy of Sciences (US NAS). (2009). Nutrient control actions for improving United States water quality in the Mississippi River Basin and Northern Gulf of Mexico. Water Science and Technology Board, Division on Earth and Life Studies, The National Academies Press, Washington, D.C.
- Van Erkelens, P. and M. Olman. (1996). The Pollution of Surface Waters Act in the Netherlands: A story of successful enforcement. Fourth International Conference on Environmental Compliance and Enforcement, Chiang Mai, Thailand, April 22-26, 1996. Retrieved December 10, 2009 from <http://www.inece.org/4thvol2/vanerkle.pdf>.
- Van Maanen, J., A. van Dijk, K. Mulder, M. H. de Baets, P.C.A. Menheere, D. van der Heide, P.L.J.M. Mertens and J.C.S. Kleinjans. (1994). Consumption of drinking water with high nitrate levels causes hypertrophy of the thyroid. *Toxicology Letters*, 72(1-3): 365–374.
- Verma, B., R.D. Robarts and J.V. Headley. (2007). Impacts of tetracycline on planktonic bacterial production in prairie aquatic systems. *Microbial Ecology*, 54: 52–55.
- Vousden, D. (2007). Building Successful Technological and Financial Partnerships with the Private Sector to Reduce Pollutant Loading. In: *International Waters Experience Notes*. Retrieved January 28, 2010 from http://waterwiki.net/images/e/ef/Expnote_danubetest_privatesector.pdf.
- Wagner, I. and M. Zalewski. (2009). Ecohydrology as a basis for the sustainable city strategic planning: focus on Lodz, Poland. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*: 209–217.
- Wagner, I., K. Izydorczyk, E. Kiedrzy ska, J. Mankiewicz-Boczek, T. Jurczak, A. Bednarek, A. Wojtal-Frankiewicz, P. Frankiewicz, S. Ratajski, Z. Kaczkowski, and M. Zalewski. (2009). Ecohydrological system solutions to enhance ecosystem services: the Pilica River Demonstration Project. *Ecology and Hydrology*, 9(1): 13–39.
- Wang, H. (2000). Pollution Charges, Community Pressure, and Abatement Cost of Industrial Pollution in China. Policy Research Working Paper 233. The World Bank Development Research Group Infrastructure and Environment.
- Ward, M.H., T.M. deKok, P. Levallois, J. Brender, G. Gulis, B.T. Nolan, and J. VanDerslice. (2005). Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health- Recent Findings and Research Needs. *Environmental Health Perspectives*, 113(11): 1607–1614.
- Water Supply and Sanitation Collaborative Council (WSSCC). National-level activities: Ethiopia. Retrieved February 10, 2010 from <http://www.wsscc.org/en/what-we-do/networking-knowledge-management/national-level-activities/ethiopia/index.htm>.
- Westcot, D.W. and R.S. Ayers. (1985). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper. 29 Rev. 1. Reprinted 1989, 1994. Retrieved July 14, 2009 from <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E01.htm#ch1.4>.
- Wolf, A.T., J. Natharius, J. Danielson, B. Ward, and J. Pender. (1999). International River Basins of the World. *International Journal of Water Resources Development*, 15(4): 387–427.
- The World Bank (WB). (2003). Philippines Environment Monitor.
- The World Bank (WB). (2007). Making the Most of Scarcity Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa. Retrieved February 2, 2010 from <http://siteresources.worldbank.org/INTMENA/Resources/00a-Front-Scarcity.pdf>.
- The World Bank Group. (1998). Pollution Charges: Lessons from Implementation. Pollution Prevention and Abatement Handbook. Retrieved December 10, 2009 from [http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/p_ppah_finanPolCharges/\\$FILE/HandbookPollutionChargesLessonsImplem.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/p_ppah_finanPolCharges/$FILE/HandbookPollutionChargesLessonsImplem.pdf).

- World Commission on Dams (WCD). (2000). Dams and Development: A New Framework for Decision-Making. London: Earthscan.
- World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-Water: Dieldrin and Aldrin. Retrieved December 10, 2009 from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/aldrinsum.pdf.
- World Health Organization (WHO). Schistosomiasis. Retrieved 9 December, 2009, from <http://www.who.int/topics/schistosomiasis/en/>.
- World Health Organization (WHO). (2002). World Health Report: Reducing Risks, Promoting Healthy Life. France. Retrieved July 14, 2009 from http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf.
- World Health Organization (WHO). (2003a). Emerging Issues In Water and Infectious Disease. Retrieved December 10, 2009 from http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/emerging.pdf.
- World Health Organization (WHO). (2003b). Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects. Retrieved December 10, 2009 from <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>.
- World Health Organization (WHO). (2004a). DDT and its Derivatives in Drinking-water. Retrieved December 10, 2009 from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ddt.pdf.
- World Health Organization (WHO). (2004b). Water, sanitation and hygiene links to health: Facts and figures updated November 2004. Retrieved December 9, 2009 from http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/en/index.html.
- World Health Organization (WHO). (2005). Mercury in Drinking Water. Retrieved December 9, 2009 from http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/mercuryfinal.pdf.
- World Health Organization (WHO). (2006a). Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Vol.2 Chapter 3. Retrieved December 9, 2009 from http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/bathing2/en/.
- World Health Organization (WHO). (2006b). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volumes 2, 3 and 4. Retrieved July 14, 2009 from, http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html
- World Health Organization (WHO). (2008). Guidelines for Drinking-water Quality: Incorporating the First and Second Addenda Volume 1, Recommendations. Third Edition.
- World Health Organization (WHO). (2009). Health Impacts of Climate Extremes. From Climate change and human health - risks and responses. Retrieved December 9, 2009 from <http://www.who.int/globalchange/summary/en/index4.html>.
- World Health Organization Regional Office for Africa (WHO-Africa). (2000). Water Supply and Sanitation Sector Report Year 2000: Africa Regional Assessment. Retrieved July 14, 2009, from http://afro.who.int/des/phe/pub/wsh_assessment_2000.pdf.
- World Health Organization Regional Office for Southeast Asia (WHO-SEA). (2003). Declaration on Health Development in the South-East Asia Region in the 21st Century: Review of progress (Progress report). Retrieved July 14, 2009, from <http://www.searo.who.int/meeting/rc/rc56/rc56-inf3-5.htm>.
- World Health Organization and United Nations Children's Fund (WHO and UNICEF). (2000). Global Water Supply and Sanitation Assessment. World Health Organization, Geneva. Retrieved February 2, 2010 from http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/Globassessintro.pdf.
- World Health Organization and United Nations Children's Fund (WHO and UNICEF). (2004). Meeting the MDG Drinking Water and Sanitation Target: A Mid-Term Assessment of Progress. Geneva and New York: United Nations.
- World Lake Vision Action Report Committee (WLVARC). (2007). World Lake Vision Action Report: Implementing the World Lake Vision for the Sustainable Use of Lakes and Rivers. International Lake Environment Committee, Kusatsu City, Shiga, Japan. Retrieved December 9, 2009 from http://www.ilec.or.jp/eg/wlv/action_report_Project.html.
- Xu, K., J.D. Milliman, Z. Yang, and H. Wang. (2006). Yangtze sediment decline partly from Three Gorges Dam. *Eos*, 87(19): 185-190.
- Yongguan, C., H.M. Seip, and H. Vennemo. (2001). Policy Options: the environmental cost of water pollution in Chongqing, China. *Environment and Development Economics* 6: 313-333.
- Zagden, T. (2009). Market Insight: Water sector outlook for Russia. Ros Vodokanal. Retrieved January 21, 2010 from <http://www.rosvodokanal.ru/en/press-center/aboutus/index.php?id4=1176>.
- Zalewski, M., G.A. Jauer, and G. Jolankai. (1997). Ecohydrology. A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. Conceptual background, working hypothesis, rationale and scientific guidelines for the implementation of the IHP-V Projects. International Hydrological Programme UNESCO Paris.
- Zhang, Y., Koukounari, A., et al. (2007). Parasitological impact of 2-year preventive chemotherapy on schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis in Uganda. *BMC Medicine*. Retrieved July 20, 2009, from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=2014753&blobtype=pdf>.



EXEMPLOS DE BOAS PRÁTICAS NO

BRASIL

*Ações e programas da Agência Nacional de Águas
e de outras instituições com vistas à melhoria da
qualidade da água no Brasil.*



Brasília, Brasil
2ª Edição - 2013



A experiência do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas



PRODES

O crescimento dos grandes centros urbanos no Brasil no século XX não ocorreu a partir de um planejamento adequado de uso e ocupação dos solos e não foi acompanhado de investimentos correspondentes para atendimento à crescente demanda por serviços de saneamento, em especial, coleta e tratamento de esgotos.

Assim, tornaram-se lugar comum cenas de despejo de esgotos sem tratamento nos corpos de água ou no solo, comprometendo significativamente a qualidade das águas e, conseqüentemente, a disponibilidade desse recurso natural para os diversos usos.

A reversão desse quadro demandava aumento de investimentos públicos no setor. Entretanto, a realização de investimentos em infraestrutura sanitária sem garantias quanto à sua sustentabilidade operacional pode ser tão nociva quanto à própria ausência de investimentos.

A existência de sistemas de fiscalização e de avaliação é fundamental para qualificar o gasto público e assegurar a aplicação dos recursos financeiros de forma responsável e eficiente, evitando-se que as obras de infraestrutura fiquem inacabadas, subutilizadas ou mal operadas, não se alcançando, assim, sua função social e ambiental.





No caso dos investimentos em tratamento de esgotos, tal assertiva é incontestável. A implantação de estações de tratamento de esgotos (ETEs) não é, por si só, garantia de proteção à saúde humana ou de promoção da qualidade ambiental.

Em diversas ETEs existentes no país, constata-se um baixo aproveitamento da capacidade instalada ou um desempenho inferior ao esperado, seja pela ausência de investimentos complementares no sistema de esgotamento, seja pela operação precária desses empreendimentos, o que acaba por comprometer o abatimento de poluição almejado.

Isso ocorre porque, em muitas situações, a medida estrutural não é acompanhada de mecanismos que garantam a sustentabilidade operacional.

Assim, em 2001, quando o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES) foi concebido, partiu-se da premissa de que não bastava incentivar a realização de novas obras, era também necessário inovar na forma da aplicação dos recursos públicos em infraestrutura.

Nesse sentido, a experiência do PRODES tem sido exemplar. O programa não financia obras ou equipamentos, nem realiza qualquer pagamento ao prestador de serviço antes do início do funcionamento da ETE.

O programa somente remunera o prestador de serviços após o início da operação dos empreendimentos contratados, em razão das metas de abatimento da poluição hídrica alcançadas no tratamento de esgotos, conforme condições predefinidas em um “Contrato de Pagamento pelo Esgoto Tratado”.

Trata-se, portanto, de um estímulo financeiro, na forma de pagamento pelo esgoto tratado, aos prestadores de serviços de saneamento que investem na implantação,

na ampliação ou na melhoria operacional de Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs.

Por essa concepção inovadora, voltada à avaliação e à certificação de resultados de abatimento de poluição, o PRODES também ficou conhecido como “Programa de Compra de Esgoto Tratado”.

O acompanhamento sistemático das ETEs por um agente certificador – no caso, a Agência Nacional de Águas (ANA) – incentiva à execução de ações para correção de problemas comumente observados na infraestrutura de esgotamento sanitário: subutilização das redes coletoras, ingresso de águas pluviais, entre outros.

O modelo conceitual do “pagamento por resultado” apresenta diversas vantagens em relação aos modelos convencionais. Por exemplo, ao se vincular o apoio governamental ao alcance de resultados futuros, e não à execução da própria obra, incentiva-se maior economicidade na implementação da infraestrutura sanitária, dando-se maior atenção à adequação dos projetos e ao escalonamento na construção das estações de tratamento de esgotos e estruturas conexas.

Outra marca importante do PRODES que o diferencia dos demais programas governamentais voltados ao setor de saneamento é o valor que o programa atribui aos aspectos relativos à gestão dos recursos hídricos durante o processo de seleção dos empreendimentos.

O programa privilegia a contratação de empreendimentos de despoluição localizados em regiões que contam com comitês de bacia instalados e operantes, planos de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água.

Em doze anos de execução (2001 a 2012), o programa aplicou recursos da ordem de R\$ 257,8 milhões para celebração de 58 contratos. Por sua vez, o investimento dos serviços

de saneamento para implantação dos empreendimentos contratados pelo PRODES foi três vezes superior aos recursos disponibilizados pelo programa, alcançando a cifra de R\$ 959,9 milhões, o que representa a instalação de sistemas de tratamento com capacidade de atendimento de uma população equivalente de 6,7 milhões de habitantes.

A maior parte desses investimentos foi destinada para apoiar empreendimentos localizados em regiões com grande déficit de tratamento de esgotos e

que, principalmente por essa razão, apresentavam condições críticas de qualidade de água – a exemplo das Bacias do Alto Tietê, dos Rios Piracicaba/Capivari e Jundiá (PCJ), do Rio Paraíba do Sul, do Rio Iguaçu e do Alto Tietê.

A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de resultados de melhoria de qualidade de água que podem ser associados aos investimentos apoiados pelo PRODES nessas regiões.

Empreendimento	Bacia	Corpo de água	Entidade/ponto	Índice de Qualidade das Águas (valor médio anual)		
				2002	2009	2010
ETE Córrego da Penha (Juiz de Fora/MG)	Rio Doce	Rio do Peixe	IGAM/RD030	49	57	59
ETE Barbosa Lage (Juiz de Fora/MG)	Rio Paraíba do Sul	Rio Paraibuna	IGAM/BS083	46	53	52
ETEs José Cirilo (Murié/MG)	Rio Paraíba do Sul	Rio Muriáé	IGAM/BS081	49	54	51
ETE Sorocaba (Sorocaba/SP)	Rio Sorocaba	Rio Sorocaba	CETESB/SORO02100	33	42	41

Classificação dos valores do índice de Qualidade de Água (IQA):

■ Péssima (0 a 19)
 ■ Ruim (20 a 36)
 ■ Aceitável (37 a 51)
 ■ Boa (52 a 79)
 ■ Ótima (80 a 95)

Tabela 1. Relação entre investimentos apoiados pelo PRODES e resultados de melhoria de qualidade de água

Fontes: Relatório de Conjuntura/ANA, e informações obtidas junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e Companhia de CETESB





Projeto Revitalização da Bacia do

RIO DAS VELHAS

Um monitoramento da qualidade das águas em Minas Gerais, realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), indicou que, na Bacia do Rio das Velhas, as principais fontes de poluição são os esgotos domésticos e a atividade minerária, em função da proximidade com a Região Metropolitana de Belo Horizonte, área urbanizada e industrializada, e do grande potencial mineral que a região do quadrilátero ferrífero apresenta.

A partir desse levantamento e da constatação de que era preciso revitalizar o Rio das Velhas, o Projeto Manuelzão, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), propôs e o governo do Estado de Minas Gerais assumiu o compromisso de criar a “META 2010: navegar, pescar e nadar no Rio das Velhas”.

Um dos focos das ações da Meta 2010 é a implementação de obras de saneamento nas principais sub-bacias da Região Metropolitana de Belo Horizonte que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, em parceria com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), e os municípios da bacia. Foram previstas intervenções como a eliminação de lançamentos de esgoto em redes pluviais ou córregos, a ampliação da coleta de esgotos (inclusive implantação de interceptores e elevatórias) e a implantação de estações de tratamento de esgoto.





O objetivo principal da Meta 2010 é a revitalização da Bacia do Rio das Velhas no trecho metropolitano, no percurso entre a foz do Rio Itabirito e a foz do Ribeirão Jequitibá, na região central de Minas Gerais. Objetiva também tornar o Rio das Velhas navegável, propiciando o retorno, curso acima, de espécies da ictiofauna, com isso, aumentando a capacidade de pesca da bacia do Rio das Velhas. Inclui ainda melhorar a qualidade da água e mudar a realidade do rio, a percepção da população ribeirinha em relação ao curso da água, possibilitando uma mudança de postura em relação a ele.

RESULTADOS

A comprovação da volta dos peixes ao Rio das Velhas é o principal e mais visível indicador da melhoria da qualidade da água. O biomonitoramento realizado pela UFMG, por meio do Projeto Manuelzão, constatou

que os peixes subiam somente 250 km na bacia em 2000. Em 2007 já foram identificados ao longo de 580 km, chegando bem próximos às áreas mais degradadas do rio.

Entre a primeira expedição “Manuelzão desce o Rio das Velhas”, em 2003, e a segunda, em 2009, verificou-se mudança para melhor de alguns indicadores de qualidade do Rio das Velhas. O volume de esgoto tratado pela Copasa passou de 41 milhões de m³ em 2003 para 97 milhões de m³ em 2009. Em 2010 foram tratados, aproximadamente 113 milhões de m³ de esgoto, com a intensificação das ações de coleta e tratamento de esgoto.

Os maiores investimentos e benefícios, entretanto, estão na valorização, na mobilização, na conscientização e no engajamento da população da bacia. A população total beneficiada é de 4.406.190 habitantes.



A ANA colabora com os mineiros no esforço da revitalização da Bacia do Rio das Velhas em dois projetos importantes, apresentados a seguir





Rio das Velhas

A população residente na Bacia do Rio das Velhas, MG, afluenta do Rio São Francisco, é testemunha da rápida deterioração da qualidade de suas águas, verificada principalmente a partir da segunda metade do século XX, resultado da ocupação acelerada e desordenada do solo no entorno da Região Metropolitana de Belo Horizonte e da ausência de investimentos em coleta e tratamento de esgotos.

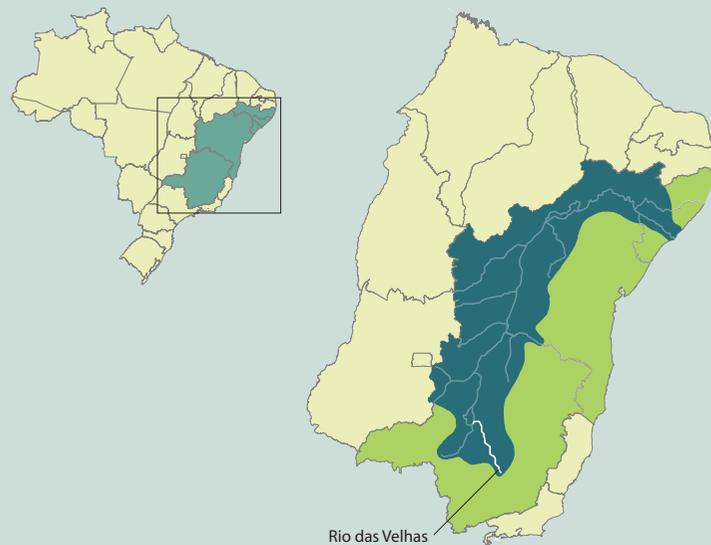


Figura 1. Bacia do Rio São Francisco



Durante décadas, o lançamento de esgotos sanitários sem tratamento de uma população de aproximadamente 2,5 milhões de habitantes ocasionou, entre outros problemas, episódios de floração de cianobactérias no Rio das Velhas.

Essas cianobactérias, também chamadas de algas azuis, proliferam em águas poluídas, podem liberar toxinas capazes de causar danos à saúde pública, o que obrigou a suspensão da pesca em um longo trecho do referido corpo hídrico, prejudicando diversas populações ribeirinhas.



Figura 2. Vista aérea da ETE Onça. Fonte: COPASA

Contudo, neste novo milênio, observa-se um ponto de inflexão nesse processo de degradação ambiental a partir de dois importantes investimentos realizados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA): a construção das Estações de Tratamento de Esgotos do Ribeirão Arrudas e do Ribeirão do Onça, inauguradas em

2001 e 2006, respectivamente, sendo esta última apoiada com recursos do PRODES (Figura 2).

A Estação de Tratamento de Esgotos do Ribeirão do Onça (ETE Onça) foi contratada pelo PRODES, em 2003, com estabelecimento de metas de desempenho operacional e despoluição para alcance de uma população de aproximadamente 1 milhão de habitantes no fim de plano de operação.

Esse esforço da COPASA está inserido no “Projeto Estruturador Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Meta 2010”, do governo de Minas, que, por sua vez, surgiu da mobilização da sociedade civil, por meio do Projeto Manuelzão.

Ao todo, na área de alcance da Meta 2010, que inclui 27 cidades, entre elas Belo Horizonte e Contagem, já existem 19 ETEs em funcionamento e outras cinco em implantação. Na Bacia do Rio das Velhas, são 22 ETEs em operação, oito em obras e três em fase de planejamento.

Em 1999, apenas 1,34% do esgoto coletado na região da Bacia do Rio das Velhas era tratado. Em 2010, este índice alcançou cerca de 80%.

Os dados do monitoramento realizado pelo IGAM já revelam melhora significativa da qualidade das águas no Rio das Velhas. Em alguns pontos de monitoramento, observa-se a redução pela metade da concentração de poluentes orgânicos entre 2003 e 2009.

No caso das ETE Arrudas e da ETE Onça, os resultados do monitoramento revelam, ao longo da última década, clara tendência de recuperação da qualidade de suas águas, com incremento do valor do Índice de Qualidade das Águas (IQA) em diversas estações operadas pelo IGAM nos respectivos corpos receptores (Tabela 2).



Estação de monitoramento (Código)	Localização		Índice de Qualidade das Águas (valor médio anual)		
	Corpo de água	Município	2002	2009	2010
IGAM/BV154	Ribeirão do Onça	Belo Horizonte (MG)	19	27	29
IGAM/BV155	Ribeirão Arrudas	Belo Horizonte (MG)	17	31	31
IGAM/BV137	Rio das Velhas	Divisa Lagoa Santa (MG) Jaboticatuba (MG)	24	38	41
IGAM/BV156	Rio das Velhas	Jequitibá (MG)	31	44	51
IGAM/BV105	Rio das Velhas	Belo Horizonte (MG)	22	34	40

Classificação dos valores do Índice de Qualidade de Água (IQA):

■ Péssima (0 a 19) ■ Ruim (20 a 36) ■ Aceitável (37 a 51) ■ Boa (52 a 79) ■ Ótima (80 a 95)

Tabela 2. Evolução do IQA em pontos de monitoramento na Bacia do Rio das Velhas

Fontes: Relatório de Conjuntura/ANA, e informações obtidas junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM

CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E SOLO NA BACIA DO RIO DAS VELHAS

Além de projetos de despoluição do Rio das Velhas, a ANA implantou projetos de conservação de água e solo em 19 municípios, com a execução de 3.696 bacias de captação, 340 km de estradas readequadas e 3.760 hectares de terraços implantados em microbacias selecionadas. Este trabalho possibilitou, de forma significativa, a redução do escoamento superficial, o aumento da infiltração de água no solo, a redução da poluição difusa e dos processos erosivos e da sedimentação, contribuindo, por sua vez, para melhoria da qualidade da água e aumento de sua oferta de forma garantida. O custo para implantação dessas intervenções atingiu o montante de R\$ 2.833.617,00, oriundos do Contrato de Repasse ANA/CEF/Ruralminas.



RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ

As bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – Bacias PCJ têm uma extensão total de 15.303,67 km², abrangendo total ou parcialmente o território de 71 municípios paulistas e de 5 mineiros, entre os quais 62 têm suas sedes localizadas nesta área (Figura 3).



Figura 3. Localização das bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – Bacias PCJ

Trata-se de uma região bastante rica e industrializada, responsável por aproximadamente 4% do PIB nacional e dotada de uma das redes de infraestrutura de transportes mais importantes do país, a qual se constitui em vetor fundamental para seu desenvolvimento econômico e sua urbanização.





Todavia, a prosperidade econômica nas Bacias PCJ, associada à intensa ocupação territorial na própria região e em suas mediações, impõe grandes desafios ao controle ambiental e da qualidade da água.

Semelhantemente ao que ocorreu em outras bacias hidrográficas das regiões Sudeste e Sul, o rápido processo de desenvolvimento econômico e de urbanização não foi acompanhado de investimentos correspondentes em saneamento, e o déficit de tratamento de esgotos sanitários tornou-se a principal fonte de poluição hídrica das águas superficiais na região.

Todo esse cenário negativo, associado à importância das Bacias PCJ como manancial de abastecimento de água para boa parte Região Metropolitana de São Paulo, exigia esforços e investimentos consideráveis para controle da poluição hídrica.

Desde o início de execução do PRODES, os Serviços de Saneamento localizados nas Bacias PCJ participam ativamente do programa. Ao todo, foram contratados

14 empreendimentos nessa região que, em conjunto, representam uma capacidade instalada de tratamento superior a 15% do total da carga orgânica poluente estimada para 2025.

Atualmente, com a entrada em operação de vários desses empreendimentos, já foi possível aferir melhorias significativas na qualidade das águas em importantes mananciais da região, a exemplo do Ribeirão Pinheiros e do Rio Atibaia – nos trechos a jusante dos lançamentos das ETE Capuava, ETE Pinheirinho e ETE Estoril – e do Rio Capivari – no trecho a jusante da ETE Piçarrão.

Esses empreendimentos, em sua maioria, estão em plena operação, sendo possível correlacioná-los com melhorias de qualidade das águas nos respectivos corpos receptores, aferidas pela rede de monitoramento do órgão ambiental estadual.

É o caso, por exemplo, do Ribeirão Pinheiros, afluente do Rio Atibaia, beneficiado pela implantação da ETE Capuava e da ETE Pinheirinho que tratam os esgotos sanitários dos municípios de Vinhedo/SP e Valinhos/SP, respectivamente.



Figura 4. ETE Capuava em Valinhos/SP. Foto: DAEV



Figura 5. ETE Pinheirinho em Vinhedo/SP. Foto: SANEBAVI

A tendência de redução da matéria orgânica e do aumento dos níveis de oxigênio dissolvido no Ribeirão Pinheiros na última década certamente está associada com a entrada em operação da ETE Pinheirinho e ETE Capuava (Figuras 4 e 5), inauguradas, respectivamente, em fevereiro de 2002 e agosto de 2004.

Esses empreendimentos apoiados pelo PRODES, com a ETE Samambaia, de responsabilidade da SANASA de Campinas/SP (inaugurada em junho de 2001), propiciaram o saneamento de toda Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pinheiros, com reflexos positivos também para a qualidade das águas do Rio Atibaia, no trecho a montante da captação de Campinas/SP.



A ANA conceituou em 2001 o Programa Produtor de Água, modalidade de pagamento por serviço ambiental



PRODUTOR DE ÁGUA



O Programa Produtor de Água foi concebido pela Agência Nacional de Águas em 2001, pouco depois da criação da própria Agência. Sua concepção foi embasada na necessidade de reverter a atual situação de muitas bacias hidrográficas em que o uso inadequado do solo e dos recursos naturais concorreu para a degradação dos recursos hídricos. Seguindo a tendência mundial de utilizar o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como nova abordagem de gestão de recursos hídricos e gestão ambiental, este programa engloba a parceria de diversas instituições com o compartilhamento dos custos do projeto.

O objetivo principal do programa é contribuir para a revitalização de bacias hidrográficas com a finalidade especial de proteção de mananciais, visando a melhorar a qualidade e aumentar a oferta sustentável de água para atendimento aos usos múltiplos, em uma base econômica sustentável.

As ações implementadas no âmbito do programa incluem o reflorestamento de áreas de proteção permanente e reserva legal, a adequação de estradas rurais e a conservação de solo e água em áreas produtivas, tais como lavouras e pastagens, utilizando práticas como terraços, barraginhas e plantio direto. Essas ações visam, sobretudo, a favorecer a infiltração de água com conseqüente alimentação do lençol freático e reduzir a poluição difusa, bem como o escoamento superficial, maior causador de erosão e assoreamento de corpos de água em ambientes rurais.



Neste processo, ao infiltrar e percolar no solo, a água estará sendo armazenada em seu reservatório natural e liberada lentamente para alimentar os fluxos contínuos que vão abastecer o corpo hídrico subterrâneo e garantir as vazões dos rios durante os períodos de estiagem.

As ações apoiadas pelo programa, tais como as práticas conservacionistas e o reflorestamento, têm impacto positivo na melhoria da qualidade da água. Isso porque a qualidade da água é reflexo do uso e manejo do solo da bacia hidrográfica e será influenciada com ações que promovam a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura dos cursos d'água.

DIRETRIZES DO PROGRAMA

- Voluntário e baseado no cumprimento de metas.
- Flexível no que diz respeito a práticas e manejos propostos.
- Pagamento baseado no cumprimento de metas preestabelecidas.
- Pagamentos feitos durante e após a implantação do projeto.

O PROBLEMA AMBIENTAL DA EROSÃO HÍDRICA

A erosão hídrica é a principal causa da degradação dos solos e dos recursos hídricos em ambientes tropicais e subtropicais úmidos e a perda da camada superficial do solo é o maior desafio para a sustentabilidade da agricultura no mundo.

Este fenômeno, cuja ocorrência na natureza é própria da evolução da paisagem, toma proporções gigantescas quando da presença de interferência antrópica. Remoção da cobertura vegetal original, agricultura intensiva, desrespeito às leis ambientais e de ordenamento territorial e a não observância da capacidade de uso do solo são alguns dos fatores que contribuem para o processo de degradação.

Os prejuízos aumentam consideravelmente se forem contabilizados os custos *off-site*, ou seja, aqueles que repercutem fora da propriedade rural e não tem relação direta com os prejuízos relativos à perda de produtividade agrícola. Importantes setores da economia brasileira e mundial registram perdas por conta da excessiva sedimentação observada nos corpos de água. O setor de abastecimento doméstico também é bastante prejudicado, uma vez que a qualidade da água fica comprometida para essa finalidade em virtude dos custos para remoção de sedimentos.



O plantio direto é feito diretamente na palha.



Eventos críticos, como enchentes, são agravados pelo mau uso do solo

O Programa Produtor de Água surgiu no intuito de minimizar essas perdas econômicas geradas pelos processos erosivos, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de água de bacias hidrográficas estratégicas para o Brasil. Da mesma forma, estimula a adequação ambiental de propriedades rurais, conciliando de forma inovadora produção rural competitiva com preservação do meio ambiente.

PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

Uma das características que difere o “Produtor de Água” de outros programas semelhantes de revitalização de bacias é que os serviços ambientais gerados por seus participantes são objeto de remuneração. É o que se chama de PSA – Pagamento por serviços ambientais – política de gestão ambiental que tem como princípio a complementação de regras de comando e controle com incentivos, financeiros ou não.

PSA são transferências financeiras de beneficiários de serviços ambientais para os que, devido a práticas que conservam a natureza, fornecem esses serviços.

Os PSA podem promover a conservação por meio de incentivos financeiros para os fornecedores de serviços ambientais.

Esse sistema ocorre quando aqueles que se beneficiam de algum serviço ambiental gerado por certa área realizam pagamentos para o proprietário ou gestor da área em questão. Ou seja, o beneficiário faz uma contrapartida visando ao fluxo contínuo e à melhoria do serviço demandado.

Esse modelo complementa o consagrado princípio do “usuário-pagador”, dando foco ao fornecimento do serviço: é o princípio do “provedor-recebedor”, no qual os usuários pagam e os conservacionistas recebem.

No caso do Programa Produtor de Água, os recursos cobrem total ou parcialmente os custos necessários para implantação do manejo ou prática conservacionista proposta e serão proporcionais ao percentual de abatimento da erosão na propriedade e às áreas florestadas, sendo pago em parcelas de acordo com o contrato.





Projetos em andamento

Um projeto de PSA para se credenciar como parte do Programa Produtor de Água e, desta forma, receber apoio da ANA deve seguir uma série de exigências em termos de conceitos e metodologias.

Atualmente, 20 projetos em andamento ou em fase de negociação no Brasil recebem apoio da ANA. Estes projetos estão localizados nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia, Rio Grande do Sul, Tocantins, Acre e Distrito Federal.

Ao longo dos últimos dez anos, a experiência da ANA foi divulgada em inúmeras apresentações em todos os estados do país e no exterior e inspirou outros projetos de pagamento de serviços ambientais para recuperação ambiental. Além disso, a ANA promoveu o 1º Seminário Internacional do Programa Produtor de Água, em 2009, e lançou o *website* do programa (www.ana.gov.br/produagua) com a publicação de centenas de documentos e artigos relacionados a PSA.

Dos 20 projetos que seguem a metodologia do “Programa Produtor de Água” da ANA, alguns se destacam:



PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA DO PIPIRIPAU – DISTRITO FEDERAL



As águas do ribeirão Pípiripau abastecem importante parte da população do Distrito Federal, além de ser uma área de produção agrícola, tornando-se um cinturão verde para a capital do país, com destaque para a produção de hortaliças. A região é caracterizada pelo conflito pelo uso da água onde já existe um importante canal de irrigação, compartilhado pelos agricultores que serão parte integrante do programa. Além da ANA, outros parceiros deste projeto são: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF (Adasa), A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (EMATER/DF), Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), Instituto Brasília Ambiental (Ibram), Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável (Seagri/DF), Universidade de Brasília (UnB), Ministério da Integração/SUDECO, Banco do Brasil, Fundação Banco do Brasil, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), World Wildlife Fund (WWF) e The Nature Conservancy (TNC).

PRODUTORES DE ÁGUA – ESPÍRITO SANTO

O programa Produtor ES de Água é desenvolvido pelo governo do Estado do Espírito Santo, por meio da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca e pelo governo federal, por meio da ANA. Conta, ainda, com apoio do Banco do Desenvolvimento do Espírito Santo S./A. e do Instituto Bioatlântica.

O Programa Produtores de Água do Estado do Espírito Santo teve início em 2008 e realiza o pagamento por serviços ambientais a proprietários que preservam matas nativas em áreas importantes para os recursos hídricos, como as margens de estradas e rios, contribuindo para o aumento da infiltração da água no solo e para o combate à erosão. Esse programa teve início com a edição da Lei

Estadual nº 8.995, de 22 de setembro de 2008, quando foi instituído o PSA e o serviço ambiental de melhoria de qualidade das águas.

Atualmente, o programa encontra-se em fase de pagamento aos proprietários, sendo que as despesas decorrentes do pagamento pelos serviços ambientais são custeadas por recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (FUNDÁGUA), composto principalmente por *royalties* de petróleo. Os pagamentos são feitos apenas em função da preservação de mata nativa, aplicadas metodologias de ponderação de acordo com a prioridade para preservação (estado de conservação e declividade).

PRODUTOR DE ÁGUA NAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – PCJ, NO ESTADO DE SÃO PAULO

Com o início da cobrança pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do PCJ, em 2006, vislumbrou-se a possibilidade de utilização de parte desses recursos no pagamento dos incentivos aos agentes que, comprovadamente, contribuísem para proteção e recuperação de mananciais e auxiliassem na recuperação do potencial de geração de serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, o projeto prevê que a remuneração dos produtores rurais pelos serviços ambientais seja feita com recursos da cobrança pelo uso da água nas sub-bacias do Moinho, em Nazaré Paulista/SP e Cancã em Joanópolis/SP. O caso do município de Extrema, MG, é apresentado no final deste *box*.

Dentre os parceiros deste projeto estão a Agência Nacional de Águas; a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Projeto de Recuperação de Matas Ciliares; Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo – Projeto Estadual de Microbacias Hidrográficas; e The Nature Conservancy (TNC).

PROJETO MANANCIAL VIVO – MATO GROSSO DO SUL

A prefeitura municipal de Campo Grande e a Agência Nacional de Águas estão investindo na recuperação da área de preservação ambiental (APA) do Guariroba, em Campo Grande/MS. Trata-se do Projeto Manancial Vivo que recebe a marca do Programa Produtor de Água e é desenvolvido pela prefeitura de Campo Grande por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR), em parceria com a ANA, o Ministério Público Estadual (MPE) e o Sindicato Rural de Campo Grande.

A primeira etapa do projeto contempla a conservação de água e solo e recuperação de APP de duas microbacias do Córrego Guariroba. Em 2010, foram publicados a lei municipal de pagamentos por serviços ambientais e o edital para seleção de projetos.

PROJETO PRODUTOR DE ÁGUAS – SANTA CATARINA

Outro projeto apoiado pela ANA que se destaca é o Produtor de Água, desenvolvido pela Empresa Municipal de Água e Esgoto de Balneário Camboriú (EMASA).

O projeto visa à recuperação das áreas de preservação permanente às margens do Rio Camboriú e suas nascentes, por meio de benefício financeiro concedido aos agricultores e consequente ampliação dos níveis de produção de água para os dois municípios. Este projeto foi desenvolvido principalmente porque o entorno do Rio Camboriú apresenta áreas de rizicultura irrigada com mais de mil hectares, sendo esta uma das causas apontadas para a escassez eminente de água em ambos os municípios a médio ou longo prazos. O projeto tem como parceiros a EMASA, ANA, prefeitura de Camboriú, Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, UNivali, BUNGE, ONG Ideia e TNC.

OUTROS PROJETOS

Os projetos da Bacia do Guandu e da Bacia do Macaé, ambos no Rio de Janeiro, o da Bacia Tibagi/PR, Bacia João Leite/GO, Córrego Feio em Patrocínio/MG, dentre outros, também são apoiados pela ANA, especialmente no que diz respeito ao auxílio técnico. Nos próximos anos, a ANA pretende investir ainda mais nos projetos com a marca “Programa Produtor de Água”.



Bacia do Rio Guandu/Foto: Banco de Imagens ANA





PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS EM EXTREMA

Dentre os projetos que fazem parte do Programa Produtor de Água, o projeto Conservador das Águas de Extrema, em Minas Gerais, foi um dos pioneiros e hoje se encontra plenamente estabelecido, com extensa área recuperada e protegida, e proprietários rurais recebendo pagamento por serviços ambientais.

Extrema está localizada no Espigão Sul da Serra da Mantiqueira, que em tupi-guarani significa “serra que chora”, assim denominada pelos índios que habitavam a região e devido à grande quantidade de nascentes e riachos encontrados em suas encostas. Criada em 1901, a cidade está situada no extremo sul de Minas Gerais e tem população de 28.000 habitantes.

Suas águas alimentam o Sistema Cantareira, um dos principais mananciais de abastecimento do Brasil, responsável pelo fornecimento de água a 58% da Região Metropolitana de São Paulo.

O Sistema Cantareira é um dos maiores do mundo e compensa a deficiência hídrica da capital paulista ocasionada em parte pela poluição das Represas Billings e Guarapiranga. Sua boa qualidade vem sendo garantida pelo fato de parte de suas nascentes e corpos de água estar inserida em áreas com remanescentes de Mata Atlântica. Mas isso é cada vez mais ameaçado por mudanças no uso e na ocupação do solo.





Nesse movimento, proprietários rurais que têm manancial em suas terras – caso dos moradores de Extrema, que os mantêm preservados e prestam um enorme serviço ambiental para quem se beneficia na outra ponta da torneira.

O Projeto Conservador de Águas do município de Extrema foi pioneiro no Brasil ao considerar que os serviços ambientais prestados pelos produtores rurais deveriam ser recompensados. Trata-se da primeira experiência brasileira na implementação de PSA visando à proteção dos recursos hídricos.

Essa iniciativa teve seu início oficial com a promulgação da Lei Municipal 2.100, de 21 de dezembro de 2005, que cria o projeto e se torna a primeira lei municipal no Brasil a regulamentar o Pagamento por Serviços Ambientais relacionados à água.

A grande novidade da lei é o artigo que autoriza o Executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais que aderirem ao projeto Conservador das Águas, mediante cumprimento das metas estabelecidas. Esse apoio é dado a partir do início da implantação das ações e estende-se por um período mínimo de quatro anos.

A lei definiu também o valor de referência a ser pago aos produtores rurais que aderirem ao projeto, fixado em 100 Unidades Fiscais de Extrema (UFEX), equivalente em 2010 a R\$ 176,00 por hectare/ano, e estabeleceu que as despesas de execução da lei correrão por verbas próprias, consignadas no orçamento municipal.

Os principais objetivos do Projeto Conservador das Águas são:

- Aumentar a cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas e implantar microcorredores ecológicos.



Nascente Posses em 2007. José Aparecido Froés



Nascente Posses em 2010. José Aparecido Froés

- Reduzir os níveis de poluição difusa rural, decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização, e de falta de saneamento ambiental.
- Difundir o conceito de manejo integrado de vegetação, solo e água na Bacia do Rio Jaguari.
- Garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos financeiros aos proprietários rurais.



O projeto abrange as oito sub-bacias da Bacia do Jaguari onde está inserido o município de Extrema e foi iniciado pela sub-bacia das Posses, pois esta última possui a menor cobertura vegetal.

O caráter inovador do projeto atraiu diversos parceiros que se juntaram à ANA e à Prefeitura de Extrema no financiamento de suas ações. Os custos de transação

desse projeto (diagnóstico das propriedades, cercamento das áreas de preservação permanente, plantio de mudas, terraceamento, readequação de estradas, confecção de bacias de captação etc.) foram divididos com o Instituto Estadual de Florestas (IEFMG), TNC, SOS Mata Atlântica e Comitê PCJ.

O pagamento aos proprietários rurais começou a ser feito em 2007, após executadas as ações de conservação nas propriedades. Até o primeiro semestre de 2010, 94 propriedades estão contempladas no programa, tendo sido construídos 110 km lineares de cerca e plantadas aproximadamente 150.000 mudas de árvores nativas, com uma área protegida total de 833,65 hectares.

As atividades de monitoramento de recursos hídricos no projeto Conservador das Águas estão sendo realizadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, por meio de convênio com a ANA e a prefeitura de Extrema. Foram instaladas duas régua de medição de vazão e cinco pluviômetros, e as leituras são feitas diariamente.





MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO BRASIL

A Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, criou o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como sendo um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Este tem como princípios a descentralização da obtenção e produção de dados e informações, a coordenação unificada do sistema e o acesso aos dados e informações garantido a toda a sociedade.

O monitoramento contínuo por meio de uma rede nacional de coleta de dados sobre qualidade e quantidade das águas superficiais é parte importante do processo de gestão de recursos hídricos. Os objetivos dessa rede de monitoramento são: analisar a tendência da evolução da qualidade das águas, avaliar e identificar áreas críticas de poluição e aferir a efetividade da gestão de recursos hídricos. A Figura 6 apresenta essa rede.

Conforme pode ser visualizado na Figura 6, existe grande lacuna no monitoramento da qualidade de água no Brasil, em especial na Região Amazônica (localizada no Norte do país). Nesta vasta região, que corresponde a mais de 45% do território nacional, os únicos dados de qualidade de água, produzidos de forma sistemática, são aqueles provenientes do monitoramento de quatro parâmetros (pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido) medidos *in situ* com sondas durante campanhas da Rede Hidrometeorológica Nacional.



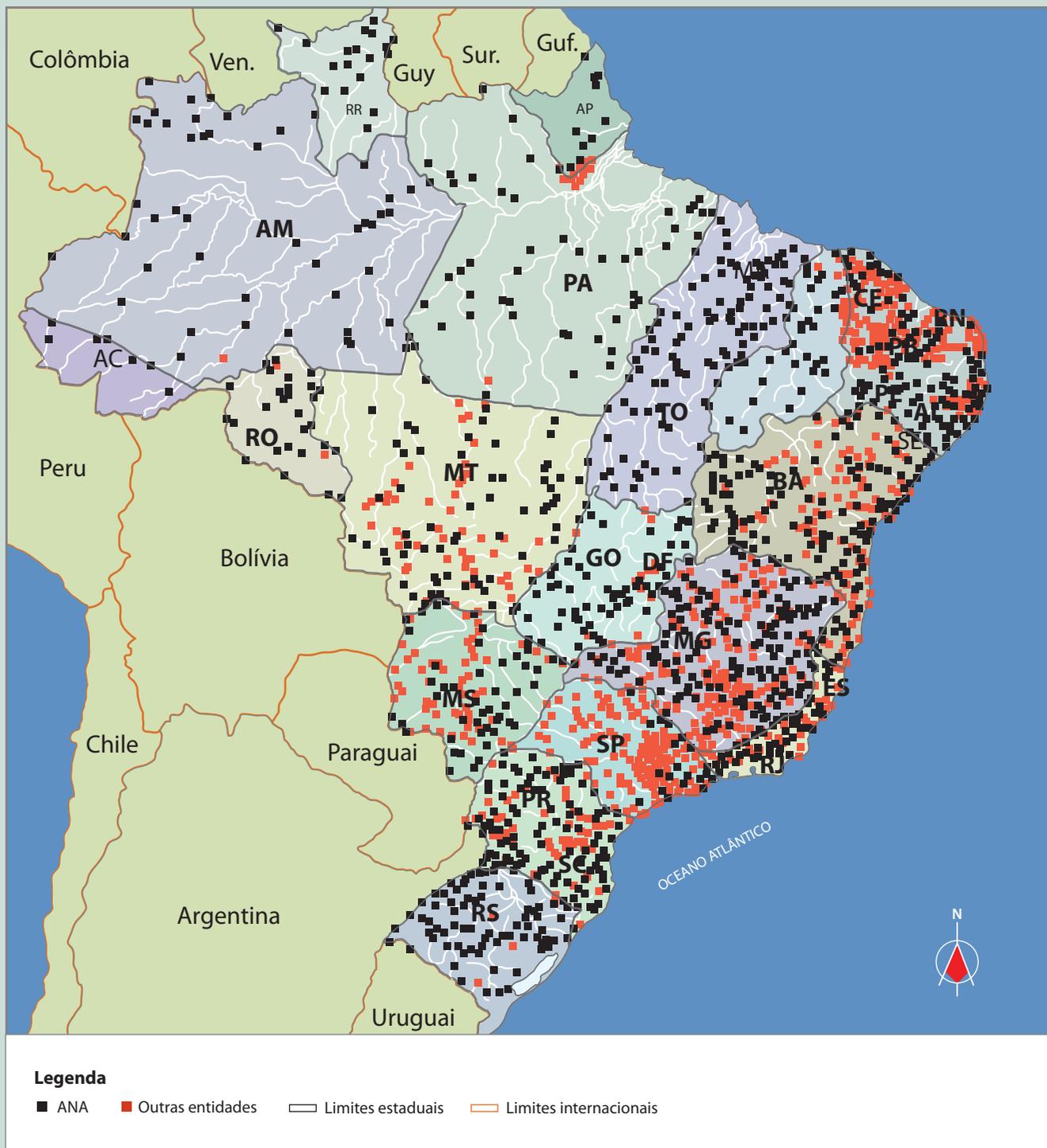


Figura 6. Rede brasileira de qualidade de água. Fonte: ANA (2011)

Em realidade, para todos os estados brasileiros, há necessidade de se estabelecer frequências e parâmetros mínimos de monitoramento, de modo a ser possível realizar uma avaliação da qualidade da água em nível nacional.

Diante desses desafios, a ANA lançou em 2010 o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), com o objetivo maior de construção de uma visão nacional sobre a qualidade das águas, oferecendo à sociedade brasileira avaliações periódicas em nível nacional.

Estima-se que sejam necessários recursos da ordem de R\$ 94 milhões até 2015 para superar as lacunas de monitoramento existentes no país e, ao mesmo tempo, garantir a confiabilidade e a compatibilidade das informações produzidas.

Nesse sentido, são previstas, no contexto do PNQA, ações para ampliar e equipar a rede de laboratórios, para capacitar profissionais envolvidos com o monitoramento, para padronização de procedimentos e para divulgação das informações produzidas.

Todo esse esforço deverá convergir com as ações já em curso que visam a divulgar os dados disponíveis e, assim, permitam a democratização e a integração das informações. O Brasil, por exemplo, possui um banco de dados hidrológicos e de qualidade de água, no qual estão armazenados todos os registros coletados por 3.386 estações em operação, desde 1970, em rios, lagos e açudes.

Esses registros estão disponíveis à sociedade por meio do SNIRH, no endereço <<http://www.ana.gov.br/portalsnirh>>. As informações de qualidade de água também podem ser visualizadas no Portal do PNQA: <<http://pnqa.ana.gov.br>>.





*Rede Integrada de
Monitoramento
de Qualidade da
Água na Bacia
Hidrográfica do*



Rio Paraíba do Sul

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, com área de drenagem de 55.500 km², contempla estações de monitoramento de qualidade da água dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro e é uma das regiões mais populosas e economicamente expressivas do país. Como experiência-piloto para essa bacia, concebeu-se a rede integrada de monitoramento da qualidade da água que funciona no âmbito da Cooperação Técnica entre a ANA e a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), desde junho de 2006.

A principal finalidade dessa rede é a construção de uma série histórica de dados de qualidade de água que auxilie na compreensão do comportamento do Rio Paraíba do Sul e das suas diversas fontes de poluição. Com esse objetivo foram escolhidos pontos estratégicos que contemplam: as indústrias de grande porte, as divisas entre os estados e a proteção do abastecimento de água para consumo humano de cerca de 8.700.000 habitantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Essa Rede é composta por 12 estações, onde são monitorados diversos parâmetros indicadores da qualidade da água utilizando-se a mesma metodologia nos três estados citados.





Em nove dessas estações são realizadas diariamente, por meio de sonda, duas medições dos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, temperatura e condutividade elétrica. Esses dados são transmitidos imediatamente por meio de telefonia celular para um banco de dados da ANA.

Bimestralmente é realizado o monitoramento por meio de campanhas com a análise de 43 parâmetros nas 12 estações. A Figura 7 apresenta o mapa da Bacia do Rio Paraíba do Sul com a indicação dessas estações.

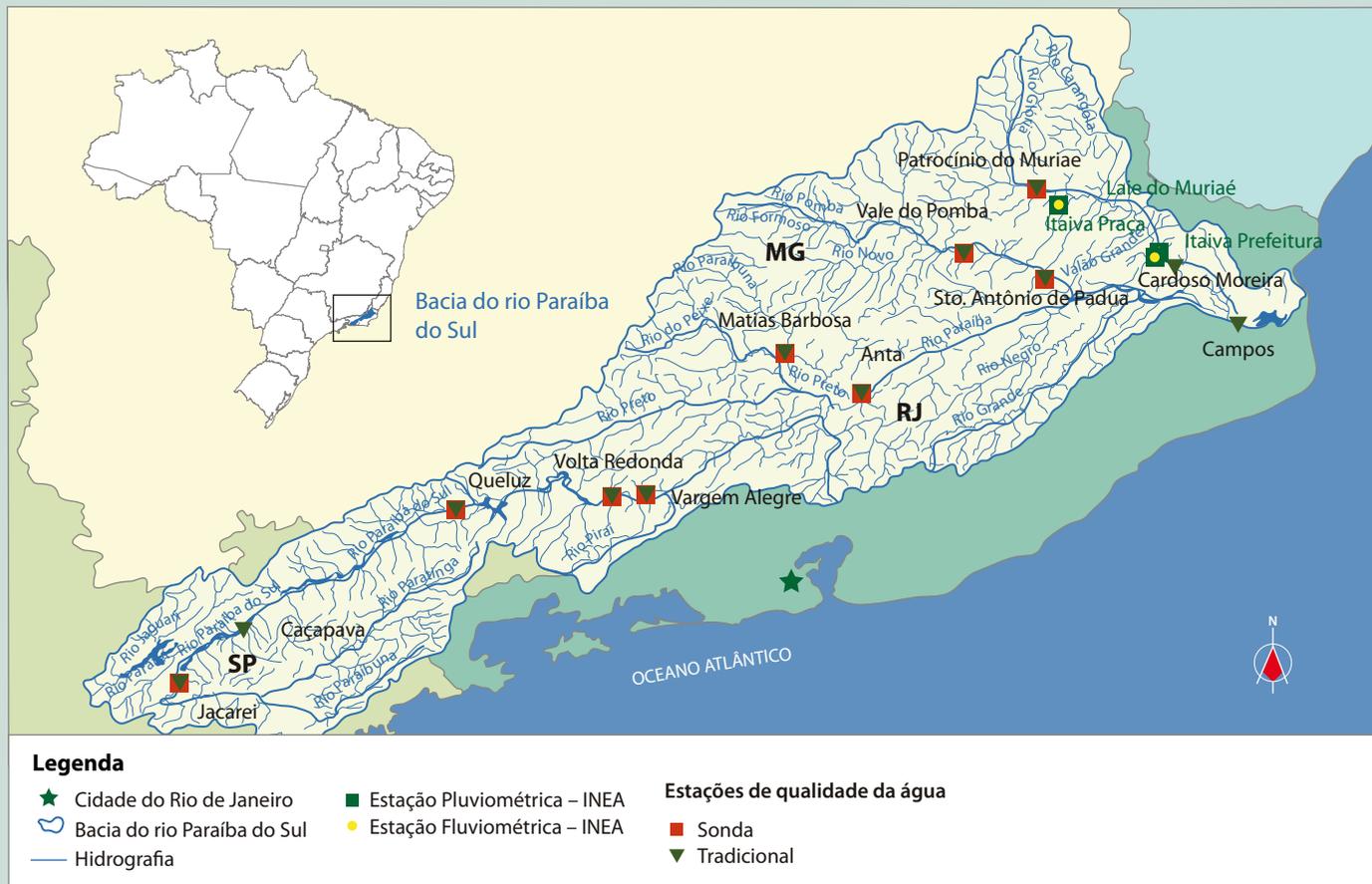


Figura 7. Representação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul com suas estações de qualidade de água. Fonte: ANA (2010)



Foto: Rio Paraíba do Sul – RJ/Banco de Imagens ANA



*Cultivando
água boa*



UM MOVIMENTO PELA SUSTENTABILIDADE

Desde a formação do seu reservatório, em outubro de 1982, a Itaipu Binacional monitora as condições da água e constatou problemas como assoreamento, eutrofização, erosão, aporte de nutrientes, uso de agrotóxicos, esgotos e lixo. Diante das evidências desses impactos ambientais, a Itaipu decidiu ampliar sua missão, de gerar energia elétrica de qualidade, com responsabilidade social e ambiental.

A primeira decorrência da mudança foi romper as delimitações geopolíticas na região de influência do reservatório ao considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, passando a atuar em um território compreendido por 29 municípios na região da bacia hidrográfica Paraná 3, com 8 mil km² de área e uma população de cerca de 1 milhão de habitantes.

Dessa forma, a Itaipu contribui com o conhecimento e a experiência acumulados nos últimos 36 anos, servindo como motivadora para criação de projetos e instituições, tais como: Programa Cultivando Água Boa, Universidade Corporativa Itaipu (UCI), Parque Tecnológico Itaipu (PTI), entre outros.

Suas ações vão além da recuperação e da preservação ambiental e das questões legais. Busca, sobretudo, a sustentabilidade plena,



Aspecto da recuperação de áreas de preservação permanente

atuando de forma participativa com a comunidade, as ONGs, os órgãos governamentais e a iniciativa privada, formando uma rede com mais de 2.146 parceiros formais e informais, distribuídos nos diversos comitês gestores.

O objetivo geral do programa é estabelecer critérios e condições para orientar as ações socioambientais relacionadas com a conservação dos recursos naturais. Entre eles, destacam-se a execução do manejo e a conservação sustentável de água e solo na Bacia do Paraná 3, sensibilizando e capacitando pessoas e grupos sociais para construção de sociedades sustentáveis. Visa também a fortalecer a fauna nativa no lago de Itaipu e outros cursos hídricos, bem como apoiar a pesca e a aquicultura como meio de geração de riqueza e nutrição da população regional.

Pretende também criar condições para melhoria da qualidade de vida da população de baixa renda e comunidades tradicionais.

RESULTADOS ALCANÇADOS

Hoje, sete anos depois de desencadeado o processo, uma nova fisionomia socioambiental já começa a se desenhar na Bacia do Paraná 3. Entre os resultados já alcançados, pode-se destacar a atuação em 318 escolas da bacia, com distribuição de 137 mil cartilhas sobre agricultura orgânica e 483 apresentações de teatro sobre produtos orgânicos. Foram capacitados 255 educadores ambientais que formam um coletivo educador que já atinge mais de 2.950 pessoas e alcança mais de 10.140 protagonistas em educação ambiental na Bacia do Paraná 3.

Na relação do ser humano com a natureza, foi desenvolvido o programa de gestão por bacia, tendo como principais resultados: instalação de mais de 570 km de cercas para proteção da mata ciliar; adequação de 382,15 km de estradas; conservação de mais de 4.690 hectares de solo; instalação de 115 abastecedores comunitários; mais de 7 mil projetos de controle ambiental de propriedades rurais; e 127 microbacias trabalhadas.





*Programa de
Revitalização da Bacia
Hidrográfica do*



RIO SÃO FRANCISCO

O Projeto de Conservação e Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco está sob a liderança do Ministério da Integração Nacional e do Ministério do Meio Ambiente. Ele é implementado por meio da atuação integrada dos governos federal, estadual e municipal e do Distrito Federal e sociedade civil organizada compreende os seguintes componentes: despoluição, conservação de solos, convivência com a seca, reflorestamento e recomposição de matas ciliares, gestão e monitoramento, gestão integrada dos resíduos sólidos, educação ambiental, unidades de conservação e preservação da biodiversidade.

Estes componentes foram disseminados e implementados no âmbito do MMA, por meio de ações, projetos, convênios e atividades, com enfoque na bacia, visando à integração e à potencialização destas iniciativas e a inter-relação permanente e sistemática entre os diversos órgãos atuantes no Projeto de Conservação e Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, sob a coordenação da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU), MMA.



RECUPERAÇÃO DE SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS AFLUENTES MINEIROS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO



Áreas de terraços em nível



Vista da estrada recuperada

A ANA tem participado, desde o primeiro ano de sua instalação, do Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do São Francisco com diversas ações, entre elas, com o Programa de Recuperação de Sub-Bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Rio São Francisco, promovendo a recuperação ambiental tendo a microbacia como unidade de planejamento e a organização dos produtores como estratégia, visando ao uso de tecnologias adequadas à maximizar a infiltração de água de chuva e minimizar a degradação do solo.

Por intermédio da conscientização, da capacitação e do estímulo a adoção de práticas conservacionistas e ao uso racional da água, tendo como foco de planejamento o manejo integrado de sub-bacias

hidrográficas, implementa-se o controle da erosão com a consequente redução da poluição gerada pelo aporte, nos corpos hídricos, de sedimentos e produtos químicos lançados por atividades agrícolas em águas superficiais e subterrâneas, o aumento da infiltração e a retenção da água no solo, a redução do escoamento superficial e dos riscos de enchentes, o aumento da recarga dos aquíferos e da disponibilidade hídrica para múltiplos usos, além da preservação e conservação da biodiversidade.

Dentro de Contrato de Repasse ANA/CEF/RURALMINAS foram implantados projetos em 40 municípios mineiros com o resultado de 7.518 bacias de captação construídas, 668,8 km de estradas vicinais readequadas e 8.452 hectares de terraços implantados a um custo de R\$ 6.739.525,53.



Vista aérea de estrada recuperada



Barragem de captação de água de chuva



Vista parcial da estrada recuperada



Terraços em nível





Serra de Caldas Novas. Foto: Milton Cesário de Lima/Banco de Imagens ANA



A PRESERVAÇÃO DOS AQUÍFEROS TERMAIS DE CALDAS NOVAS (GO)



A região de Caldas Novas compreende os municípios de Caldas Novas e Rio Quente, no sudeste de Goiás, a 140km de Goiânia, na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Estas cidades são separadas pela Serra de Caldas Novas, um *plateau* elíptico de aproximadamente 13km por 8km com cotas acima de 1.000m, que constitui uma importante área de recarga de aquíferos, inserida no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas.

Levantamentos realizados na região apontam a presença de três sistemas aquíferos, denominados Intergranular - SAI, Araxá - SA Araxá e Paranoá - SA Paranoá. O sistema Intergranular - SAI é caracterizado como de natureza livre e contínuo lateralmente, apresentando águas frias e jovens. O SA Araxá também é de natureza livre, mas além das águas frias pode apresentar águas termais com temperaturas de 35° C a 49° C. O SA Paranoá pode ocorrer como livre ou confinado, com águas frias ou termais (até 55° C). A presença de águas termais nestes sistemas esta relacionada a fraturas, nas quais águas de chuva descem a grandes profundidades e se aquecem devido ao gradiente geotérmico¹.

¹ Gradiente geotérmico é a taxa de variação do aumento da temperatura do interior da Terra com a profundidade. Este gradiente varia de local para local, dependendo do fluxo regional de calor e da condutividade térmica das rochas. O gradiente geotérmico médio está por volta de 3°C/100m de profundidade nas camadas mais superficiais da crosta terrestre.



As águas termais são utilizadas sob o regime jurídico das autorizações e concessões regidas pelo Código de Mineração. Ao constatar o rebaixamento expressivo de 50m nos níveis do SA Araxá Termal, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a partir de 1996 suspendeu a outorga de novos alvarás de pesquisa para água termal nos municípios de Caldas Novas e Rio Quente para uso em balneoterapia (Portaria nº 127/96 do Diretor-Geral), pois este rebaixamento poderia comprometer a sustentabilidade dos aquíferos da região.

Além de suspender a outorga de novos alvarás, estabeleceu a obrigatoriedade de instalação de equipamentos aferidos para o controle da vazão nos poços profundos de água mineral e/ou termal destes municípios. Essas suspensões e/ou restrições vem sendo mantidas por sucessivas publicações de Portarias, sendo a última, a nº 49/2013 (05/02/2013), com validade de 05 anos.

Os poços de água fria utilizados para abastecimento doméstico requerem outorga de direito de uso da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Goiás (SEMARH/GO).

Atualmente, o DNPM e a Associação dos Mineradores de Águas Termais do Estado de Goiás (AMAT) realizam o monitoramento dos SA Araxá e Paranoá em 47 poços, com medição dos níveis de água, temperatura e vazão.

Esses dados são disponibilizados no site da AMAT por meio de um gráfico no qual é possível acompanhar as oscilações do nível de água² nesses aquíferos desde o início do monitoramento em 1980.

De acordo com os dados disponibilizados entre os anos de 1996 e 2000, houve a subida do nível do SA Araxá de mais de 30 metros, o que é uma recuperação significativa do ponto de vista técnico.

A AMAT teve também um papel fundamental no envolvimento dos usuários no monitoramento desses aquíferos. Em 2006 ela contratou um estudo denominado de Projeto de Preservação das Águas Termais, que se encontra em desenvolvimento até os dias atuais. Sua finalidade é ampliar o conhecimento hidrogeológico básico, por meio da geração de modelo hidrogeológico conceitual e matemático, com a finalidade de propor a implantação de mecanismos para a sua recarga artificial. Esse projeto foi finalista do Prêmio ANA em 2008, e ganhou o 8º Prêmio CREA/GO de Meio Ambiente em 2009.

As medidas adotadas pelo DNPM a partir de meados de 1996, como a interdição de cerca de 180 poços ilegais, proibição de uso de águas termais para consumo doméstico, limitação de cotas de exploração por poço, suspensão de outorga de novos alvarás de pesquisa, discussão e conscientização da sociedade para um uso racional das águas termais, dentre outras, surtiram efeitos imediatos.

É importante destacar que a associação dos mecanismos de reúso e recarga artificial podem apresentar-se como uma ótima alternativa para aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos, mitigar o rebaixamento dos níveis das superfícies potenciométricas e os impactos decorrentes do lançamento de água quente nos cursos de água superficiais. Entretanto, esses mecanismos necessitam de monitoramento contínuo, evitando potenciais riscos de contaminação do aquífero e diminuição da temperatura dos sistemas aquíferos.

A AMAT e a Universidade de Brasília instalaram e testaram três pilotos de recarga artificial em Caldas Novas. Os primeiros pilotos utilizaram poços rasos para injeção de água das piscinas no SAI em dois empreendimentos associados à AMAT, com

monitoramento dos níveis. O terceiro consistiu da injeção de água tratada (sistema de tratamento simplificado) das piscinas da Pousada Ipê em um poço de injeção de 200 metros no SA Araxá, com monitoramento quali-quantitativo das piscinas, do poço injetado e dos adjacentes.

Por fim, em 2010, o Ministério Público Estadual, formalizou um Termo de Ajustamento de Conduta para a regularização do uso da água termal, que representa uma intervenção muito positiva no sentido de estreitar e melhorar a articulação entre a SEMARH, DNPM e os usuários de águas termais.

Essa articulação é fundamental para uma gestão responsável e para manutenção do potencial hídrico subterrâneo. Pressupõe o estabelecimento de mecanismos de gestão para a integração entre a gestão

dos recursos hídricos e a de águas termais e destinadas a fins balneários, conforme preconiza a Resolução 76/2007, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Além disso, a continuidade do monitoramento mensal e a fiscalização para impedir o funcionamento de poços não autorizados é de suma importância para a gestão sustentável das águas termais da região.

Está prevista para este ano a aprovação pelo CNRH de resolução que regulamenta a recarga artificial de aquíferos, elaborada pela Câmara Técnica de Águas Subterrâneas, em Grupo de Trabalho coordenado pela Agência Nacional de Águas. Essa resolução deve ter um efeito de regularização e também de incentivo às iniciativas de recarga artificial, não só nessa região, como também em todo o país, o que pode representar a peça que falta para um uso mais sustentável das águas termais da região de Caldas Novas.



Exemplo de Surgência. Foto: Zig Koch/ Banco de Imagens ANA

² Em termos técnicos, nível de água, neste caso, se refere ao nível potenciométrico ou dinâmico das águas subterrâneas no aquífero considerado.



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M e T.
CEP 70610-200, Brasília, DF
PABX: 61 2109 5400
www.ana.gov.br



PNUMA

Escritório do PNUMA no Brasil
EQSW103/104 Lote 01 - Bloco C - 1º andar - Sudoeste - Brasília -DF
Tel: (+55-61) 3038-9233 / Fax: (+55-61) 3038-9239
pnuma.brasil@pnuma.org



CEBDS

Conselho Empresarial Brasileiro
para o Desenvolvimento Sustentável

Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS
Av. das Américas, 1.155 – grupo 208, 22631-000, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Tel.: 55 21 2483.2250,
e-mail: cebds@cebds.org
site: www.cebds.org



CEBDS
Conselho Empresarial Brasileiro
para o Desenvolvimento Sustentável



Ministério do
Meio Ambiente

