



PRÊMIO
JOVEM
CIENTISTA

ÁGUA
DESAFIOS DA SOCIEDADE

{ CADERNO DO
PROFESSOR }

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Presidente

Glaucius Oliva

Diretores

Manoel Barral Netto

Paulo Sergio Lacerda Beirão

Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

Ernesto Costa de Paula

Serviço de Prêmios

Rita de Cássia da Silva

Gerdau

Diretor-Presidente (CEO)

André B. Gerdau Johannpeter

Presidente do Instituto Gerdau

Klaus Gerdau Johannpeter

Vice-Presidente do Instituto Gerdau

Beatriz Gerdau Johannpeter

Diretor do Instituto Gerdau

José Paulo Soares Martins

GE

Presidente e CEO da GE América Latina

Reinaldo Garcia

Líder do Centro de Pesquisas Global da GE no Brasil

Kenneth Herd

Diretor de Marketing da GE América Latina

Marcos Leal

Gerente de Relações Públicas da GE Brasil

Ieda Passos

Líder de Marca e Publicidade da GE América Latina

Graziella Ferrari

Fundação Roberto Marinho

Presidente

José Roberto Marinho

Secretário-Geral

Hugo Barreto

Superintendente Executivo

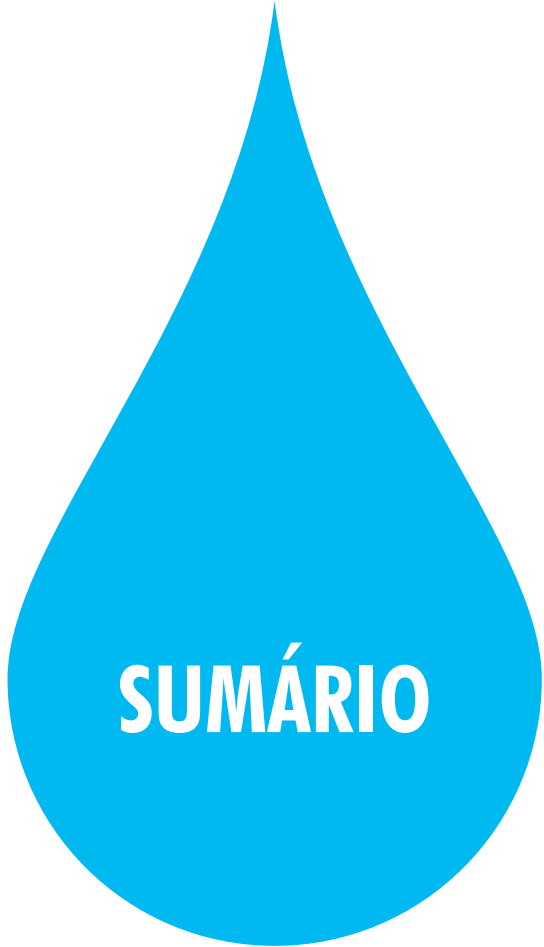
Nelson Savioli

Gerente de Desenvolvimento Institucional

Flávia Constant

Gerente de Meio Ambiente

Andrea Margit



SUMÁRIO

{ CADERNO DO PROFESSOR }

PREFÁCIO. Chamado à vida	~ 5
INTRODUÇÃO. Água: Um direito humano fundamental e um bem comum	~ 9
CAPÍTULO 1. Gestão de bacias hidrográficas	~ 21
CAPÍTULO 2. Água e saúde pública	~ 39
CAPÍTULO 3. Tratamento e reúso da água	~ 55
CAPÍTULO 4. Tecnologias para dessalinização da água	~ 71
CAPÍTULO 5. Uso da água para geração de energia	~ 87
CONCLUSÃO. Qualidade para todos e para tudo	~ 103
BIBLIOGRAFIA	~ 107
GLOSSÁRIO	~ 113





PREFÁCIO

Chamado à vida



© Raylton Alves/Banco de Imagens ANA

Foi uma alegria saber que, em 2013, o Prêmio Jovem Cientista escolheu como tema **Água: Desafios da Sociedade**.

A temática é das mais oportunas. A água – assim como o ar e a terra – é um elemento essencial para a vida no Planeta e um símbolo repleto de significados filosóficos, presentes inclusive nos mitos de criação de todos os povos. Esses elementos, tanto no campo físico como no simbólico, interagem de forma absolutamente coesa, tecendo os diferentes *habitats* e definindo as espécies animais e vegetais que os povoam.

Nesse contexto, incitar uma contribuição intelectual dos jovens sobre a água é, antes de tudo, chamá-los a refletir sobre os seus significados, suas múltiplas utilizações, suas incríveis interações com outros elementos vitais que criam a condição para a vida.

A provocação adicional da água como ‘desafio da sociedade’ também transmite uma ideia importantíssima. Instiga-nos a pensar em nosso compromisso para com esse elemento, seja no que se refere às diferentes formas de sua utilização ou aos cuidados que devem ser tomados para a sua preservação e proteção.

Neste Caderno do Professor, merece destaque o chamado à inovação em temas fundamentais e cotidianos, como a gestão de bacias hidrográficas; água e saúde pública; tratamento e reúso da água; tecnologias para dessalinização da água e uso da água para geração de energia. Na medida em que favorece o surgimento de novas percepções e reflexões, tal chamado, de certa forma, desmistifica a ideia de que ciência é coisa para *nerds* e superdotados intelectualmente. Não é verdade. A ciência está ao alcance de todos nós, já que nasce da percepção humana de tudo o que nos cerca. Naturalmente, um mínimo de formalismo é necessário, mas, a rigor, o sentido precípuo da ciência é buscar o conhecimento através de percepções e correlações, o que é parte intrínseca da natureza exploratória do ser humano.

Há, portanto, plenas condições de se atingir, mais uma vez, os objetivos dessa exemplar iniciativa, destinada a estimular a pesquisa, revelar talentos e investir em estudantes e jovens pesquisadores que buscam alternativas para os problemas brasileiros.

O Brasil, pela importância relativa que tem nessa temática, terá muito a ganhar com incentivos dessa natureza.

Vicente Andreu

Diretor-Presidente | Agência Nacional de Águas - ANA





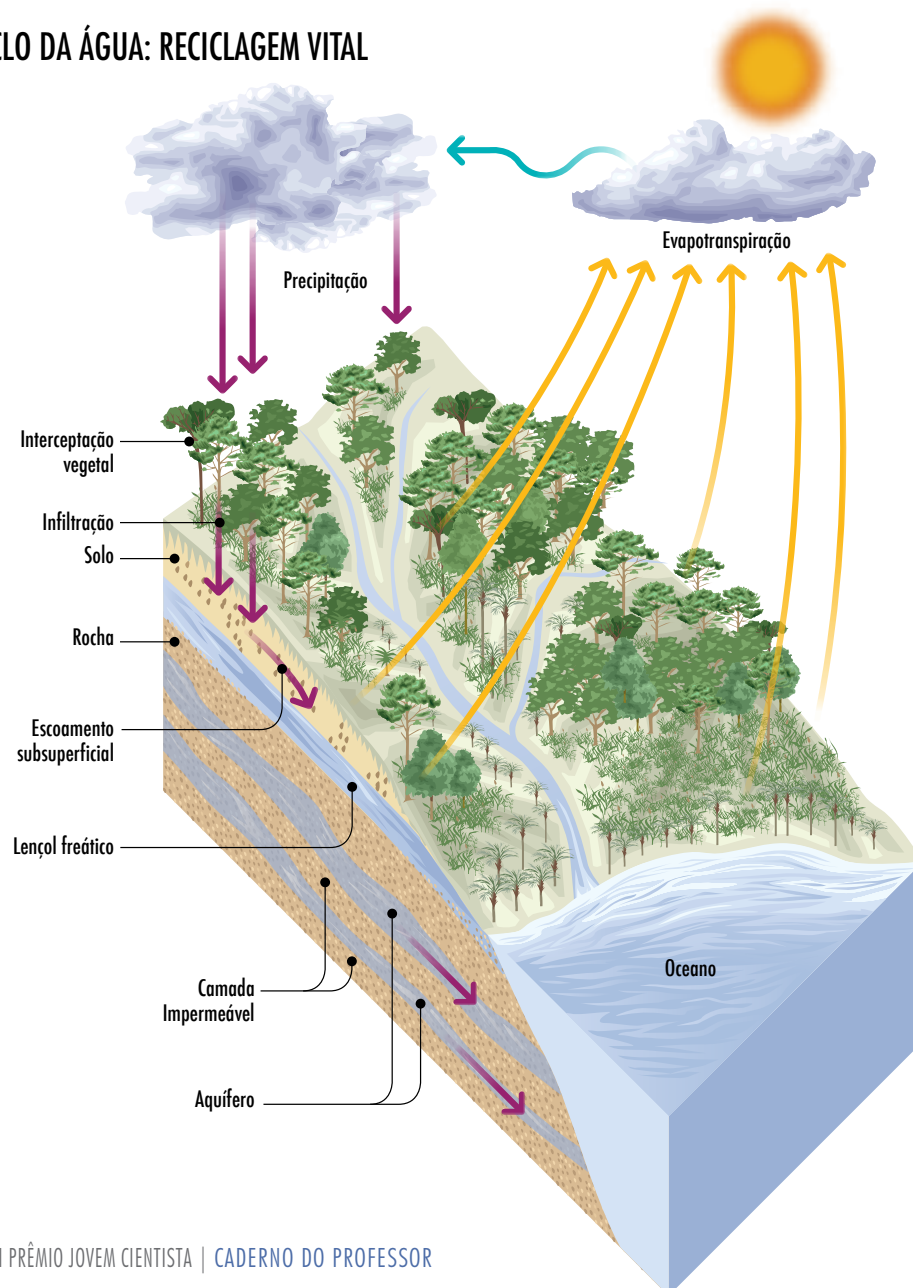
INTRODUÇÃO

Água: um direito
humano fundamental
e um bem comum

Se as gotas d'água nos contassem onde estiveram, ouviríamos relatos fascinantes de viagens subterrâneas e estratosféricas, de longas jornadas pelos tecidos de dinossauros, ou aprisionadas no azul das geleiras, ou libertas em lagos profundos até um dia chegar à superfície, absorver a radiação solar e virar vapor, e subir, e condensar, e tornar a descer em forma de chuva. Ouviríamos o gotejar paciente que decora cavernas com estalactites e estalagmites e o trovejar impaciente que despeja a destruição no caminho das enxurradas. Ouviríamos a seiva percorrendo das raízes aos ramos mais finos das árvores; o sangue circulando pelas veias de todos os animais e a nossa própria sede.

Tudo isso é água. Sempre a mesma água, incansavelmente reciclada.

CICLO DA ÁGUA: RECICLAGEM VITAL



Ocorre que as gotas d'água não nos contam nada assim, de forma tão clara. Precisamos descobrir por nossa conta e risco por onde elas andaram, o que fizeram, quais relações mantiveram e mantêm com a vida, os ecossistemas e as atividades humanas. Dependemos de nossa inteligência e capacidade de análise para interpretar seus sinais, conhecer seus limites, desvendar suas possibilidades. E também para avaliar o que fizemos e fazemos com a água, como a tratamos e como deveríamos tratá-la, considerando o quanto ela nos é essencial.

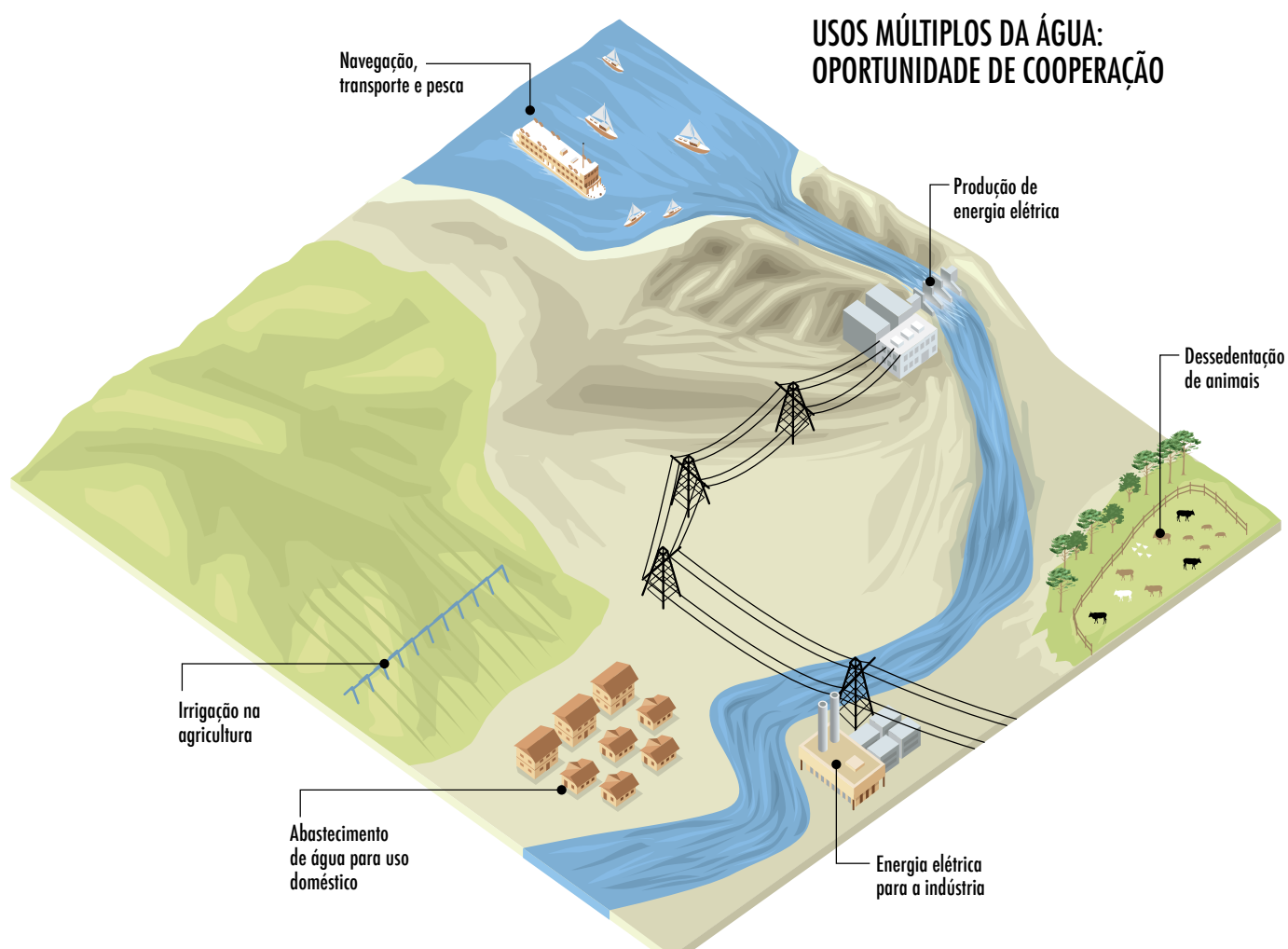
Ao escolher o tema **Água: Desafios da Sociedade** para a XXVII edição do Prêmio Jovem Cientista, esperamos levar a você, professor e orientador, elementos para uma reflexão mais ampla. A intenção é ir além dos problemas básicos e urgentes relacionados aos diversos usos dos recursos hídricos. Queremos incentivar a busca de soluções inovadoras, afinadas com a real dimensão do papel da água em nosso planeta.

Pensando nisso, vale ressaltar dois conceitos fundamentais associados ao nosso tema e lembrados pela Organização das Nações Unidas (ONU) ao declarar 2013 o Ano Internacional da Cooperação pela Água: os conceitos de direito humano fundamental e de bem comum.

A água é um direito humano por ser indispensável à vida e a todas as atividades humanas. E o direito à vida é fundamental, assim definido no artigo 3 da Declaração Universal dos Direitos do Homem, adotada pela ONU em 1948.

A água também é um bem comum por ser um recurso compartilhado, cujos benefícios se estendem a todos os membros de uma comunidade. Neste caso, a comunidade é a planetária, ou seja, inclui todas as populações humanas, independente de suas semelhanças ou diferenças, e também abrange todas as populações de todas as espécies com as quais compartilhamos a Terra.

Como direito humano fundamental e bem comum, a água deveria ser garantida a todos, sendo o acesso a ela livre e igual para qualquer ser. Não podemos deixar de considerar o estreito vínculo entre os recursos hídricos e os diversos ambientes por eles percorridos, drenados, umedecidos, encharcados, transformados, alimentados. Em diferentes medidas, os ecossistemas respondem pela renovação da água e por sua capacidade de garantir a vida em toda a expressão da biodiversidade. Se os recursos hídricos que circulam por espaços rurais e urbanos se deterioram e perdem a capacidade de abastecer a humanidade, sempre podemos buscar inspiração e soluções nos numerosos exemplos naturais de filtração, drenagem, reciclagem e recuperação. Este também é um dos sentidos da palavra “cooperação” neste Ano Internacional da Cooperação pela Água.



Mas como garantir o compartilhamento livre, igual e comum, se as atividades humanas competem pelos recursos hídricos numa crescente diversidade de usos? Como decidir quais as prioridades? Como garantir o acesso dos que não têm voz política? Como garantir qualidade e quantidade suficientes para todos, incluindo os animais e as plantas nativas? Como podemos tirar lições da imensurável e bem-sucedida história da água e aplicá-las à breve história do homem?

Questões desse tipo podem inspirar o desenvolvimento dos trabalhos do ensino médio nesta edição. Esses trabalhos devem contemplar uma das seguintes linhas de pesquisa: gestão de bacias hidrográficas; água e saúde pública; tratamento e reúso da água; tecnologias para dessalinização da água; e uso da água para geração de energia.



Declaração Universal dos Direitos da Água

E se qualquer pesquisa com a água e seus diversos usos deve considerar os dois princípios – o de direito humano fundamental e o de bem comum –, podemos iniciar nossos estudos pela leitura da Declaração dos Direitos da Água, documento divulgado, em 22 de março de 1992, pela Organização das Nações Unidas (ONU):

- » A água faz parte do patrimônio do Planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos.
- » A água é a seiva do nosso Planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.
- » Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.
- » O equilíbrio e o futuro de nosso Planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.
- » A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.
- » A água não é uma doação gratuita da natureza. Ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa, e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.
- » A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.
- » A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.
- » A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.
- » O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

Absorvidos os conceitos fundamentais da Declaração Universal dos Direitos da Água, é importante também ter em mente algumas iniciativas criadas com o objetivo de chamar a atenção para a importância da água e sua relação com questões como saúde e sustentabilidade, como a *Década Brasileira da Água*, iniciada em 2005, em consonância com programas e convenções das Nações Unidas, como a *Década Internacional de Ação “Água para a Vida”* (2005-2015).



© Istockphoto

A gestão adequada dos recursos hídricos permite conciliar abastecimento urbano e irrigação com produção de energia, lazer e navegação.

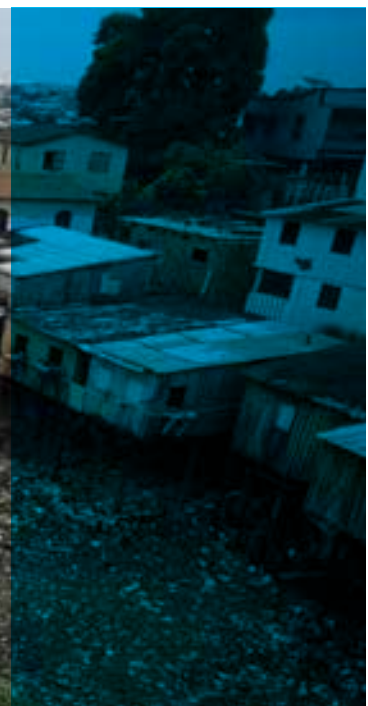
Tais iniciativas demonstram que o caminho para um desenvolvimento sustentável está no aprimoramento de ações que permitem utilizar a água, seus sistemas e suas bacias, sem prejudicar a sociedade ou os ecossistemas existentes.

No início do século XXI, por exemplo, a ONU definiu as Metas do Milênio, visando a redução da pobreza. A preocupação com a água é um dos focos principais dessas metas, seja quanto à sua qualidade ou quanto ao acesso da população, para abastecimento ou saneamento. Essas metas foram firmadas na Rio+10 e na Rio+20, e discutidas em todos os Fóruns Mundiais da Água realizados desde então (Kyoto, no Japão, em 2003; Cidade do México, em 2006; Istanbul, na Turquia, em 2009 e Marselha, na França, em 2012).

Em síntese, no âmbito da água, essas metas estabelecem que se deva procurar reduzir pela metade o número de pessoas sem água potável e saneamento básico até 2015. Alguns dos principais desafios estão na aplicação de práticas sustentáveis para os meios urbano e rural, para a geração de energia e a navegação.



© Getty Images



O esgoto despejado em rios e mangues, sem tratamento, põe em risco todos os seres que dependem dessas águas.

Água para o meio urbano

As práticas sustentáveis para o ambiente urbano envolvem a racionalização do uso da água, o que faz reduzir desperdícios e diminuir os volumes dos efluentes, por exemplo, com o reúso da água. Também demandam o tratamento dos efluentes domésticos e industriais; a preservação dos mecanismos naturais de escoamento, infiltração e conservação dos rios urbanos; a recuperação de áreas degradadas e a gestão integrada da bacia hidrográfica urbana. Essas práticas são essenciais para evitar os problemas atuais e futuros.

Persiste no Brasil uma grande disparidade entre as cidades grandes e pequenas quando o assunto é tratamento de esgotos domésticos e industriais. As dificuldades têm início na captação desse esgoto e se estendem à rede de transporte até estações de tratamento, ao tratamento em si, e à disposição final nos rios.

Existem experiências positivas de comitês gestores de bacias, responsáveis por diagnósticos técnicos e ações eficientes no tratamento de esgotos, porém ainda são poucas e pontuais, concentradas sobretudo nas regiões Sul e Sudeste. Maneiras de divulgar e multiplicar tais experiências ou adaptá-las à realidade de municípios com menos de 50 mil habitantes – os mais desassistidos – certamente seriam boas opções de projetos de pesquisa.

Para a redução das enchentes nas áreas urbanas são necessários novos conceitos de loteamentos, capazes de preservar as condições naturais de escoamento de água no solo. Utilizar planos de infiltração, pavimentos permeáveis ou mecanismos de armazenamento da água da chuva são maneiras de aumentar a retenção das águas, evitando erosão, inundações e possibilitando até o reúso da água coletada.

Em todos os casos, a gestão integrada da bacia urbana é essencial para planejar o uso do solo em consonância com o abastecimento, o esgoto sanitário, a drenagem urbana, os resíduos sólidos e a retenção de sedimentos, garantindo sustentabilidade ao ambiente urbano.



Tecnologias mais sustentáveis do que o pivô central (acima) já ajudam a reduzir o desperdício na irrigação.

Água e desenvolvimento rural

A sustentabilidade do desenvolvimento rural depende, entre outros fatores, da disponibilidade de água e da conservação do ambiente. Estamos acostumados a pensar apenas nas necessidades permanentes e gritantes do semiárido nordestino, mas as flutuações climáticas aliadas à enorme disputa pelos recursos hídricos para

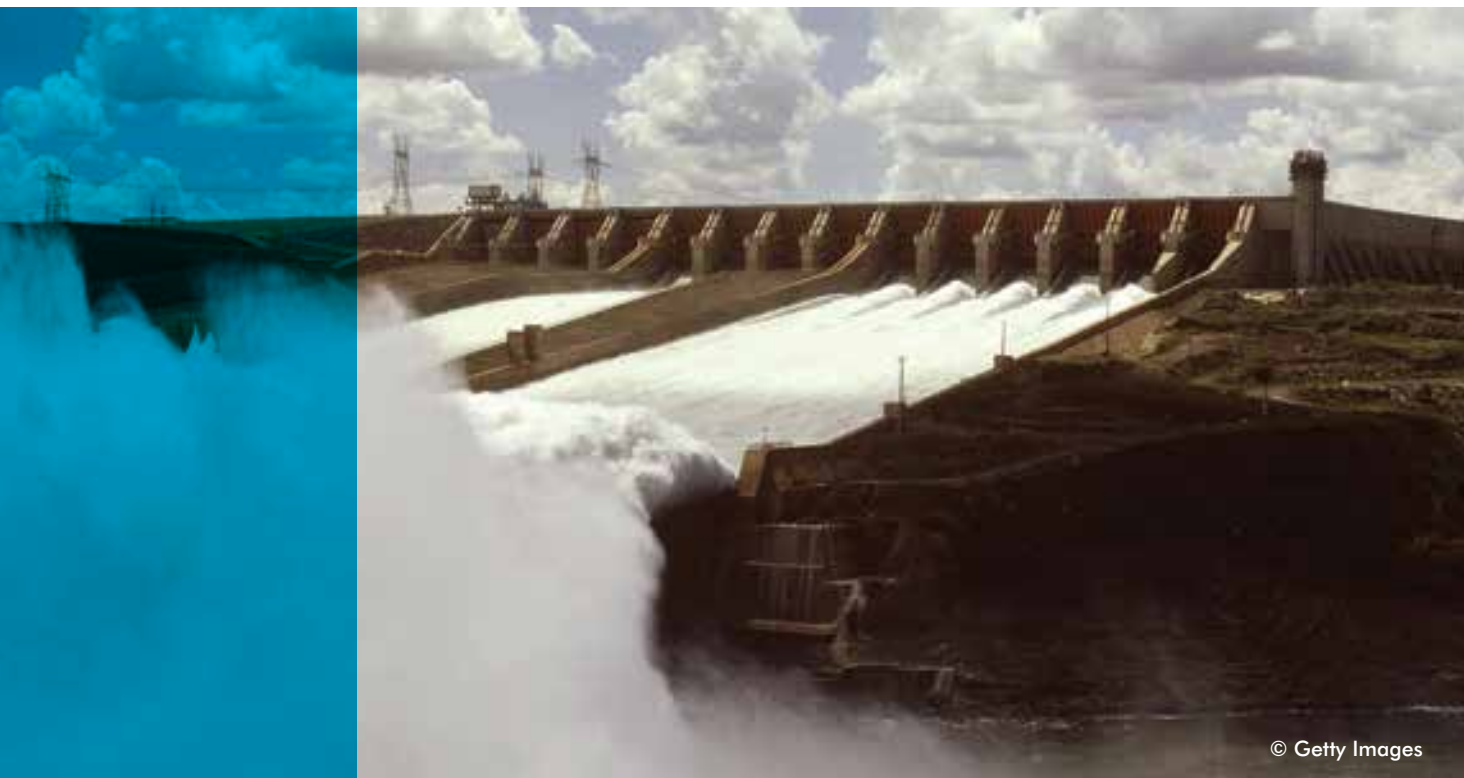
diferentes usos cria uma situação de escassez também em regiões abastecidas por rios permanentes – como o interior de São Paulo –, e mesmo em regiões onde os recursos hídricos sempre foram abundantes, como na Amazônia, durante secas extremas – como as verificadas em 2005 e 2010.

Saber usar a água de modo eficiente; planejar a distribuição das lavouras de olho nos eventos climáticos extremos; evitar desperdícios; evitar o uso de químicos agrícolas junto a mananciais de abastecimento; usar métodos de irrigação engenhosos, por gravidade, combinados a sistemas de produção capazes de preservar a umidade do solo, como o plantio direto; instalar sistemas de coleta e tratamento de esgotos de criadouros de animais para evitar a contaminação dos cursos d'água, todas essas são vias insuficientemente exploradas pela pesquisa brasileira.

A solução nem precisa ser grandiosa, dependente de investimentos de grande vulto. Muitos empreendimentos exigem uma precisa regularização da água durante períodos longos, para atender a plantios permanentes, como a cafeicultura e a fruticultura. Outros planos incluem transposições e transporte da água por longas distâncias. Ainda há, no País, uma grande mobilização para alcançar a meta de construção de um milhão de cisternas na zona rural do Nordeste, objetivo associado às Metas do Milênio. É importante ressaltar, porém, a necessidade de educar e treinar a população para reduzir a contaminação dessa água. E demonstrar que a sustentabilidade também está no uso de materiais locais, de sistemas simples, construídos, por exemplo, com materiais reciclados e, com certeza, com muita criatividade.

Antes de elaborar qualquer plano é preciso conhecer a história agrícola do lugar, a história climática e as previsões regionais que consideram os cenários de mudanças climáticas. O estudo do uso das terras e da distribuição das comunidades humanas também é determinante para a boa correlação entre o projeto de pesquisa e as necessidades reais de água para as plantações, para as criações e para as famílias do meio rural.

Ações de conservação do ambiente rural também resultam na preservação da qualidade da água e asseguram sua abundância. Dentre elas, estão a manutenção de, no mínimo, 30 metros de matas ciliares em cada margem de rio; a proteção das nascentes; e a manutenção da vegetação em áreas de grande declividade para evitar a erosão do solo. Há outras, muitas outras medidas de conservação, que podem ser transmitidas ao agricultor por serviços de extensão rural ou de um agricultor para outro, quando se consegue vencer o isolamento e promover um verdadeiro intercâmbio de saberes locais.



As possibilidades de gerar energia em grandes hidrelétricas, como a de Itaipu (acima), começam a se esgotar: é tempo de buscar outras opções.

Água para a geração de energia

A construção de barragens tem sido um tema de debate no Brasil, devido aos impactos sociais e ambientais, rio abaixo e rio acima. O primeiro impacto social se dá com a retirada de pessoas da área de inundação do lago formado pela barragem. Os impactos ambientais decorrem das mudanças impostas pelo barramento, que se tornam visíveis na qualidade da água, na vazão do rio, no transporte e na deposição de sedimentos, na dinâmica de erosão ou acréscimo das margens, com consequências para as vegetações aquática e ripária e para a fauna. Os peixes migratórios, por exemplo, têm dificuldades em subir o rio para a desova, e, em longo prazo, ocorrem extinções locais de espécies.

Por outro lado, o país necessita de investimentos da ordem de US\$ 3 a 5 bilhões em energia, por ano, para satisfazer uma demanda de crescimento anual de 2 a 4%. A energia gerada por hidrelétricas está entre as mais limpas. No entanto, começam a se esgotar as possibilidades de geração a partir de hidrelétricas tradicionais. É tempo de pensar em novos modelos, tecnologias competitivas, ainda movidas a água, mas com outros sistemas de geração de energia, caso das usinas de fio d'água ou das pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

Outro problema é o fato de a avaliação ambiental dos impactos dos projetos ser realizada caso a caso, não considerando a bacia hidrográfica como um todo. Assim, há grandes rios no Brasil transformados em um conjunto de lagos: mal terminam os efeitos de uma barragem sobre o rio e já há outra construída em seguida.

Para evitar problemas em série, é fundamental minimizar os impactos sociais e ambientais, construindo barragens a partir de uma visão de sustentabilidade da região e da bacia hidrográfica em que se encontram. Investimentos combinados com outras fontes de energia renovável, como a cogeração, a eólica (ventos) ou a solar, além do desenvolvimento de biocombustíveis e do biogás, gerados a partir de óleos vegetais e da decomposição de matéria orgânica, também poderiam atender à demanda por energia.

Agora que você já tem um bom número de elementos para refletir sobre os problemas que necessitam de solução, vamos fazer o detalhamento das possíveis linhas de pesquisa do XXVII Prêmio Jovem Cientista. Lembramos que você pode e deve trabalhar a interdisciplinaridade, envolvendo conhecimentos de Engenharia, Saúde, Computação, Biologia, Urbanismo, Climatologia, Recursos Hídricos, Educação Ambiental e muitos outros.

Para ser sustentável, qualquer aproveitamento em um curso d'água deve considerar o todo: a bacia hidrográfica.







Gestão de bacias hidrográficas

Os índios Yanomami, da Amazônia brasileira e venezuelana, não perguntam apenas onde você nasceu? Eles perguntam: ao lado de qual água você nasceu?

Em seu raciocínio de indígenas seminômades, estão certíssimos ao estabelecer o forte vínculo cultural entre um rio ou um lago e a existência do indivíduo, posto que não há vida sem água e os cuidados com cada corpo d'água são uma corresponsabilidade das pessoas e comunidades distribuídas em seu entorno.

No “mundo civilizado”, com suas cidades imensas e múltiplas demandas, costuma ser mais difícil enxergar o vínculo de cada habitante com o corpo d'água mais próximo, mesmo porque nem sempre a água que sai da torneira vem do rio ali ao lado. O distanciamento dilui a sensação de pertencer a uma bacia hidrográfica e dilui o compromisso com o bom uso e a conservação dessa água. Aí está a origem da primeira dificuldade a ser vencida quando se pretende promover a gestão participativa dos recursos hídricos: estabelecer um vínculo de responsabilidade.

No ambiente urbano, muitas pessoas desconhecem a microbacia em que moram ou trabalham e, não raro, também a bacia hidrográfica na qual essa microbacia e a cidade estão inseridas. No meio rural, a conexão com os córregos ou os rios é mais estreita, mas a percepção de comunidade em uma bacia hidrográfica nem sempre é clara. Muitas vezes há disputas entre vizinhos que dificultam acordos, prejudicando ações e medidas de uso e conservação do recurso comum.

Assim, para tratar da gestão de bacias hidrográficas e dos desafios de pesquisa a ela associados, vamos voltar brevemente a algumas noções básicas:

Bacia hidrográfica é uma área de superfície terrestre, drenada por um rio e seus tributários, e delimitada pelos pontos mais altos do relevo, os chamados divisores de águas, ou seja, colinas, morros, montanhas ou serras. As águas provenientes das chuvas e das nascentes descem, por gravidade, para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e córregos. Os pequenos cursos d'água vão se encontrando, formando ribeirões, que também se encontram ou aumentam de volume, tornam-se rios, para depois desaguar no rio principal e assim seguirem até mares e oceanos. Uma bacia hidrográfica, em geral, possui muitas nascentes, mas uma saída única, responsável por seu escoamento: o rio principal, do qual empresta o nome.

Olhando de cima, uma bacia hidrográfica assemelha-se a uma folha: o eixo central da folha é análogo ao rio principal – em geral o mais largo e longo – e as nervuras desta folha representam os afluentes, isto é, rios ou córregos menores que contribuem para aumentar o volume de água do rio principal.



Microbacias são as partes que compõem uma bacia hidrográfica, delimitadas pela área de drenagem de um ribeirão ou de um dos afluentes do rio principal. Do ponto de vista hidrológico, não se diferenciam muito da bacia hidrográfica, a não ser pela extensão da rede de cursos d'água que abrange.

A gestão das águas por bacias ou por microbacias obedece a uma lógica ambiental e é mais eficiente do que a gestão por divisão administrativa (distritos, municípios e estados). São muitos os rios que atravessam mais de um município, mais de um estado ou mais de um país.

A bacia do rio Amazonas, por exemplo, é composta por dezenas de grandes rios e centenas de riachos e igarapés, que devem ser geridos de forma integrada.

REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO BRASIL

--- Limites dos estados
— Rios

- Região Hidrográfica da Amazônia
- Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia
- Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental
- Região Hidrográfica do Parnaíba
- Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental
- Região Hidrográfica do São Francisco
- Região Hidrográfica do Atlântico Leste
- Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste
- Região Hidrográfica do Paraná
- Região Hidrográfica do Paraguai
- Região Hidrográfica do Uruguai
- Região Hidrográfica do Atlântico Sul

Fonte: Resolução CNRH 32/03



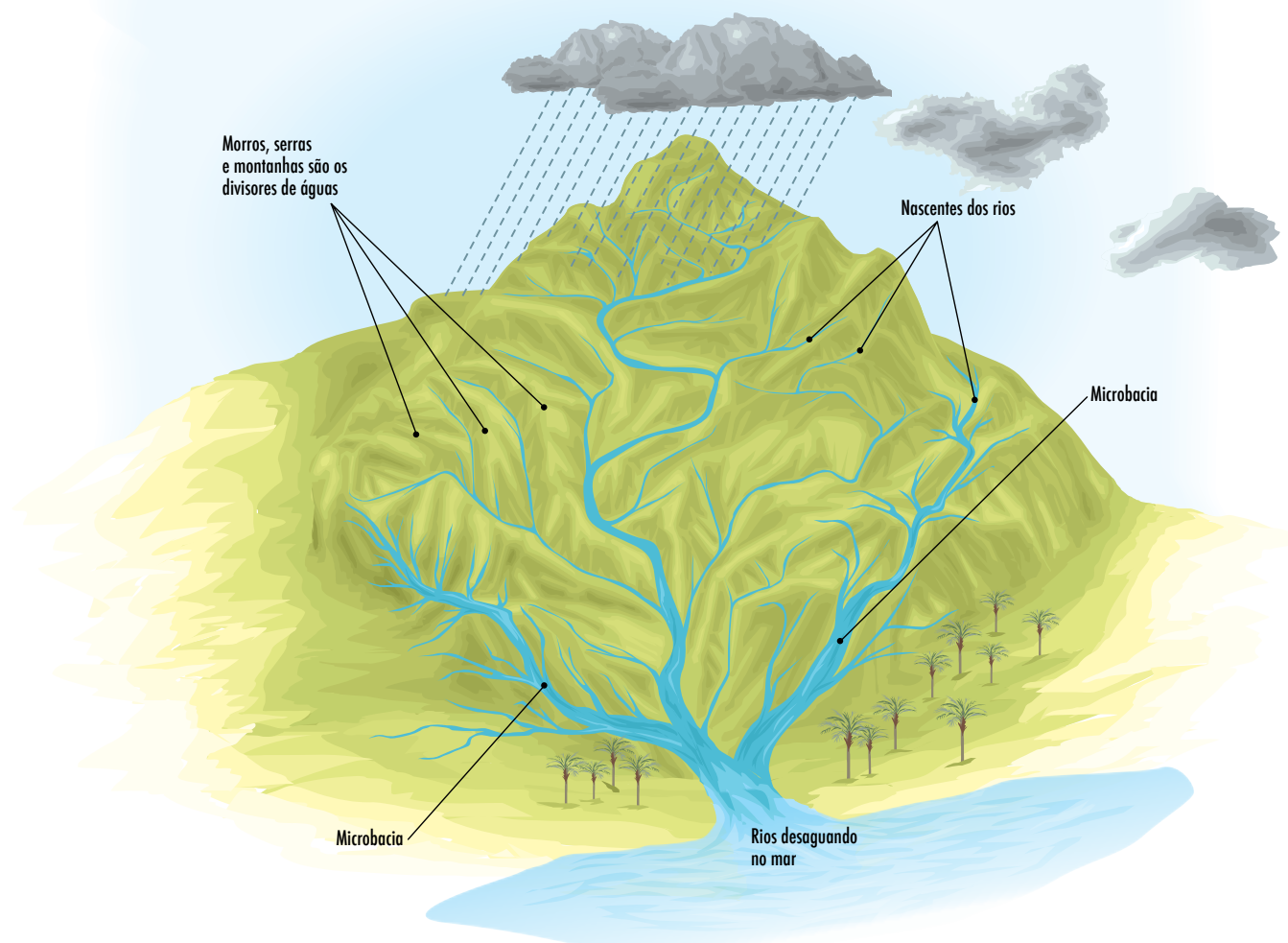
Em geral, é mais fácil perceber a influência do que se faz rio acima sobre as atividades rio abaixo, porém o inverso também ocorre: há ações rio abaixo com consequências rio acima, como no caso dos barramentos ou no caso de retificações do leito (ambos mudam o fluxo das águas para menos e para mais, respectivamente). Portanto, nunca é demais repetir: todos são corresponsáveis pelas águas compartilhadas, sempre.



EM RESUMO:

Costumamos perceber a falta d'água apenas quando as torneiras secam, sem nos preocuparmos em conhecer o caminho feito pela água desde a nascente até nossas casas. Estabelecer a conexão entre nossa comunidade e a bacia hidrográfica na qual ela está inserida é o primeiro passo para a gestão adequada dos recursos hídricos.

BACIAS E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS



Usos múltiplos e gestão participativa

O vínculo das comunidades com a bacia hidrográfica é importante, pois elas devem (ou deveriam) decidir, juntas, como fazer a captação, o tratamento, o aproveitamento e a distribuição dos recursos hídricos, estabelecendo prioridades entre os múltiplos usos, além de minimizar as desigualdades de acesso à água e enfrentar os fatores de poluição hídrica.

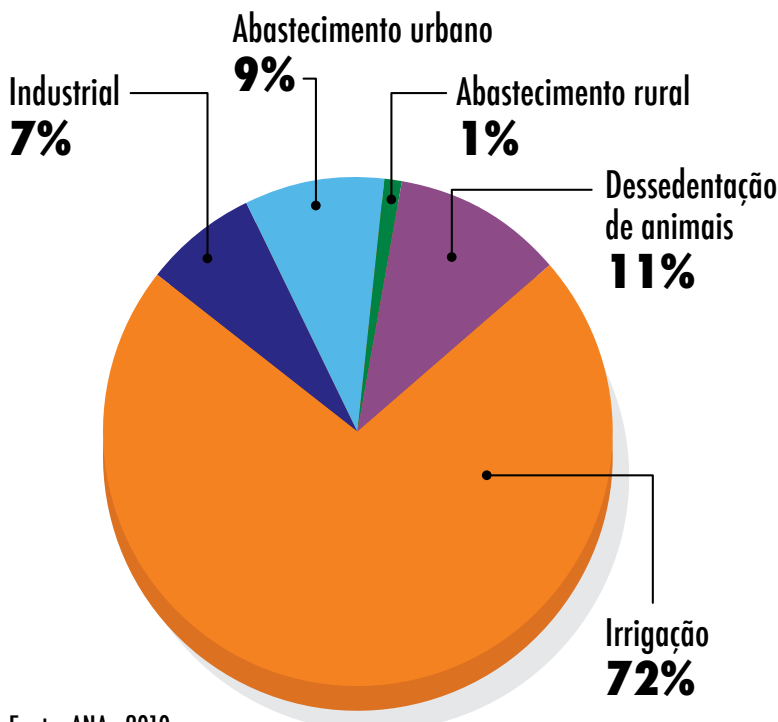
Dentre os múltiplos usos, os mais importantes são o abastecimento para uso doméstico, a dessedentação de animais, a conservação ambiental, a irrigação na agricultura, os processos industriais, a produção de energia elétrica e a navegação para transporte de produtos e pessoas. Em caso de escassez de água, o consumo humano e a dessedentação de animais são considerados prioritários pela lei brasileira.

Os usos que consomem água são chamados de consuntivos, ou seja, eles reduzem o volume da água de rios, lagos e de reservas subterrâneas. Estão nesta categoria o abastecimento humano, a dessedentação de animais, a irrigação e o uso industrial. Há também os usos que não consomem diretamente a água, chamados de não consuntivos. Entre eles estão os usos para geração de energia, navegação e lazer.

Tanto os usos consuntivos como os não consuntivos precisam ser gerenciados de forma integrada numa mesma bacia, pois a demanda não é o único fator a se considerar. É preciso ponderar os impactos dos diferentes usos sobre a qualidade da água, se há alteração na temperatura, na transparência, na vazão, se há potencial de contaminação biológica ou química, se os impactos podem afetar flora e fauna aquáticas ou ribeirinhas. Sobre tudo, é preciso estabelecer um sistema de arrecadação e gestão de recursos para financiar os tratamentos, as obras e as medidas necessárias para garantir a qualidade da água.

USOS CONSUNTIVOS DE ÁGUA NO BRASIL

Vazão total consumida: 1.212 m³/s



Fonte: ANA - 2010

No Brasil, temos uma legislação bastante avançada em relação à gestão dos recursos hídricos – a Lei nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) – e também uma Agência Nacional de Águas (ANA), criada em 2000. A lei prevê a criação de comitês e agências de águas por bacia hidrográfica, do qual participam diversos setores da sociedade civil e diversas instâncias de governo, inclusive representantes da ANA. A lei também prevê e regulamenta instrumentos importantes de gestão, como as outorgas de água para uso de particulares e a cobrança pelo uso da água. A cobrança aqui referida não é a das contas comuns, de residências ou comércio. É um valor estabelecido por metro cúbico, cobrado de grandes usuários, como as indústrias, e destinado especificamente à gestão dos recursos hídricos.

Com isso, as comunidades organizadas em torno de uma bacia conseguem ampliar a participação no processo de decisão sobre as prioridades de gestão daquelas águas. Mas, primeiro, é preciso estruturar os comitês e garantir a participação, sem a qual a lei é letra morta.

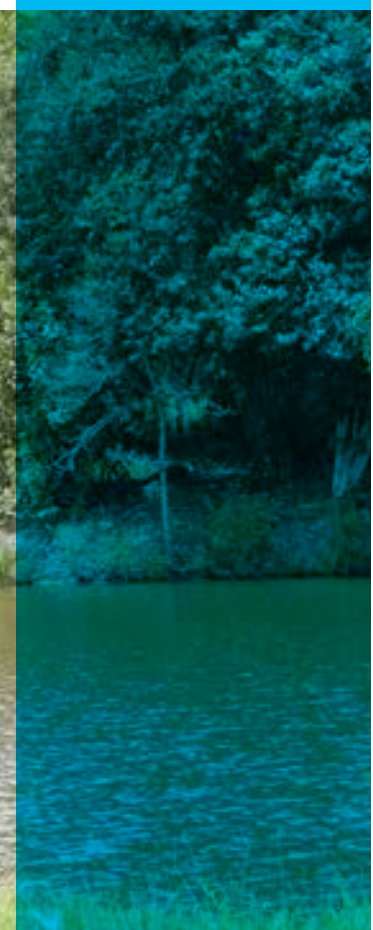
As bacias com sistemas de gestão mais organizados são a dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, em São Paulo, gerenciadas juntas e apelidadas de PCJ: a do rio Paraíba do Sul, entre São Paulo e Rio de Janeiro; a do rio Doce, entre Minas Gerais e Espírito Santo, e a do rio São Francisco, entre Minas Gerais, Bahia e Pernambuco.

Em todas elas foram realizadas campanhas intensas de mobilização e de educação ambiental, com o foco na água e com o objetivo de reduzir desperdícios e conflitos decorrentes do mau uso dos recursos hídricos. A população das comunidades banhadas pelas mesmas águas aprendeu a discutir interesses comuns em audiências públicas, na base da participação ativa.

Em Socorro (SP), na bacia PCJ, os recursos da cobrança pelo uso da água financiam a restauração de matas ciliares.



© Liana John



Uma boa ideia colocada em prática na bacia PCJ, por exemplo, foi o banco de projetos. Para “depositar” um projeto no banco e pleitear recursos para financiar sua execução, a prefeitura, a empresa de saneamento ou a organização não governamental precisa atender a critérios técnicos estabelecidos por engenheiros e obter as licenças necessárias. Cada projeto recebe uma pontuação e o dinheiro sai primeiro para aqueles com notas mais altas, independente do tamanho da obra ou da pressão política do pleiteante.

Os recursos saem da cobrança pelo uso da água e de editais como os dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos (Fehidro). O fato de muitos projetos já se encontrarem “depositados” no banco e prontos para serem colocados em prática confere vantagem à PCJ na competição com outras bacias por recursos estaduais ou federais.

Já na bacia do Paraíba do Sul, os recursos obtidos com a cobrança pelo uso de água bruta, desde 2003, foram destinados inicialmente a um detalhado diagnóstico da própria bacia e ao planejamento de ações de curto e de médio prazo. Isso viabilizou a implantação de um sistema de outorga de uso dos recursos hídricos e de um Sistema de Informações de Recursos Hídricos, para facilitar a gestão compartilhada na bacia.

No rio Doce – onde um dos problemas mais graves é a erosão e o assoreamento causados pela mineração e pela agricultura praticadas em zonas de relevo acidentado –, a prioridade é recompor matas ciliares e implantar projetos de contenção de encostas. Dois importantes projetos visando o restabelecimento da conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes estão em execução, um em Minas Gerais (Promata), outro no Espírito Santo (Corredores Ecológicos).

Mais uma ação importante em curso na porção mineira da bacia é o projeto de recuperação de áreas degradadas do médio rio Doce, com participação de sete microbacias tributárias. Em cada microbacia desenvolvem-se experiências diferentes, e a expectativa é conhecer as melhores alternativas para depois replicar as ações em outras regiões do estado.

Na bacia do São Francisco, as três grandes demandas atuais são produção de energia, irrigação e saneamento básico, com a perspectiva de, no futuro, ainda acomodar as demandas extras resultantes da transposição das águas para abastecimento de outras regiões, com todos os impactos ambientais, sociais e hídricos dela decorrentes. O “Velho Chico”, como o rio é conhecido, une as regiões Sudeste e Nordeste, atravessando diversas cidades sem redes de esgotos e extensas zonas rurais com escassez sazonal de água. Em suas margens, é grande a concentração de equipamentos de irrigação, que demandam volumes de água acima da capacidade dos mananciais. Além disso, a agricultura irrigada responde pelo descarte de químicos e a consequente contaminação difusa das águas dos lençóis freáticos e dos próprios rios.



© Folhapress



Localizada no rio São Francisco, entre Sergipe e Alagoas, a hidrelétrica de Xingó movimenta a economia regional.

Ao mesmo tempo, o aproveitamento da hidroeletricidade é imenso e movimenta a economia regional. A energia produzida pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf) e pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) atende a oito estados nordestinos – Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

Neste contexto de realidades tão desiguais, a gestão participativa ainda depende de um longo processo de organização dos comitês de microbacias. Mas ali já funciona um dos mais bem-sucedidos programas da Agência Nacional de Águas (ANA): o Programa de Despoluição de Bacias (Prodes), também conhecido como “programa de compra de esgoto tratado”. Essa é uma iniciativa inovadora, pois a União dá estímulo financeiro aos prestadores de serviços de saneamento que investem na implantação e na operação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). O programa acelera a construção dessas estações, ajuda a reduzir os níveis de poluição e induz a adesão de parceiros ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



EM RESUMO:

A legislação brasileira favorece a gestão dos recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas, com possibilidade de participação da sociedade civil. Os gestores devem conciliar os usos múltiplos da água e assegurar a conservação da qualidade e quantidade de água disponível. Alguns comitês de bacias implantados nos anos 2000 já possuem experiências e instrumentos de gestão inovadores, que podem ser aperfeiçoados e/ou multiplicados.

A opção de Nova Iorque

Existem várias medidas de racionalização do uso da água que integram os principais usos consuntivos. Essas medidas podem visar o consumo, as perdas no sistema de distribuição e o reúso. O consumo pode ser reduzido com a utilização de equipamentos adequados e o uso racional da água. Um exemplo ocorreu na cidade de Nova Iorque, no início da década de 1990.

A cidade teve uma crise de abastecimento de água e necessitava de mais 340 milhões de litros por dia, cerca de 7% do uso total da cidade. A alternativa era gastar US\$ 1 bilhão para bombear água do rio Hudson, aumentando os impactos ambientais sobre esse ecossistema, ou reduzir a demanda. A população optou pela redução.

Em 1994, teve início um programa de racionalização, com investimento de US\$ 295 milhões, para substituir 1/3 das instalações dos banheiros da cidade. Todos os vasos sanitários com consumo superior a 20 litros por descarga foram substituídos por vasos de 6 litros por descarga. Em 1997, quando o programa terminou, 1,33 milhão de dispositivos foram substituídos em 110 mil edifícios com 29% de redução de consumo de água por edifício, reduzindo a demanda total da cidade em cerca de 300 mil m³ por dia.

A racionalização nas perdas da distribuição da água envolve o uso de tecnologia, de materiais adequados e manutenção das redes existentes. Já está claro para os gestores que os custos com a prevenção de problemas são muito mais baixos do que os custos para resolver um problema já instalado.

A racionalização pode se tornar ainda mais eficiente com o reúso, quando a água já usada uma vez em casas ou indústrias é utilizada novamente na irrigação, ou para lavar pisos, ou ainda em instalações industriais.



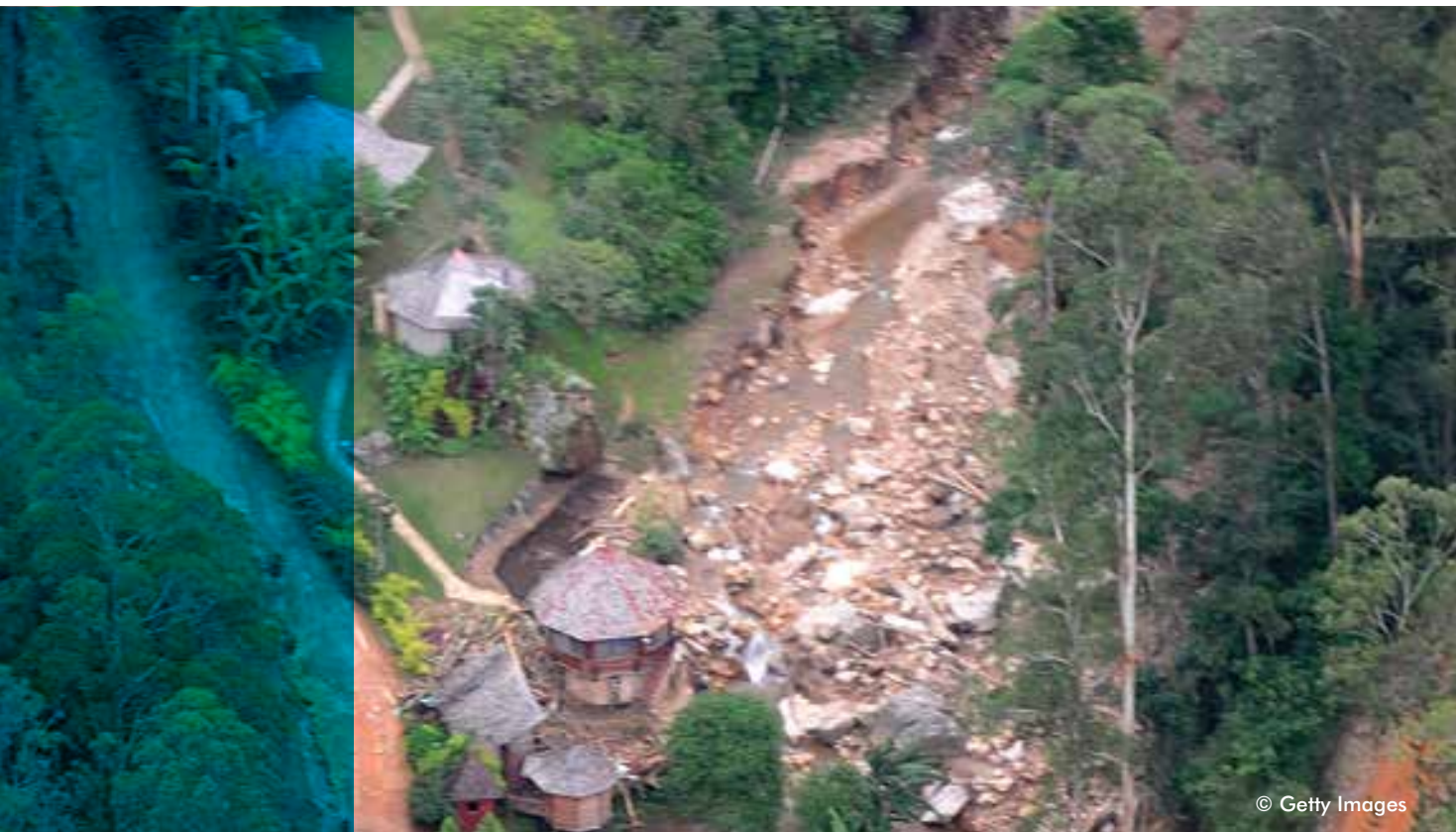
Eventos extremos e mudanças climáticas

Apesar das boas notícias sobre o aumento da participação das comunidades na gestão de bacias hidrográficas, as práticas equivocadas, o desperdício e a degradação ambiental se multiplicam rapidamente e ameaçam provocar colapsos em muitas regiões. Aos problemas decorrentes da ocupação inadequada das microbacias, somam-se os efeitos de eventos climáticos críticos, com o agravante de serem considerados apenas amostras do cenário previsto para os próximos 50 a 100 anos, quando os efeitos das mudanças climáticas serão mais evidentes.

Os chamados eventos críticos ou extremos – tempestades, furacões, inundações e secas – podem ocasionar problemas em larga escala para as populações humanas e os ecossistemas. Esses eventos tendem a ocorrer naturalmente, de tempos em tempos, mas várias ações e algumas omissões humanas podem aumentar sua frequência e/ou intensidade. O desmatamento em larga escala, o corte de matas ciliares e a fragmentação de florestas, por exemplo, desregulam o microclima de determinadas áreas e deixam o solo desprotegido, com consequências graves para a qualidade da água e o fluxo dos rios.

Chuvvas mais intensas e violentas estão previstas para o Brasil, no cenário das mudanças climáticas. Como preparar a população para enfrentar as consequências?

As inundações costumam ocorrer por efeito de fortes chuvas, tempestades ou furacões e, dependendo do relevo, vêm acompanhadas de deslizamentos de encostas. Embora na maioria das vezes as chuvas sejam realmente violentas e causem o aumento rápido da vazão dos rios, com o consequente transbordamento, a impermeabilização do solo urbano agrava os efeitos das inundações e amplia, significativamente, o número de vítimas e os danos materiais, como vimos no Vale do Itajaí, em Santa Catarina, em 2009, e na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, para citar dois casos recentes.



Em Teresópolis (RJ), a ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) agrava os efeitos de deslizamentos de terra: como reduzir o número de vítimas e os danos?

Nem sempre se pode prever a força das águas ou o local exato de um colapso como o dos morros catarinenses, transformados em lama líquida por chuvas torrenciais, sem dar tempo às famílias de sair do caminho. Mas é possível mapear zonas de risco e adotar uma série de medidas preventivas e sistemas de alerta muito antes da estação chuvosa começar. E, após as catástrofes, é fundamental analisar os erros, para que não se repitam, e preparar a população para a eventualidade de um novo evento crítico.

Em Santa Catarina, a lama líquida que desceu dos morros trouxe junto um emaranhado de troncos e entulhos, que se acumularam nos leitos dos rios, criando barreiras impossíveis de remover sem máquinas de grande porte, como as usadas em mineração. Com o tempo, a lama secou e solidificou as barreiras, transformando-as em uma série de barragens no caminho das águas. Não é difícil prever a ampliação do estrago e da área de inundação associada à próxima chuva forte – e nem precisa ser tão forte como aquela de 2009. É de se perguntar, então, como adaptar a gestão dessa microbacia a tal risco? As comunidades reergueram suas casas fora dos potenciais corredores de deslizamentos? Criou-se um sistema de alerta para as famílias? Tudo isso deve fazer parte da preparação das comunidades para novos eventos, que certamente virão, embora sem data marcada.

Na região serrana do Rio de Janeiro, os maiores problemas são os desmatamentos e a ocupação das margens dos rios. Sem a proteção da mata ciliar, a água das chuvas fortes desce os morros em enxurradas capazes de arrastar casas, ruas, bairros inteiros. Parte da população, quando alertada, recusou-se a sair de casa, com receio do saque de seus bens. Com base nos danos causados pelas inundações, com o mapeamento do rastro dos deslizamentos e com as estatísticas de vazões dos rios, é possível calcular a probabilidade de repetição da mesma ocorrência no futuro. Quais as medidas tomadas pelos gestores dessas cidades atingidas para prevenir mais mortes e destruição? A população está consciente da necessidade de atender aos alertas? Há esquemas de segurança para garantir o patrimônio em caso de evacuação? Como os deslizamentos mudaram a vazão e os leitos dos rios?

Em caso de seca, a prioridade de uso da água deve ser o abastecimento humano e a dessedentação dos animais.



No outro extremo das variações climáticas, as secas também constituem eventos críticos, influenciadas por e com consequências diretas sobre a gestão das águas. As secas são períodos longos sem precipitação, associados à evaporação da água de lagoas e à interrupção dos rios temporários. Ocorrem de forma mais dramática no semiárido brasileiro, onde há localidades com apenas 300 mm de chuva por ano. Mas não se limitam a esta região. Também são comuns no Centro-Oeste, onde os ciclos anuais de chuvas e estiagens são bem definidos. A pluviosidade média anual pode ficar abaixo de 800 mm e é grande a evaporação devido às altas temperaturas, características da zona tropical. E causam estragos tanto ao Sul como ao Norte, como foi o caso das grandes secas de 2007 e 2010, que deixaram expostos os leitos de rios imensos, como o Negro, no Amazonas.

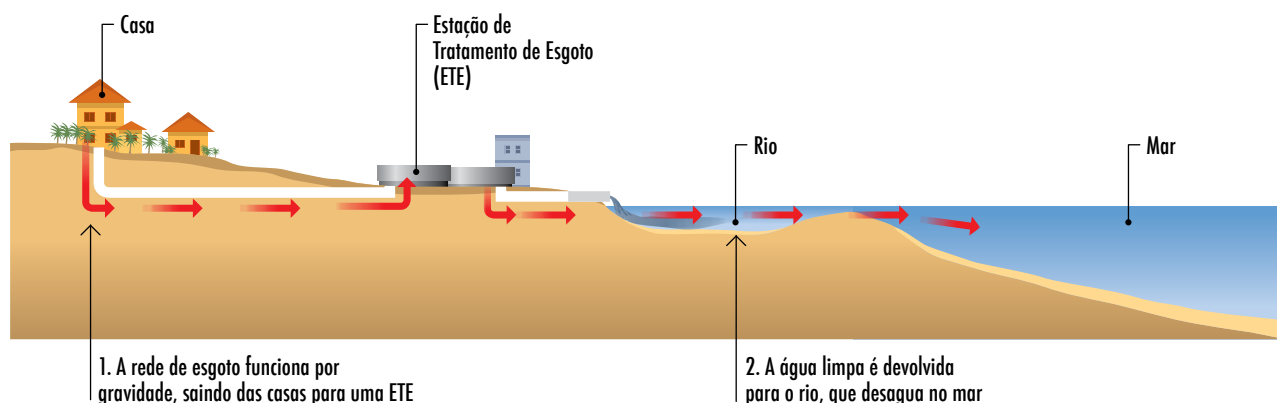
As secas geram sérios impactos econômicos e sociais, afetando as populações que habitam a região. No contexto da estiagem, a primeira providência dos gestores da água deve ser a restrição de uso ao essencial, com prioridade para o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Vale ressaltar que a redução do fluxo das águas concentra poluentes – biológicos ou químicos – aumentando a necessidade de tratamento e de medidas de proteção dos recursos hídricos.

No âmbito das mudanças climáticas – decorrentes do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera –, a previsão é de agravamento dos eventos extremos. Chuvas e secas violentas acontecerão com mais frequência e mais intensidade, ameaçando sobretudo as cidades, onde as concentrações de habitantes são maiores, a proteção da vegetação é menor e as demandas de água são crescentes. Como preparar uma cidade para os eventos críticos a caminho? Que sistemas de alerta funcionam quando a energia é cortada e as ruas são tomadas pela água? O que as comunidades que aprenderam a conviver com a seca – como as do sertão nordestino – podem ensinar às comunidades que começam a enfrentar as estiagens – como as da Amazônia? Como compartilhamos conhecimentos sobre a gestão dessas crises?

Não é só: com as mudanças climáticas já está ocorrendo o derretimento de geleiras e neves eternas, que são a origem de muitos rios e respondem pelo abastecimento de uma grande parte da população mundial. Agimos como se isso não nos afetasse, pois as nascentes da maioria dos rios brasileiros independem do gelo. Mas esquecemos da origem do nosso maior rio – o Amazonas – fora do território nacional, nas neves andinas. Sabemos o que esperar? Estamos preparados para mudanças no volume de água desse rio?

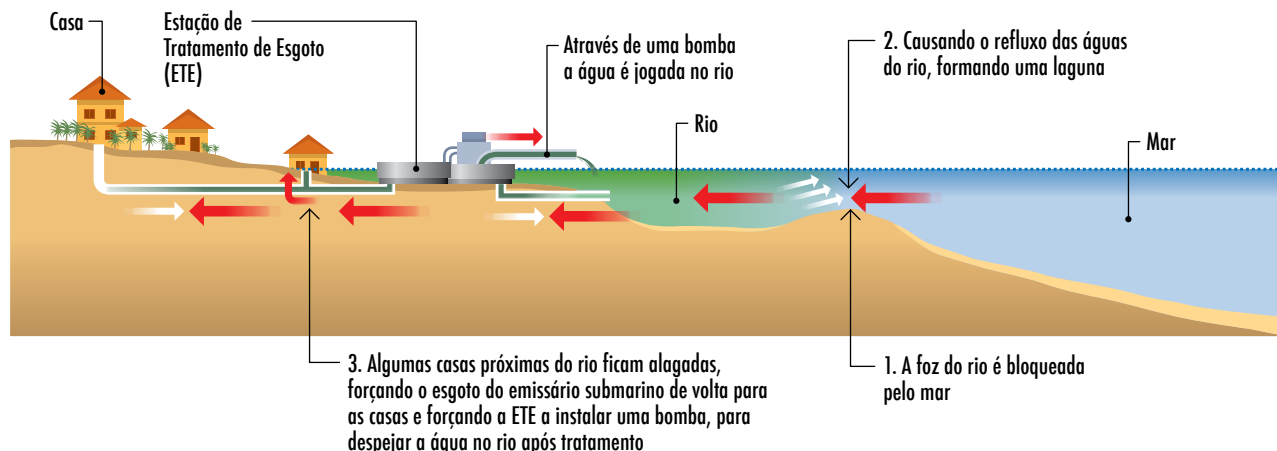
EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE SISTEMAS DE SANEAMENTO

SITUAÇÃO ATUAL



SITUAÇÃO PREVISTA PARA 2100

Com a elevação do nível do mar em 0,58 metro, prevista para 2100



Outra séria consequência do derretimento de geleiras é a elevação do nível do mar, cujos impactos não se limitam às inundações ou à erosão em cidades costeiras, mas incluem o bloqueio de sistemas de coleta de esgotos e canais de irrigação que funcionam por gravidade. Mesmo que o mar suba “apenas” metade dos 58 centímetros previstos até 2100 (de acordo com o cenário menos catastrófico das mudanças climáticas), todos os sistemas de esgotos instalados nas cidades litorâneas do Brasil seriam afetados. Os especialistas indicam que as águas do mar bloquearão diretamente a saída de emissários submarinos, obrigando o esgoto a voltar para as estações de tratamento, e bloquearão indiretamente a rede de coleta, as fossas sépticas e os canais de irrigação, ao provocar o alagamento da foz dos rios e a elevação do lençol freático.

O mar tende a invadir as cidades litorâneas com mais frequência, com o aumento no número de ressacas e tempestades.

No século XX, a elevação média do nível do mar já foi de 17 cm. Uma das cidades afetadas por tal elevação é Londres, localizada às margens do baixo rio Tâmesa. Os londrinos dispõem, neste rio, de um sistema de comportas com bombeamento para empurrar as águas servidas para o mar e controlar o refluxo, em caso de ocorrência de tempestades ou ressacas. No século XIX, quando o sistema foi implantado, a média de acionamento das comportas e bombas era de uma vez a cada sete anos. No século XX, a média passou a três vezes ao ano, e a Inglaterra já está construindo uma segunda série de comportas no mesmo rio, para evitar o refluxo de todo o sistema de esgotos de Londres.



Quais são nossos projetos de prevenção para problemas desse tipo? Que treinamento de fuga e evacuação recebem as populações costeiras para o caso de grandes tempestades associadas a ressacas do mar? Temos regras para a construção civil nas áreas a serem afetadas pela elevação do nível do mar? Estamos pensando em novos sistemas de esgotamento sanitário? Estamos discutindo o deslocamento de lagoas de efluentes industriais hoje localizadas no litoral?

Tudo isso é gestão de águas no contexto das mudanças climática já em curso. Como diz o ditado, prevenir é melhor do que remediar. E é mais barato também.



EM RESUMO:

As mudanças climáticas já produzem efeitos sobre o regime de chuvas no Brasil, provocando eventos extremos com maior frequência e mais violência. A gestão participativa das águas deve discutir maneiras de atenuar os efeitos das chuvas fortes e secas pronunciadas, além de se preparar para as consequências da elevação do nível do mar sobre os sistemas de esgotamento sanitário no litoral.



The background is a photograph of a weathered stone wall. A large, dark, cylindrical pipe or culvert is visible on the left side, partially obscured by the wall. The wall is made of irregular, light-colored stones with some mortar visible. At the bottom, there is a pool of water, possibly a stream or a drainage area, with some rocks and debris. A large, semi-transparent blue water drop graphic is overlaid on the right side of the image, containing the number 2.

2

**Água e
saúde pública**

A relação entre água e saúde é complexa e fica ainda mais complicada com o crescimento demográfico, o acelerado processo de urbanização e a ocupação desordenada às margens de rios, reservatórios e lagoas. Nos últimos cem anos, a população mundial triplicou, enquanto o consumo de água ficou seis vezes maior. Essa imensa demanda leva as fontes de água ao esgotamento e obriga um grande contingente de pessoas a buscar outras fontes, nem sempre saudáveis e eventualmente muito deterioradas.

No Brasil, em 1940, a população era de 40 milhões de habitantes, dos quais 12,8 milhões (32%) viviam em núcleos urbanos, enquanto a maioria (68%) vivia na zona rural. Em 2010, apenas 70 anos depois, a população brasileira aumentou 4,7 vezes, chegando a 190 milhões, e a relação se inverteu: 84% viviam nas cidades e 16% no campo.

O fato de existirem mais pessoas já requer mais água. O fato de a maioria dessas pessoas morar em cidades multiplica e diversifica a demanda por recursos hídricos e a possibilidade de ocorrerem problemas. A captação é feita em mais fontes (algumas bem distantes); a água percorre distâncias muito maiores entre a captação e o consumo, aumentando a chance de contaminação; a produção de poluentes é mais concentrada, devido à verticalização das moradias e à aglomeração de indústrias e de serviços; a variedade dos efluentes é maior e mais complexa, pois há interação entre os diversos poluentes despejados nos corpos d'água e existem mais possibilidades de contaminação ou mesmo da ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica. Existem mais pessoas sem acesso à água potável e vivendo em condições de insalubridade, portanto, menos resistentes a doenças.

Além disso, a expansão urbana frequentemente ocorre em áreas de mananciais de abastecimento humano, prejudicando a qualidade da água distribuída a toda a população, com lixo e esgotos lançados diretamente nos rios e reservatórios. Aliam-se a esse processo as deficiências em saneamento básico, mesmo nas moradias regulares, uma vez que a coleta de esgotos por meio da rede pública só chega a 46,2% dos lares brasileiros e somente 37,9% do esgoto coletado recebe algum tipo de tratamento (SNIS, 2010). O restante é lançado em nos corpos d'água, engrossando o caldo de resíduos domésticos e industriais.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a maioria das bacias hidrográficas brasileiras tem como principal fonte poluidora esgotos não tratados. Vale ressaltar que os efluentes domésticos de uma área urbanizada não se restringem aos dejetos orgânicos, mas somam esgotos sanitários provenientes de atividades comerciais, como açougues, restaurantes, oficinas mecânicas, postos de combustíveis, hospitais e outros. Dessa forma, os esgotos podem ser compostos por uma complexa mistura de contaminantes químicos, poluentes orgânicos e matéria orgânica.

Preocupa, em especial, o descarte em corpos d'água de compostos que interferem no ciclo hormonal, chamados disruptores endócrinos. São compostos por uma grande variedade de classes químicas, incluindo hormonas, constituintes vegetais, pesticidas, plásticos e outros subprodutos, alguns considerados Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) por permanecerem durante muito tempo no meio ambiente sem se degradarem. Os disruptores endócrinos têm em comum o fato de provocarem problemas reprodutivos, incluindo redução de fertilidade, anormalidades nos tratos reprodutivos masculino e feminino, abortos, irregularidades na menstruação, mudanças nos níveis hormonais, puberdade precoce, problemas comportamentais e cerebrais, alteração no sistema imunológico e câncer.

Outra grande preocupação derivada dos poluentes orgânicos nos corpos d'água é com o aumento da quantidade e variedade de bactérias e outros microrganismos. A sua capacidade de proliferação é impressionante, ao ponto de chegarem a consumir todo o oxigênio dissolvido na água, causando mortandade de peixes e outros seres aquáticos. Em alguns casos, quando o oxigênio do fundo também é consumido, outros subprodutos tóxicos podem ser gerados por processos anaeróbios, prejudicando ainda mais a qualidade da água e oferecendo mais riscos à saúde de quem dela depende.

A principal preocupação em relação ao consumo de água não tratada é com a poluição biológica, por esgotos domésticos.



© Folhapress

A ocorrência de doenças transmitidas por mosquitos – como a dengue, cujo vetor é *Aedes aegypti* – estão associadas à água, onde o vetor passa uma fase de sua vida.



© Getty Images

Doenças veiculadas pela água

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 25 milhões de pessoas no mundo morram, todos os anos, somente devido a doenças transmitidas pela água. As doenças transmitidas pela água são responsáveis por mais da metade das internações hospitalares no Brasil e por quase a metade das mortes de nossas crianças até um ano de idade. Em geral, a transmissão se dá por ingestão ou contato da pele e de mucosas com água contaminada por organismos patogênicos, como bactérias, protozoários, vírus e vermes.

Os principais agentes causadores das doenças de veiculação hídrica são as bactérias das febres tifoide e paratifoide, da leptospirose e do cólera; os protozoários associados à amebíase e à giardíase e os vírus da hepatite infecciosa.

A fonte de infecção das febres tifoide e paratifoide é o doente, desde o instante em que ingeriu os bacilos de *Salmonella* até muitos anos depois. As bactérias persistem em suas fezes e contaminam as mãos, os alimentos, as águas servidas e os esgotos.

No caso da leptospirose, as bactérias do gênero *Leptospira* são eliminadas na urina de ratos e permanecem em poças ou em qualquer tipo de recipiente que acumule água. Quando uma pessoa entra em contato com essa água, os agentes patogênicos penetram por pequenas lesões na pele ou pelas mucosas (olhos, boca, nariz). Apesar da enorme quantidade de ratos convivendo com pessoas em grandes cidades, o contato direto com essa água contaminada não é comum, exceto quando ocorrem enchentes e as bactérias encontram nas enxurradas um meio de sair de seus esconderijos, ganhando as ruas. Por isso é arriscado andar descalço ou atravessar áreas inundadas sem proteção.

Com o vibrião colérico – uma bactéria em forma de vírgula – o risco de contaminação é bem maior. Basta entrar em contato com as fezes, o vômito, a água usada pelo doente para se lavar ou ingerir alimentos lavados com água contaminada. O vibrião se instala nos intestinos, onde se multiplica rapidamente e produz uma toxina que causa diarreias intensas e frequentemente fatais. A possibilidade de ocorrerem surtos e mesmo epidemias é grande. Só com medidas rigorosas e rápidas de tratamento da água é possível conter a doença.

Já os protozoários causadores da amebíase (gênero *Entamoeba*) e giardíase (gênero *Giardia*) são menos virulentos, porém mais comuns. Contaminam a água de abastecimento e a de irrigação de frutas e verduras, infectando quem as ingere cruas.

Quanto aos vírus de hepatite infecciosa, apenas os de tipos A podem ser transmitidos pela água contaminada. Nas hepatites B e C, a transmissão depende do contato direto com o sangue do doente (transfusão, instrumentos perfurantes ou cortantes, ou relações sexuais).

Ainda há muitas outras doenças também consideradas de veiculação hídrica, porque são transmitidas por organismos vetores ou por hospedeiros intermediários, que passam pelo menos uma parte de sua vida na água.

Nesse caso se enquadra, por exemplo, a malária, causada por protozoários do gênero *Plasmodium*, transmitidos por mosquitos do gênero *Anopheles*. Ou a dengue, transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, e também a leishmaniose, comum a cães e humanos, provocada por protozoários do gênero *Leishmania*, transmitidos por mosquitos dos gêneros *Lutzomyia* e *Phlebotomus*. Todos esses mosquitos, como se sabe, desenvolvem-se na água, em sua fase de larva.



O vibrião colérico (acima) é uma bactéria que contamina os intestinos e causa fortes diarreias.

O contato direto com águas de inundação (abaixo) favorece a disseminação de doenças como leptospirose, tifo e hepatite A.



E há outros tipos de hospedeiros, como os caramujos da esquistossomose ou barriga d'água. A doença é causada pelo verme *Schistosoma mansoni*, cujos ovos chegam à água nas fezes e urina de pessoas infectadas, quando os esgotos não são tratados. Esses ovos se alojam no corpo dos hospedeiros intermediários – os caramujos do gênero *Biomphalaria* – que vivem em lagoas, brejos ou charcos de águas paradas. Os vermes dependem dos caramujos nas primeiras fases de vida, até se tornarem cercarias, quando voltam à água e podem penetrar pela pele de quem anda descalço em águas paradas. As cercarias então viajam pela corrente sanguínea em direção ao fígado, onde completam seu ciclo até atingir a fase adulta.

Os diferentes agentes patogênicos, vetores e hospedeiros associados a doenças de veiculação hídrica respondem de maneiras diversas aos produtos e processos usados no tratamento da água. Nem sempre o que elimina um tem efeito nos demais. E isso muitas vezes complica o tratamento ou obriga a adoção de químicos mais pesados, que podem até tornar-se poluentes. Assim, o ideal é reduzir a contaminação antes de despejar os esgotos na água. E como fazer isso? É com o aumento das redes de coleta, garantindo o melhor tratamento possível e também substituindo os químicos pesados por soluções mais específicas e naturais.

Uma opção interessante foi desenvolvida pela Embrapa, em parceria com a Bthek Biotecnologia, para combater larvas de borrachudos, mosquitinhos que vivem em cachoeiras. O princípio ativo é uma toxina, um cristal, produzido por bactéria, que mata só as larvas de borrachudos, sem afetar outros seres aquáticos ou poluir a água. O bioinseticida substitui o DDT, um dos venenos mais persistentes já produzidos pelo homem.

Como esse novo produto, poderíamos encontrar outras substâncias para eliminar as bactérias da leptospirose da urina dos ratos ou controlar os caramujos *Biomphalaria* e ajudar a reduzir a esquistossomose? Ou seria melhor adotar medidas para reduzir o contato das pessoas com enxurradas e águas paradas infestadas de cercarias? E no caso dos mosquitos da malária e da leishmaniose, como colaborar para reduzir sua proliferação e, conseqüentemente, as doenças por eles transmitidas? Conseguiríamos ainda criar novas abordagens para as campanhas de combate ao *Aedes aegypti*? Ou novos produtos para eliminar os objetos que acumulam água e viram criadouros do mosquito nas residências?

Além das soluções pontuais, é necessário investir, de forma ampla, no saneamento básico e na educação sanitária para melhorar a saúde pública. O retorno social desse tipo de investimento é óbvio: para cada real investido em saneamento básico são economizados pelo menos quatro reais em gastos com a saúde. E a população vive melhor.



© Folhapress

Risco Brasil

- » Mais de 80% dos esgotos no Brasil são lançados, sem tratamento, em rios, lagos e no mar
- » 60 milhões de brasileiros não têm acesso a saneamento básico
- » 3,4 milhões de residências não têm água encanada, o que atinge 15 milhões de brasileiros
- » 1/3 dos municípios com menos de 20 mil habitantes não tem água tratada
- » 16 milhões de pessoas no Brasil não possuem coleta de lixo
- » 64% dos municípios brasileiros depositam o lixo coletado em lixões a céu aberto, sem qualquer isolamento do solo, contaminando as águas subterrâneas



EM RESUMO:

O despejo de esgotos e lixo diretamente nos corpos d'água, sem tratamento, provoca o aumento da poluição biológica e favorece as doenças de veiculação hídrica. Conhecer essas doenças e a forma como elas se propagam ajuda a desenvolver produtos e tecnologias para combatê-las. Em todos os casos, melhorar o saneamento básico sempre é um bom investimento.



A multiplicidade de substâncias químicas sintéticas despejadas nos rios e reservatórios complica muito os processos de tratamento da água.

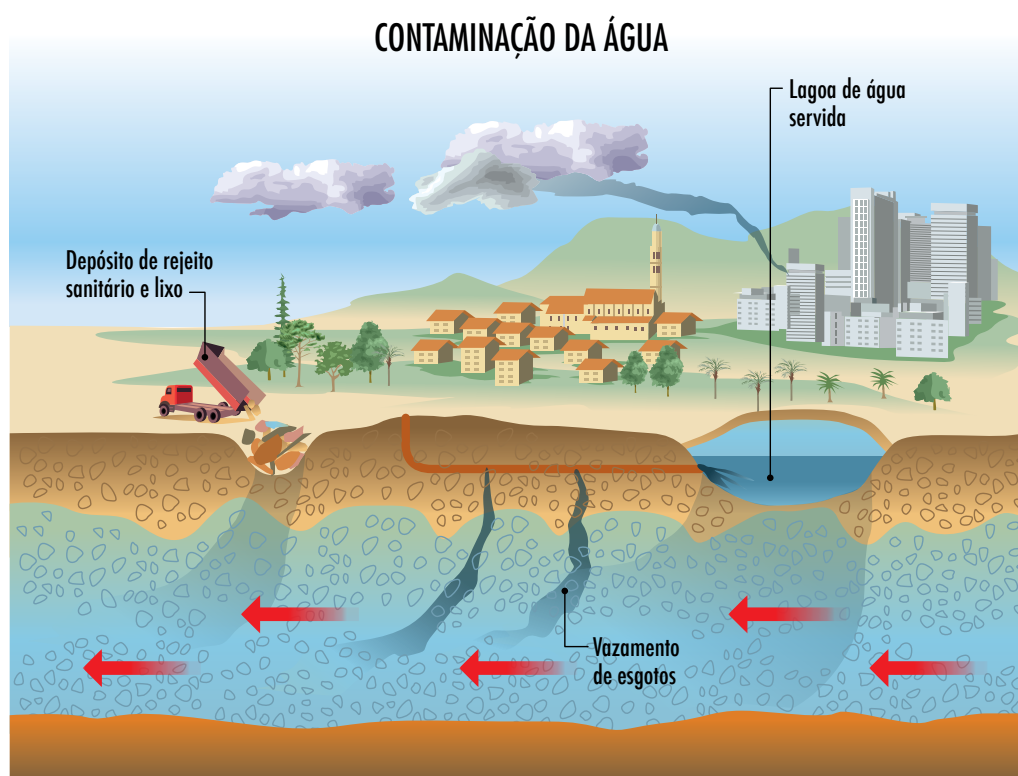
Contaminação química e metais pesados

Os problemas de contaminação da água não se restringem aos contaminantes biológicos. Num mundo cada vez mais dependente de substâncias sintetizadas ou transformadas pelo homem, a capacidade de autolimpeza da natureza ficou obsoleta. Mesmo compostos orgânicos não são biodegradáveis ou sua taxa de biodegradação é muito lenta, motivo pelo qual eles são denominados “recalcitrantes” ou “refratários” e são considerados poluentes. Estão nesta categoria, por exemplo, os venenos agrícolas, os detergentes sintéticos e os derivados de petróleo.

Em baixas concentrações, muitos desses compostos não são tóxicos aos organismos. No entanto, eles têm a capacidade de bioacumulação, ou seja, se ingeridos, não são metabolizados e acumulam em tecidos vivos. Quando o animal é predado, o poluente de seu organismo é transferido para o do predador. E a história se repete em toda a cadeia alimentar, concentrando doses crescentes de poluentes, num processo chamado de biomagnificação. No topo da cadeia alimentar, o homem está sujeito à contaminação por compostos recalcitrantes ou refratários principalmente ao consumir peixes de águas contaminadas.

Em algumas comunidades, depósitos irregulares de tais produtos orgânicos contaminam a água de poços e açudes, causando a intoxicação crônica dos moradores, com sérias consequências para a saúde ao longo dos anos, como o aumento da incidência de alguns tipos de câncer. Muitos desses produtos também “viajam” junto com as águas das chuvas ou de irrigação, através do solo, pelos lençóis freáticos e pelos aquíferos subterrâneos, indo contaminar inclusive cursos d’água ou reservatórios bem distantes da fonte de poluição.

Entender bem este percurso é vital para o estudo de soluções que diminuam o risco para a água de abastecimento e, consequentemente, minimizem os problemas de saúde pública daí decorrentes.



Os lençóis freáticos fazem parte das águas subterrâneas mais próximas à superfície. São os aquíferos mais comuns, mais explorados pela população e, logo, os mais propensos a apresentar problemas de contaminação. Os aquíferos artesianos também são zonas permeáveis, mas que se localizam entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. Em alguns trechos, um aquífero artesianos também pode aflorar à superfície ou ficar a uma profundidade suficiente para que suas águas sejam utilizadas para abastecimento, através dos poços artesianos.

A proteção do lençol freático é importante, pois ele incorpora todo o líquido que vem da superfície. Entre as diversas práticas humanas que oferecem riscos de contaminação estão as maciças pulverizações agrícolas com pesticidas, herbicidas, fungicidas e outros venenos; as minerações e as atividades industriais, todas elas de difícil controle. Algumas tecnologias de monitoramento ambiental por satélite, com radares e com sensores especiais permitem mapear as chamadas zonas de recarga dos aquíferos e identificar as regiões mais sensíveis à contaminação. A proteção dessas regiões é prioritária e pode ser realizada, por exemplo, com a ajuda de um zoneamento, com definição das atividades permitidas e com o estabelecimento de regras para o uso de químicos.

Isso vale também para as áreas de recarga de uma das maiores reservas de águas subterrâneas do mundo, o famoso Aquífero Guarani, que ocupa 1,2 milhão de km² na bacia do rio Paraná e parte da bacia do Chaco-Paraná, entre o Brasil (840 mil km²), o Paraguai (58.500 km²), o Uruguai (58.500 km²) e a Argentina (255 mil km²).

As áreas de recarga são localidades onde o aquífero recebe água das chuvas, que depois são armazenadas entre camadas de rochas a uma profundidade de até 1,5 km. Se essas águas descem contaminadas, os poluentes acabam nos poços de cidades brasileiras que têm nas águas subterrâneas sua maior (e, às vezes, única) fonte de abastecimento. É o caso de Ribeirão Preto, o oitavo município mais populoso de São Paulo, com 600 mil habitantes (IBGE, 2012).

Nos rios de regiões com grande atividade industrial e de mineração, outro tipo de poluição tem grande importância para a saúde pública, com potencial para afetar cidades inteiras: a poluição por metais pesados. Vários metais tóxicos estão presentes em quantidades diminutas no meio aquático por ação de fenômenos naturais, mas podem ser despejados em quantidades significativas pelas atividades de transformação promovidas pelo homem.

A poluição em áreas de recarga do Aquífero Guarani causa impactos no abastecimento de cidades como Ribeirão Preto (SP), que depende exclusivamente de águas subterrâneas.





Os metais mais perigosos, na água, são o arsênio, o bário, o cádmio, o cromo, o chumbo e o mercúrio. Na estação chuvosa, o rompimento de lagoas de contenção de efluentes industriais ou rejeitos de mineração muitas vezes leva metais pesados para o corpo dos rios e eles entram na cadeia alimentar, além de contaminar diretamente a água. Com o tempo, os poluentes se depositam no fundo e lá permanecem até qualquer obra de dragagem, barragem ou mesmo novas enchentes os devolverem à coluna d'água e reativarem seu potencial poluente.

O cádmio, por exemplo, acumula-se nos rins, afetando todo o sistema endócrino que regula a produção de hormônios. Em outras palavras, se ingerido, ele desregula o crescimento, a sexualidade, o metabolismo. Nas minerações e garimpos de ouro, o mercúrio é usado para separar o metal precioso da terra. Empregado sem tecnologia de contenção e sem critérios, o mercúrio contaminou rios amazônicos em localidades distantes, comprometendo a saúde dos próprios garimpeiros e de indígenas isolados, como os Yanomami, no vale do rio Mucajaí, em Roraima. O mercúrio não é metabolizado e, portanto, não é eliminado pelo organismo humano. Com o tempo, acumula-se no sistema nervoso central e causa distúrbios sensoriais nas mãos e nos pés, danos à visão e à audição, fraqueza e, em casos extremos, paralisia e morte.

Lagoas de efluentes de mineração são fontes potenciais de contaminação dos rios por metais pesados. O ideal seria tratar ou reprocessar os rejeitos.



Seja como for, sempre há uma maneira de contornar a poluição por meio da redução dos poluentes, usualmente mais eficiente do que a remediação, *a posteriori*, da água já contaminada. O problema de contaminação por mercúrio é o uso a céu aberto? É possível criar circuitos fechados para a separação do minério de ouro e evitar a contaminação? Os vazamentos de contaminantes podem ocorrer na estação chuvosa? Que tal tomar providências para reforçar as lagoas de efluentes durante a estação seca? E planejar a ocupação para evitar que os poluentes cheguem aos aquíferos, de onde é impossível removê-los.

EM RESUMO:

A contaminação da água por produtos químicos aumentou muito com o desenvolvimento de novos produtos não biodegradáveis e com a utilização de metais pesados em diversas atividades humanas. Tais contaminantes não ameaçam apenas as águas superficiais, ameaçam também aquíferos subterrâneos. Em todos os casos, prevenir é melhor do que remediar.



© Folhapress

Excesso de nutrientes na água – derivados de fertilizantes agrícolas – também causam problemas, como a proliferação de algas e o consumo do oxigênio dissolvido na água.

Nutrientes demais ou de menos

Quando o assunto é água e saúde pública, não são só contaminantes químicos ou biológicos que preocupam. O excesso de nutrientes pode ser um problema igualmente sério. Elementos como nitrogênio e fósforo chegam aos corpos d'água por meio da erosão de solos; despejos de esgotos domésticos; fertilização artificial de áreas agrícolas ou pela decomposição natural da matéria orgânica existente no solo e na água.



Nitrogênio e fósforo são nutrientes básicos para as plantas, mas sua presença exacerbada provoca a proliferação de algas e plantas aquáticas. Em um fenômeno conhecido como “eutrofização”, elas tomam toda a superfície da água, sobretudo se não há correnteza, como em lagos, reservatórios e remansos de rios. O processo de decomposição das algas e plantas é tão rápido quanto o da proliferação e consome muito oxigênio, provocando a morte de peixes e outros animais e a eliminação de gases tóxicos e de cheiro desagradável. A diminuição da concentração de oxigênio e da transparência da água dificulta a instalação de novas plantas, criando um efeito cascata prejudicial à vida aquática.

No caso das algas, o rápido aumento recebe o nome de “floração” e confere uma coloração azul-esverdeada, vermelha ou acastanhada à água, de acordo com as espécies de algas favorecidas. As chamadas cianobactérias ou algas cianofíceas ou algas azuis existem em praticamente todos os ambientes de água doce. São muito semelhantes a bactérias, mas realizam fotossíntese, produzindo oxigênio. Quando a concentração é muito grande, porém, muitas delas morrem, liberando toxinas prejudiciais ao fígado (hepatotoxinas) ou sistema nervoso (neurotoxinas).

A maior contaminação, no Brasil, ocorreu na cidade de Caruaru, em Pernambuco, em fevereiro de 1996. Sangue contaminado com água contendo cianobactérias vitimou uma centena de pacientes de uma clínica de hemodiálise. Até hoje, é um sério desafio garantir o controle das algas nos reservatórios de abastecimento, por meio da remoção das cianobactérias nas estações de tratamento de água.

Com matéria orgânica e nutrientes demais, as plantas aquáticas tomam a superfície da Lagoa da Tijuca (RJ) e causam a mortandade de peixes.

Manter a qualidade da água não é tarefa exclusiva de empresas e governos: cada um pode contribuir fazendo a limpeza de sua caixa d'água e evitando descartar poluentes no sistema de esgotos.

No sentido oposto, a falta de alguns nutrientes na água pode levar comunidades inteiras a desenvolver doenças. Sem iodo na água, as pessoas desenvolvem bócio, uma doença relacionada à glândula tireoide, facilmente identificada pelo aumento do volume do pescoço. Sem flúor na água, o índice de cáries dentárias aumenta.

Em resumo, para evitar problemas para mais ou para menos, a água destinada ao consumo deve ser sempre tratada. Os tratamentos não precisam ser complicados, mas é fundamental entender a origem do problema e de que maneira ele afeta os ecossistemas, a qualidade da água e a saúde pública. Todos são corresponsáveis pela boa saúde da comunidade: pequenas medidas tomadas na residência de cada um ou na escola, no local de trabalho, são tão importantes quanto grandes medidas de governos ou de organismos internacionais. Lavar a caixa d'água a cada seis meses; não deixar acumular água em latas, vidros e pneus; evitar usar água de córregos; ferver e filtrar a água antes de beber; ter cuidado com a higiene pessoal e com a limpeza da casa também são fundamentais para reduzir o risco de adoecer.





Se seus estudantes vão pesquisar esta área de conhecimento, vale lembrar que pequenas ações podem fazer a diferença entre a saúde e a doença. Como chamar a atenção para a necessidade de todos contribuírem e se responsabilizarem por sua parte na qualidade da água? Melhorar o sistema de coleta de lixo e a rede de esgotos é atribuição dos governos, mas optar, de modo consciente por não usar adubos químicos para reduzir o excesso de nutrientes nas águas é decisão de particulares, assim como a destinação adequada das embalagens de venenos agrícolas.

É necessário trabalhar a mudança dos nossos padrões atuais de pensamento, seja na condição de usuários, produtores de bens e de resíduos (domésticos ou industriais), seja na condição de consumidores, integrantes do poder público ou dos grupos sociais diretamente envolvidos no manejo das águas. Precisamos nos tornar capazes de exercer a responsabilidade – pessoal e coletiva – pela gestão sustentável dos recursos hídricos.

Mutirões de limpeza no entorno de nascentes e córregos ajudam a garantir a qualidade da água que abastece a todos.



EM RESUMO:

O excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, transforma algas, produtoras de oxigênio, em perigosas produtoras de toxinas. Controlar as florações dessas algas ainda é um desafio. Por sua vez, a falta de outros nutrientes, como iodo e flúor, está associada a doenças. Em todos os casos, mesmo individualmente, sempre há o que fazer para melhorar a qualidade da água.



A photograph of a water treatment facility featuring a long, low weir with water cascading over it. In the background, there are yellow metal walkways, a small blue and white building, and a line of trees under a cloudy sky. A large, semi-transparent blue water drop graphic is overlaid on the right side of the image, containing the number 3.

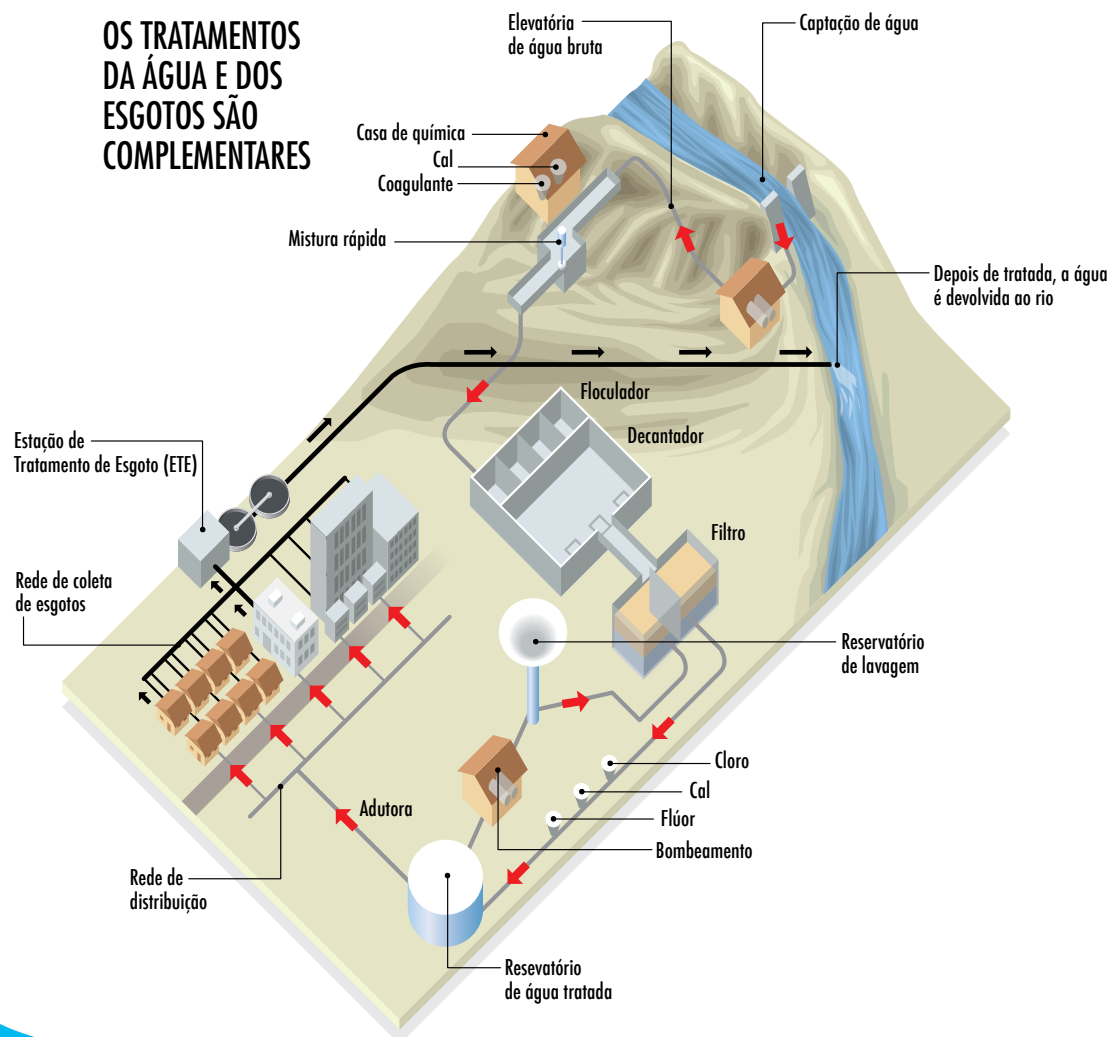
3

Tratamento e
reúso da água

A água limpa, potável, livre de poluentes e contaminantes, é um bem público, finito e precioso. Assim, seu uso deve ser feito de maneira responsável, de forma que não precise ser racionado. Mais: após o uso, todos os usuários deveriam devolver a água ao sistema de esgotamento sanitário ou aos rios e aos reservatórios de onde a tiraram, com as mesmas características com que a receberam ou captaram. Essa é uma ideia simples, porém difícil de transformar em realidade em uma sociedade como a brasileira, acostumada a delegar o cuidado para com os bens públicos aos governos e a enxergar apenas a abundância de recursos hídricos do País, sem ver sua qualidade.

Como na gestão dos resíduos sólidos, no cuidado com a qualidade das águas o verbo mais importante é reduzir: reduzir desperdícios, reduzir o aporte de dejetos químicos ou biológicos, reduzir o lixo, os entulhos e os rejeitos industriais descartados diretamente nos corpos d'água. Só isso já seria uma imensa contribuição da sociedade para garantir água de qualidade para todos. Enquanto esse comportamento responsável não se transforma em realidade, o jeito é investir pesado no tratamento para retirar o máximo possível de poluentes e contaminantes da água.

OS TRATAMENTOS DA ÁGUA E DOS ESGOTOS SÃO COMPLEMENTARES



Qualquer tipo de tratamento começa com a análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água. São exemplos de indicadores físicos da qualidade da água: temperatura, cor, turbidez, sabor e odor. As alterações desses parâmetros nem sempre representam risco direto à saúde humana, mas os consumidores podem questionar a confiabilidade da água tratada quando há uma alteração perceptível.

Dentre os parâmetros físicos, a temperatura é relevante por afetar vários dos demais parâmetros: uma elevação moderada aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas; reduz a solubilidade dos gases na água (como o oxigênio) e aumenta a taxa de transferência de gases. Por isso, o lançamento de efluentes em altas temperaturas nos rios é considerado um impacto grave, em geral, causado por indústrias cujos processos necessitam de resfriamento de caldeiras e usinas nucleares, dotadas de sistemas de resfriamento de reatores.

Entre os indicadores químicos da qualidade da água, destacam-se: condutividade, taxa de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH (índice de acidez ou alcalinidade), concentração de nitrogênio e fósforo. Na avaliação microbiológica, as bactérias são as mais utilizadas, com destaque para o grupo dos coliformes fecais. Tais bactérias não são necessariamente patogênicas, mas sua presença permite detectar a incidência de fezes na água, em concentrações muito diluídas, dificilmente verificáveis pelos métodos químicos.

As avaliações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos podem ser complementadas por bioensaios ou biotestes ecotoxicológicos. São testes realizados em laboratório para determinar a presença e/ou os efeitos de substâncias tóxicas, isoladas ou misturadas, em organismos aquáticos. Diferente das análises regulares, os bioensaios dão uma dimensão real dos efeitos das substâncias químicas na saúde ambiental dos corpos d'água onde se faz a captação. São mais sensíveis do que as análises tradicionais, pois podem indicar efeitos sutis sobre o comportamento de organismos vivos.

Outra forma complementar de análise é o levantamento das espécies de organismos de um ecossistema aquático. Sabemos que algumas espécies suportam altas concentrações de poluentes, enquanto outras morrem à menor alteração. Assim, a presença ou a ausência de algumas espécies indica a qualidade da água do rio, quando se compara uma comunidade biológica observada em ambientes "referência" (não impactados) com as comunidades biológicas encontradas na área em avaliação. Para não incorrer em erros, é importante verificar se os corpos d'água referência e os locais testados são ambientes comparáveis, ou seja, se naturalmente possuíam as mesmas características (altitude, tamanho, tipo de relevo, clima).

A partir das avaliações, diretamente associadas com os fenômenos naturais e com os impactos provocados pelo ser humano nos ambientes aquáticos, a água será classificada. Nosso conceito de qualidade está relacionado ao uso ou à atividade a que a água se destina, assim como o esforço de tratamento. A divisão em classes também implica em diferentes limites de concentração para diversas substâncias, previstos em lei.

USO DAS ÁGUAS DOÇES	CLASSES				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico					
Preservação das comunidades aquáticas					
Recreação de contato primário					
Proteção das comunidades aquáticas					
Irrigação					
Criação de espécies (aquicultura)					
Dessedentação de animais					
Navegação					
Harmonia paisagística					
Usos menos exigentes					

Por lei, os rios brasileiros são enquadrados em 5 classes, conforme a qualidade da água. E cada classe admite usos diferentes da água.

A classe da água que sai de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) ou de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) já é estabelecida quando a unidade é projetada e construída. Nos rios e reservatórios, o controle do lançamento de efluentes deve ser feito de maneira a manter todo o curso d'água nas condições estabelecidas pelas respectivas classes. Este é um instrumento de planejamento muito importante, por permitir estabelecer a qualidade que cada curso d'água deve manter de forma a atender aos seus usos específicos.

Quando a gestão das águas é pautada pela integração entre os sistemas de drenagem, abastecimento de águas, esgotamento sanitário, limpeza urbana, gestão de resíduos, uso do solo e legislação ambiental, diminui muito a necessidade de tratamento e o custo do tratamento. Em português claro, há menos sujeira para ser retirada da água.



© Getty Images

Tratamento de água

As estações de tratamento de água e de esgotos (ETAs e ETEs) são projetadas para lidar com a contaminação microbiana e com o excesso de nutrientes. Mas, atualmente, precisam dar conta também da grande variedade de substâncias químicas solúveis que chegam à água bruta, além daquelas que se fixam nos sedimentos – como os metais pesados. Pesquisas recentes indicam o alto risco para todos os seres vivos (incluindo humanos) dos compostos que interferem no ciclo hormonal, chamados disruptores endócrinos. No Brasil, tais poluentes são especialmente perigosos, pois grande parte dos esgotos vai *in natura* para os corpos d'água utilizados para abastecer populações, rio abaixo.

O tratamento da água tem início na captação, onde grades separam fisicamente os resíduos sólidos maiores. A quantidade e variedade de lixo retido por essas grades dá a medida do respeito das comunidades aos recursos hídricos. Plásticos são os resíduos mais comuns e volumosos, razão pela qual as iniciativas para retirar plásticos de circulação ou substituir as embalagens plásticas (sacolinhas) por versões biodegradáveis são particularmente positivas para a qualidade da água.

O abastecimento humano deveria ser feito apenas com água classe especial. Mas no Brasil admite-se o consumo até de água classe 3.

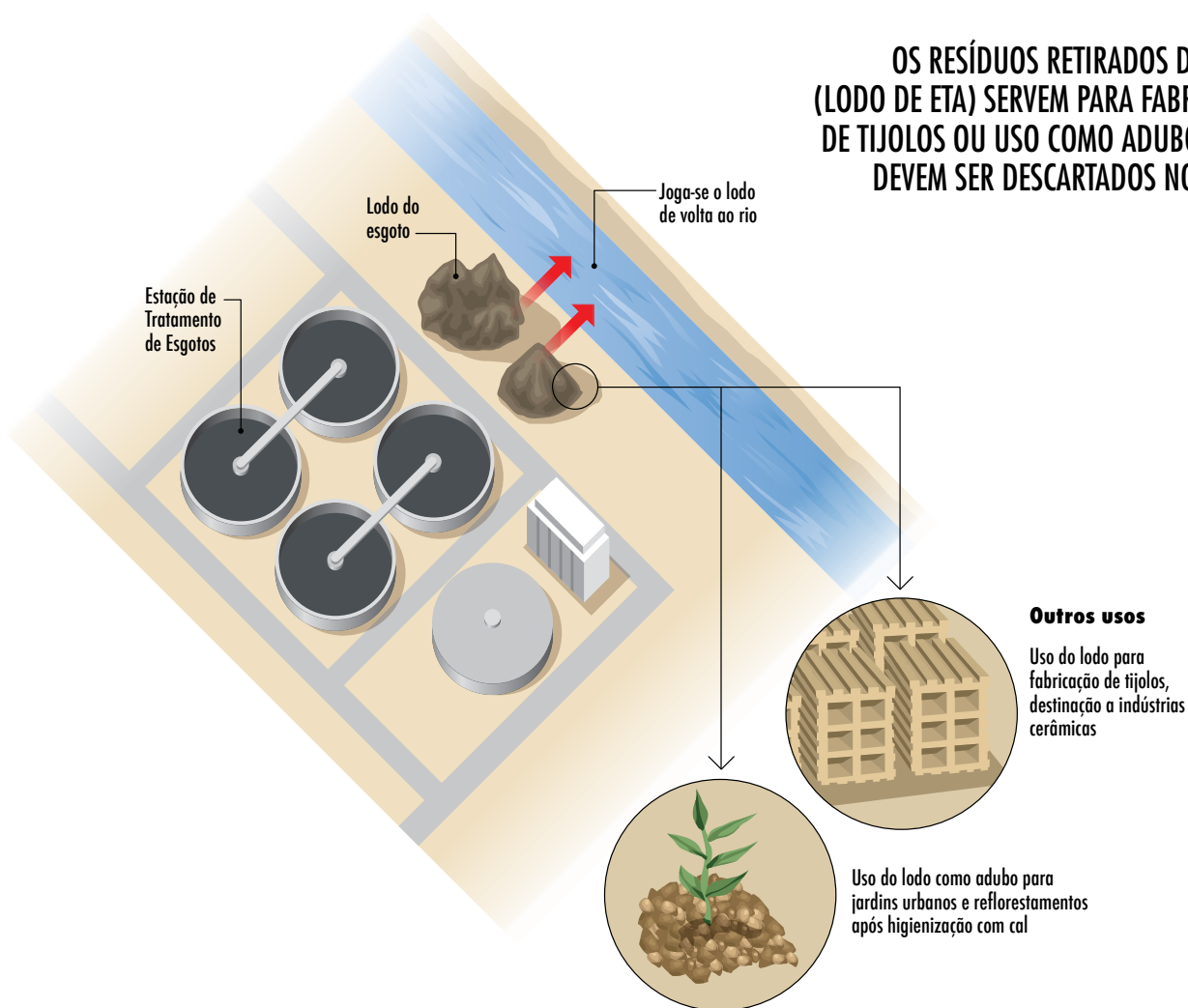
Após a filtragem grosseira, a água captada recebe um primeiro choque de cloro, para facilitar a retirada de matéria orgânica e metais. Em seguida, recebe cal ou soda para ajustar o pH. Boa parte das águas tropicais são naturalmente ácidas e o processo de tratamento pede um pH mais alto para neutralizar, daí a necessidade de ajuste. É que quanto mais matéria orgânica dissolvida na água, menor o pH. As águas negras de muitos rios amazônicos chegam a ter pH inferior a 5. Como se sabe, a escala de medição do pH varia de 0 a 14, sendo 7 o pH neutro; o 0 sendo a acidez máxima e o 14, a alcalinidade máxima.

Depois vem o processo de coagulação, com sulfato de alumínio ou cloreto férrico, num reservatório com agitadores, cuja função é favorecer a aglutinação das impurezas (mesmo as bem miudinhas!).

Então, a água é novamente transferida de reservatório e vai para a fase de clarificação, composta de floculação (a sujeira se transforma em flocos), decantação (os flocos se depositam no fundo do reservatório) e filtração (um filtro retém os flocos e a água límpida segue adiante). Uma pesquisa em andamento na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) conseguiu substituir o sulfato de alumínio desta etapa por polímeros do caule do mandacaru (*Cereus jamacaru*), uma das espécies mais comuns de cactos nativos, presente tanto na Caatinga como em matas secas do interior do Brasil. A adoção dessa alternativa em larga escala pode tornar o tratamento da água mais orgânico.

A água clarificada segue para a cloração propriamente dita, para eliminação dos microrganismos ainda vivos, e para a fluoretação, quando é adicionado o flúor, considerado benéfico para a saúde dos dentes (redução da incidência de cáries). A água tratada é então armazenada em reservatórios de distribuição, de onde sairá para as residências e estabelecimentos comerciais.

Os resíduos sólidos retirados da água nas fases de decantação e floculação e na lavagem dos filtros compõem o chamado lodo de ETA. Na grande maioria dos municípios brasileiros, este lodo é simplesmente jogado de volta nos rios, apesar de existirem numerosos estudos apontando alternativas de usos mais racionais. O lodo muito contaminado por metais pesados, venenos agrícolas e químicos usados na ETA, por exemplo, serve para cobrir aterros sanitários; fabricar cimento, tijolos ou solo comercial (em estacionamentos ou pisos de fábricas, por exemplo) e para controlar efluentes com dióxido de enxofre, além de servir para a reciclagem com a recuperação dos químicos mais concentrados. O lodo considerado inerte, com menos contaminantes, serve para compostagem e cultivos comerciais de grama ou cítricos.



OS RESÍDUOS RETIRADOS DA ÁGUA (LODO DE ETA) SERVEM PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS OU USO COMO ADUBO E NÃO DEVEM SER DESCARTADOS NOS RIOS.



EM RESUMO:

No tratamento, a água é captada com lixo grosseiro, sólidos em suspensão, poluentes químicos e biológicos. Após receber cloro e passar pelas etapas de correção de acidez, coagulação, decantação, filtração, floculação e clarificação, ela sai límpida da Estação de Tratamento de Água (ETA). E ainda recebe mais uma dose de cloro para eliminar microrganismos e flúor para melhorar a saúde dos dentes da população. Pesquisas com produtos alternativos em todas essas etapas ajudam a tornar o tratamento mais natural. Propostas de uso do lodo de ETA tiram de circuito um material indesejável, hoje despejado de volta nos rios.



Bactérias digerem a matéria orgânica dos esgotos na fase secundária de tratamento, produzindo biogás, que pode ser aproveitado.

Tratamento de esgotos

Conforme costumam pregar os técnicos, os projetos e a operação das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) precisam mudar, no Brasil, para obtermos água tratada ao final do processo e não um esgoto “melhorado”. Além de refletir positivamente na qualidade de todos os cursos d’água e na saúde pública, a adoção de tratamentos mais eficientes e completos melhoraria também a tolerância da vizinhança das ETEs, tidas hoje como foco de doenças e mau cheiro.

O tratamento de efluentes líquidos é caracterizado por níveis: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Dependendo das propriedades do esgoto, há necessidade de passar por todos os níveis, embora o tratamento terciário seja menos empregado, na prática.

A sequência de procedimentos se assemelha à do tratamento de água, com a diferença de o esgoto conter poluentes mais concentrados e passar por uma etapa extra, de característica biológica. O tratamento preliminar é constituído por processos físicos: remoção dos materiais grosseiros em suspensão, com o auxílio de grades que retém o material bruto. O tratamento primário visa à remoção de parte da matéria orgânica e de sólidos em suspensão, considerados sedimentáveis. Os mecanismos de remoção também são físicos.

No tratamento secundário predominam os mecanismos biológicos. O objetivo é retirar a matéria orgânica fina, ainda em suspensão, e a matéria orgânica na forma

de sólidos dissolvidos. Em algumas ETEs é feita a remoção dos nutrientes nitrogênio e fósforo, associados aos processos de eutrofização e de floração de algas azuis. Os processos de remoção biológica podem ser aeróbicos (na presença de oxigênio) ou anaeróbicos (sem oxigênio).

Os aeróbicos simulam o processo natural de decomposição da matéria orgânica e são eficientes no tratamento de partículas finas em suspensão. O oxigênio é obtido por aeração mecânica (agitação) ou por insuflação de ar. Os processos anaeróbicos exigem a estabilização de resíduos feita pela ação de microrganismos. É uma fermentação da matéria orgânica e produz gases passíveis de coleta e aproveitamento na geração de energia. Entre esses gases está o metano, um dos vilões das mudanças climáticas, 21 vezes mais ativo do que o gás carbônico.

O percentual de gás metano emitido nessa fase anaeróbica varia entre 40% e 70%, e isso classifica o uso do biogás de esgoto para o sequestro de carbono da atmosfera, no prolongamento do Protocolo de Kyoto, atualmente em vigor. Dois projetos de captação e utilização do biogás funcionam em São Paulo: um na Universidade de São Paulo, iniciado em 2005, com o esgoto coletado no Conjunto Residencial da USP, o Crusp, e outro na maior estação de tratamento de esgotos da América Latina, a ETE de Baureri, onde foi instalada uma microturbina de 30 kW.

Finalizada a retirada de matéria orgânica do esgoto vem o tratamento terciário, cujo objetivo é remover poluentes específicos, tóxicos ou recalcitrantes (que não são biodegradáveis). O tratamento terciário também refina a retirada de poluentes que tenham permanecido após o tratamento secundário, como geralmente é o caso de nutrientes, microrganismos patogênicos, metais pesados e sólidos dissolvidos.

Esse tipo de tratamento é bastante raro nas ETEs do Brasil. Só algumas indústrias o possuem e os processos variam muito conforme o efluente industrial em questão. De qualquer maneira, o tratamento terciário costuma incluir etapas de filtração, utilização de ultravioleta (remoção de bactérias); ozonização (aplicação de gás ozônio para remoção de metais pesados); absorção por carvão ativado e absorção química para a remoção de cor, redução de espuma e de sólidos inorgânicos.

Como no tratamento da água, o tratamento de esgoto produz grandes volumes de resíduos sólidos, chamados de lodo de ETE. Há diferenças na composição e na concentração de poluentes, matéria orgânica e agentes patogênicos. Mas não na destinação: o lodo de ETE também vai parar nos rios e reservatórios, sobrecarregando novamente os corpos d'água, de forma irracional. Sua destinação correta deveria ser em aterros sanitários apropriados ou na fabricação de cerâmicas, telhas e outros produtos que passem por incineração (para assegurar a eliminação de agentes patogênicos).

Além do tratamento do esgoto em larga escala, existem alternativas para zonas rurais e comunidades isoladas, seja por meio de pequenas estações de tratamento modulares (já disponíveis comercialmente), seja por processos experimentais e melhorias nas tradicionais fossas sépticas. As estações modulares servem muito bem a condomínios, contribuindo para aliviar a demanda por conexões nas redes de coleta de esgotos municipais.

Em Vitória de Santo Antão (PE), técnicos instalam fossas sépticas biodigestoras para tratar os esgotos rurais e produzir biofertilizantes.



Entre os processos experimentais há diversas opções que fazem uso de reatores de bactérias para eliminar os principais contaminantes, como o sistema desenvolvido na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com bambus cortados em anéis. Por serem porosos, os bambus criam um ambiente favorável para a proliferação de bactérias digestoras do esgoto (presentes no próprio esgoto), que cuidam de todo o “serviço de limpeza”. O esgoto é bombeado por uma entrada na parte inferior do reator, inteiramente preenchido por anéis de bambu mais um filtro de pedrinhas e areia. Quando a água sai pela parte superior, já está limpa.

Já as fossas sépticas são a opção mais comum para localidades isoladas. Trata-se de um dispositivo de tratamento destinado a receber a contribuição de um ou mais domicílios, com capacidade para tratar despejos domésticos por um período de tempo pré-estabelecido. Permite a sedimentação dos sólidos e a retenção das gorduras, transformando-os bioquimicamente (novamente com a ajuda de bactérias que se encontram no próprio esgoto) em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

Versões adaptadas de fossas sépticas podem ser projetadas para atender a pequenas criações de animais – porcos e galinhas principalmente –, de modo a evitar a descarga de seus dejetos diretamente nos rios, como acontece em muitos sítios, granjas e fazendas atualmente.

Assim como os demais sistemas de tratamento, quando bem feitas, as fossas sépticas impedem a poluição de mananciais, a alteração das condições de vida aquática nas águas receptoras e a poluição de águas subterrâneas. Mas demandam manutenção. O proprietário ou gestor da área deve:

- » Ter um diagrama preciso, com a localização do tanque e de seus tubos de acesso, para saber exatamente onde se encontra a fossa no terreno.
- » Evitar plantar árvores de raízes profundas em áreas próximas ou realizar atividades que perfurem as paredes do tanque.
- » Manter um registro de limpezas, inspeções e outras manutenções, sempre incluindo nome, endereço e telefone dos técnicos que efetuaram os serviços.
- » Manter a área sobre a fossa limpa, no máximo com uma cobertura de grama.
- » Evitar que veículos estacionem sobre a área e não deixar equipamentos pesados no local.
- » Evitar construções como piscinas e calçadas perto da fossa.
- » Impedir a entrada de chuva, pois a fossa inundada perde ou reduz sua capacidade de escoar resíduos, aumentando o risco de os efluentes refluírem ou produzirem mau cheiro.
- » Evitar a descarga de materiais não biodegradáveis, tais como plásticos, fraldas e absorventes, papel higiênico e guardanapos. Esses detritos podem encher o tanque e entupir o sistema.
- » Evitar o descarte de óleos de cozinha e outras gorduras no ralo da pia. Tais alimentos se solidificam e entopem o campo de absorção da terra.
- » Evitar o descarte de tintas, óleos de motor de automóvel, pesticidas, fertilizantes e desinfetantes no sistema séptico. Essas substâncias podem atravessar o tanque, contaminando os terrenos em volta e matando os microrganismos que decompõem os resíduos.
- » Evitar o uso de produtos cáusticos para desentupir ralos. É melhor usar água fervente. E a limpeza do banheiro e da cozinha deve ser feita com um detergente moderado.



EM RESUMO:

O tratamento de esgotos apresenta as mesmas etapas do tratamento de água, acrescidas de uma etapa biológica, na qual bactérias digerem a alta carga de matéria orgânica em processos aeróbicos ou anaeróbicos. Pode-se extrair biogás desta fase, contribuindo para o sequestro de carbono da atmosfera. Existe também uma etapa de tratamento terciário, pouco praticada no Brasil, muito importante para remover químicos persistentes, metais pesados e agentes patogênicos resistentes. Comunidades rurais e isoladas podem recorrer a sistemas modulares de tratamento, reatores de bactérias feitos com bambu ou fossas sépticas.



Na região de Petra, na Jordânia, as águas cinzas de hotéis são reutilizadas na irrigação de produtos agrícolas, cultivados para abastecer os próprios hotéis.

Reúso da água

O uso racional de água deve permear todas as esferas da comunidade humana, incluindo trabalhadores e consumidores de empresas, órgãos públicos, todas as classes sociais, toda a população. A mudança de cultura e hábitos é tão vital quanto a adoção de dispositivos que economizem água ou a instalação de estruturas de coleta e estocagem da água de chuva, ou ainda a concepção de projetos de arquitetura e engenharia inteligentes.

Além disso, no ambiente construído, nos projetos de parcelamento do solo, de conjuntos habitacionais, de distritos industriais, de sítios e fazendas e em outras grandes estruturas devem ser previstos a captação e o uso de águas de chuva, assim como o reaproveitamento de águas cinzas, como são chamadas as águas servidas de banheiro, cozinha ou lavagem de pisos, não contaminadas por químicos tóxicos ou esgotos.

As consequências dessa mudança cultural podem ser muito positivas para a qualidade dos cursos d'água e para o bolso de quem as pratica. Mas é importante atentar para os critérios básicos do reúso: segurança higiênica, estética, proteção ambiental, viabilidade técnica e sustentabilidade econômica.

Além de reduzir desperdícios, o reúso permite economizar na captação de água e nas despesas com o tratamento. Entre as diversas alternativas de aproveitamento da água de reúso destacam-se:

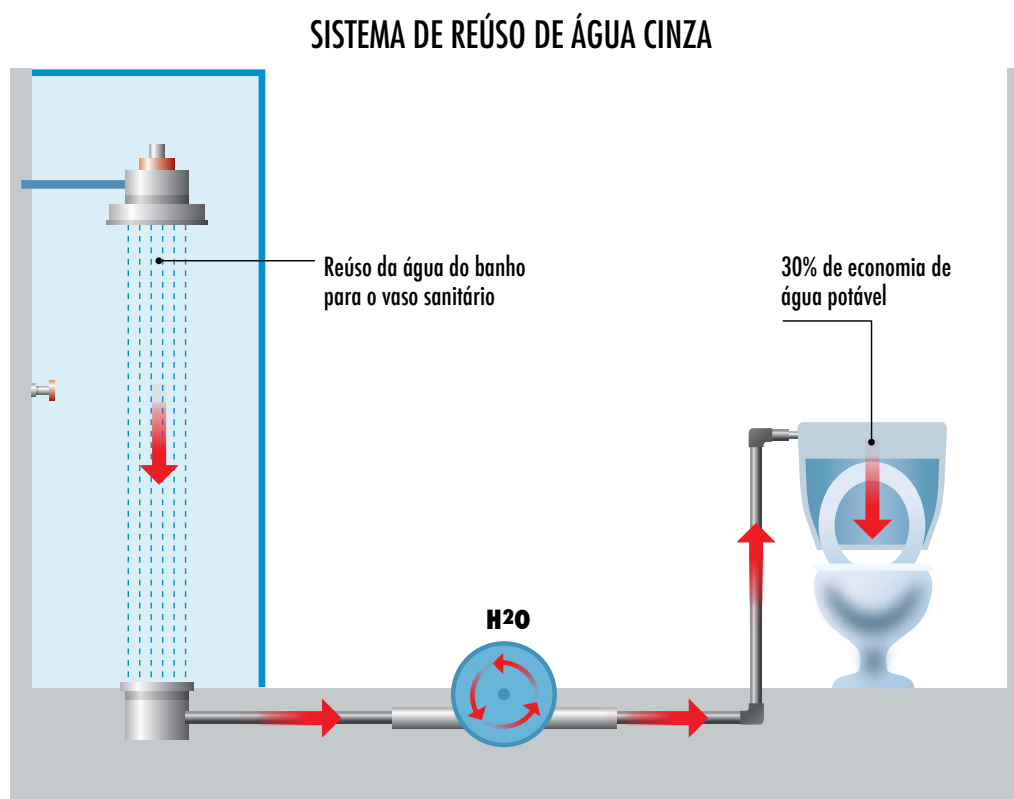


- » **Irrigação paisagística:** parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de autoestradas, campus universitários, cinturões verdes, gramados residenciais.
- » **Irrigação de campos de cultivo:** plantio de forrageiras, plantas de fibras e de grãos, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.
- » **Usos industriais:** refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento.
- » **Recarga de aquíferos:** recarga de aquíferos potáveis, controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo.
- » **Usos urbanos não potáveis:** combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus.
- » **Finalidades ambientais:** aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.
- » **Usos diversos:** aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

Para facilitar o reúso no cotidiano dos brasileiros, é fundamental investir em pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos que ajudem a evitar desperdícios e incentivem o uso racional da água. A publicação e a divulgação de manuais técnicos de instalação desses equipamentos entre arquitetos, engenheiros, construtores e encanadores também é essencial para promover a mudança cultural necessária e facilitar a modernização de instalações sanitárias, dos lavabos ao chão de fábrica.

Entre os exemplos de equipamentos simples, porém capazes de provocar revoluções na maneira de usar a água em residências, estão, por exemplo, os encanamentos de conexão do ralo do chuveiro com o vaso sanitário, dotados de uma pequena caixa sifonada para impulsionar a água cinza do piso até a caixa d'água da

descarga. Apenas com a generalização do reúso de água cinza na descarga de vasos sanitários poderíamos chegar a uma economia de um terço dos recursos hídricos hoje destinados ao consumo residencial, segundo cálculos da Agência Nacional de Água (ANA).



A adoção de sistemas de reúso em edifícios residenciais é outra opção com potencial revolucionário. Com a coleta da água cinza por gravidade, a montagem de um sistema comum de tratamento e a utilização da água na lavagem das áreas de recreação e circulação do próprio edifício, as despesas de instalação são amortizadas rapidamente. E assim que o investimento se pagar, a economia na conta d'água se converte automaticamente em redução na taxa de condomínio.

Em instalações novas de lava-rápidos ou garagens de lavagem de ônibus é possível montar um sistema de reúso como o apresentado no esquema acima, que conta com um sistema especial de tratamento da água cinza contaminada por óleo. O esquema foi testado por Érico Oliveira Tabosa, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), vencedor do XIX Prêmio Jovem Cientista, em 2003.

Nas regiões Sudeste e Nordeste, em especial, já existem empresas fornecedoras de pequenas estações de tratamento de águas de chuva ou de água cinza, destinadas ao reúso. Uma dessas empresas, de Ribeirão Pires, no Estado de São Paulo, também se especializou na lavagem de veículos, peças e motores. Uma pequena ETA (em torno de 5 mil litros) pode ser acoplada a um separador de óleo, que remove os resíduos de graxa e óleo lubrificante da água a ser reutilizada. E, o que é melhor, retira esse óleo da rede de saneamento ou dos sistemas de águas pluviais, onde ele contaminaria os corpos d'água, e atrapalharia o tratamento do esgoto nas ETEs.

Muitos outros sistemas especializados podem ser criados, uma vez que o conceito de reúso é incorporado pelo pesquisador. O caminho começa no estudo das características da água servida e nas possibilidades de remover os principais contaminantes de modo simples e pouco dispendioso. O restante é raciocínio hidráulico, ou seja, idealizar como a água cinza vai chegar até o reservatório de tratamento ou de armazenagem e como vai voltar às torneiras.

Vale lembrar que os sistemas de reúso devem ser diferenciados dos encanamentos de água tratada e dos sistemas de águas pluviais, para evitar confusões e consumo de água não potável. Usar canos e conexões de cores distintas é uma boa ideia, assim como distribuir avisos de “água não potável” nas torneiras que recebem a água de reúso.

Criar, adequar e integrar técnicas, tecnologias e atividades como as de reúso, que não consomem nem contaminam os cursos d'água é tornar mais racional o uso dos recursos hídricos. É um meio de garantir o acesso de todos à água, em qualidade e quantidade suficientes. E não só nas cidades, também na zona rural e nos ecossistemas, igualmente dependentes da água, como nós.



EM RESUMO:

As medidas de conservação, uso racional e reúso das águas podem criar diferentes oportunidades de redução de desperdícios, melhorando muito o aproveitamento da mesma água. Para consumidores e empreendedores, o reúso também significa economia na conta d'água. Para ocorrer a generalização do conceito de reúso, porém, é preciso popularizar os equipamentos e sistemas que facilitam sua adoção.





4

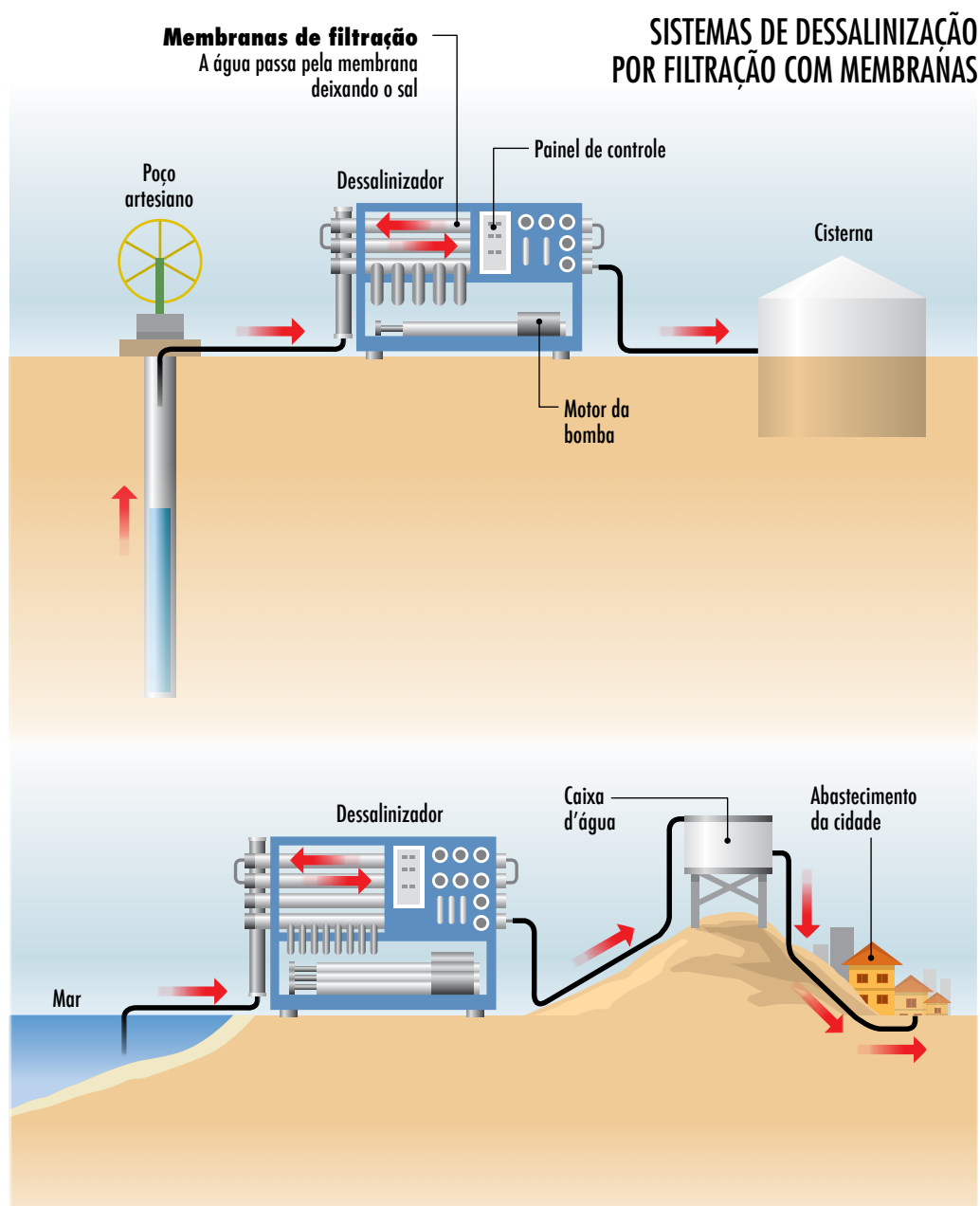
Tecnologias para
dessalinização da água

Oceanos e mares contêm 97% de toda a água existente na Terra, enquanto rios e lagos correspondem a menos de 0,1%. Acrescente-se a esses dados o fato de um quarto da população mundial viver em zonas litorâneas ou com água salobra como a única fonte de abastecimento, mais a pressão crescente da escassez de água potável desafiando a pesquisa, e estão dadas as condições para o desenvolvimento de tecnologias eficientes para dessalinização da água.

O processo físico-químico de transformar a água salgada ou salobra em água doce ou potável, denominado dessalinização, consiste em retirar os sais excessivamente concentrados da água. Isso acontece naturalmente no ciclo hidrológico quando a água evapora, deixando os sais para trás, e volta a condensar na forma de chuva, já dessalinizada. Os processos artificiais, no entanto, são mais complexos, muito custosos e só se tornaram viáveis no século XX, apesar de existirem relatos de tentativas e técnicas variadas desde a Antiguidade, incluindo a instalação, pelos ingleses, de uma unidade de dessalinização de água numa região próxima ao canal de Suez, na metade do século XIX.

Há dois processos mais utilizados para dessalinização: a destilação, que basicamente imita o ciclo hidrológico, e a filtração com uso de membranas, de desenvolvimento mais recente, graças a grandes avanços na pesquisa de materiais filtrantes. O primeiro processo, destilação, consiste em ferver a água, coletar o vapor e transformá-lo novamente no estado líquido, então em água potável. No outro processo, bombas de alta pressão impulsionam a água através de membranas filtrantes, que capturam as partículas de sais e minerais, deixando passar apenas a água pura.

De acordo com o nível de remoção de sais, a água dessalinizada é destinada ao abastecimento humano, à dessedentação de animais, à irrigação ou aos usos industriais. O dimensionamento de um sistema de dessalinização depende da finalidade do uso da água, da concentração de sais da água bruta e de taxas de vazão da fonte de água bruta. A recuperação da quantidade de água salinizada depende do projeto, podendo variar de 35% (água do mar) a cerca de 80% (água salobra com projeto de maior área de membranas).



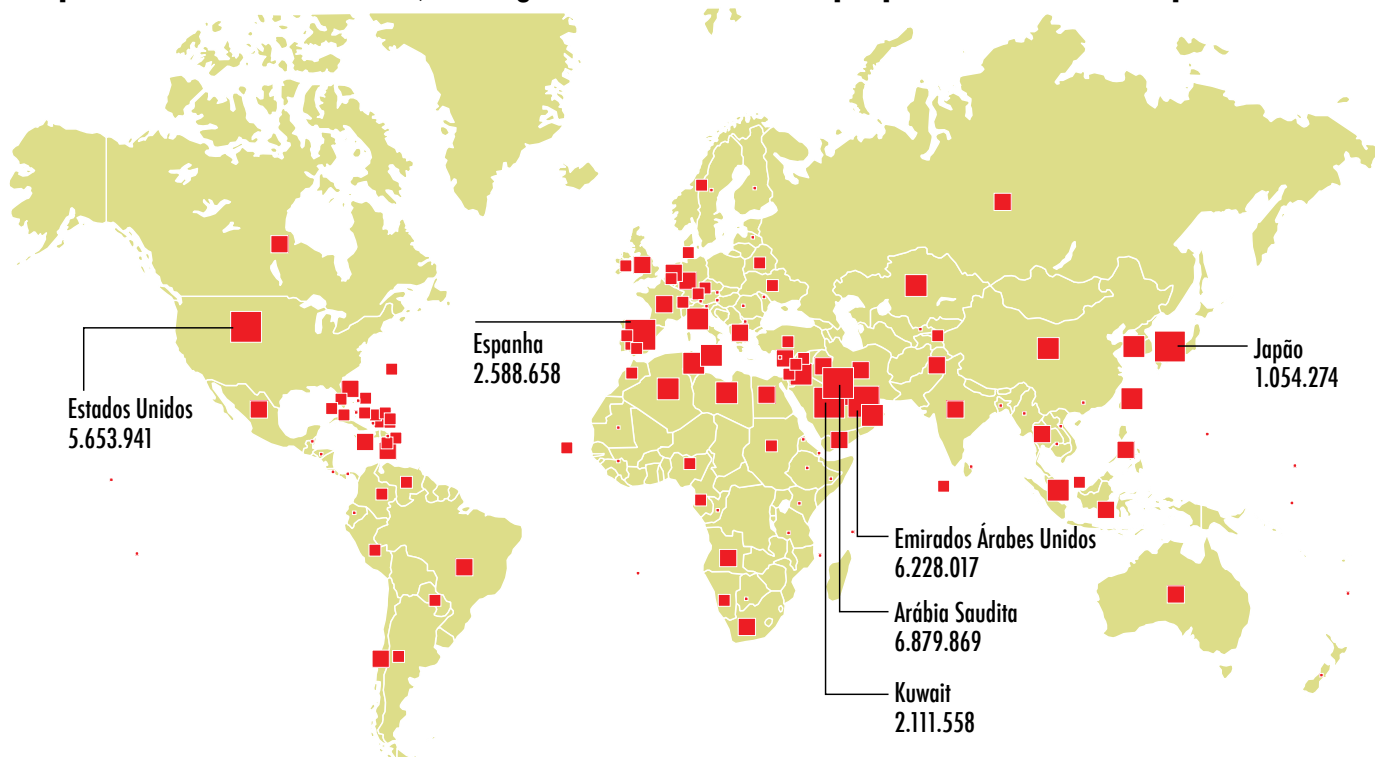
A maior parte dessas tecnologias foi desenvolvida nos últimos 60 anos, devido à necessidade de abastecer soldados em guerra. Após a Segunda Guerra Mundial houve um grande avanço tecnológico, com contribuição significativa dos Estados Unidos. Em 1952, o congresso norte-americano aprovou leis que resultaram na criação do Departamento de Águas Salgadas e isso favoreceu o esforço de pesquisa, além de ajudar a reduzir custos de implementação, custos operacionais e impactos

ambientais. Diversos países – Inglaterra, Itália, França, Espanha, Alemanha e Japão entre eles – também se destacaram na descoberta de novos métodos e técnicas para dessalinização de águas.

Nos anos 1980, cresceu o interesse das indústrias no uso de água dessalinizada em seus processos, multiplicando o investimento na fabricação e diversificação de equipamentos. Nos anos 1990, tornou-se viável a instalação de usinas de dessalinização para produzir água potável para cidades. O custo ainda era – e continua a ser – relativamente alto, mas, em algumas situações, essa é a única opção para garantir o abastecimento da população e a produção de alimentos, caso de ilhas, navios e plataformas de petróleo, estuários com forte influência das marés ou regiões com fontes de águas salobras.

DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA

Capacidade total de dessalinização de águas salobras ou salinas (por país em metros cúbicos por dia)



Capacidade instalada (m³/dia): · 1 a 5.000 · 5.001 a 50.000 · 50.001 a 500.000 · 500.001 a 1.000.000 · acima de 1.000.000

Fonte: The National Academy of Sciences, EUA, 2008

Atualmente, Israel é o país mais conhecido pelo esforço em implantar grandes projetos de dessalinização, como o da cidade de Hadesa, na província de Haifa, onde funciona a maior usina de dessalinização por osmose reversa do mundo, com capacidade de produzir 127 milhões de metros cúbicos de água potável por ano – o suficiente para abastecer 1 milhão de israelenses. Já os países com maior número de estações instaladas e maior capacidade de produção total de água dessalinizada são, nessa ordem: Arábia Saudita, Emirados Árabes, Estados Unidos, Espanha, Kuwait e Japão (veja ilustração na página ao lado).

Estimativas apontam um crescimento global do mercado de dessalinização em torno de 50% entre 2008 e 2012. Em 2010, uma usina construída em Madras, Índia, passou a produzir mil litros de água dessalinizada por apenas um dólar, um recorde em barateamento. As instalações podem produzir 100 milhões de litros de água diariamente, filtrando água do mar em alta pressão. Outra usina indiana, em Chennai, deverá ser a maior da Ásia quando for concluída. E a China está instalando usinas em diversos pontos do litoral, prevendo o agravamento da escassez de água devido ao crescimento industrial acelerado.

Na Austrália existem quase 50 usinas de tratamento com capacidade superior a 10 mil litros por dia de água tratada. E a aposta na dessalinização também visa preparar o país para as secas previstas como efeito regional das mudanças climáticas. As unidades em construção e os projetos já propostos deverão quintuplicar a capacidade de produção de água dessalinizada.

Em todo o mundo, com a fabricação de dessalinizadores em larga escala, a expectativa é baixar custos e buscar a sustentabilidade ambiental. Nesse cenário, o Brasil ainda tem um papel pouco relevante, pois a necessidade de dessalinização é pequena face à abundância de recursos hídricos. No entanto, as tecnologias de dessalinização adquirem importância local, em algumas regiões – como Fernando de Noronha ou no semiárido nordestino – afetadas por processos de salinização dos aquíferos, devido às condições de solo (cristalino) e alta evaporação. Para tais comunidades, a opção da dessalinização pode traduzir -se num aumento significativo ao acesso à água potável, conforme previsto pelas Metas do Milênio. E isso já faz valer o esforço de pesquisa.



EM RESUMO:

As tecnologias de dessalinização ainda são caras, mas diversos países já investem em estações de tratamento para abastecimento municipal e para processos industriais. A expectativa, portanto, é do custo cair quando as usinas ganharem escala. A dessalinização da água do mar é a principal aposta de países do Oriente Médio, norte da África, Índia, China e Austrália, enquanto a dessalinização de águas salobras é muito usada nos Estados Unidos. No Brasil, a dessalinização atende a ilhas, a indústrias e ao semiárido nordestino.

Doce, salobra ou salgada?

Segundo a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), as águas podem ser classificadas de acordo com o teor de sais. A água doce deve ter salinidade igual ou inferior a 5‰ (cinco por mil). A água salobra tem salinidade intermediária, entre 5‰ e 30‰. E a água salina tem salinidade superior a 30‰, o que inclui as águas marinhas.

Salinidade é o termo usado para descrever a quantidade de sais numa amostra de água. Usualmente é medida em termos de sólidos totais dissolvidos (STD), em miligramas de sólidos por litro (mg/l). A água salobra é, portanto, uma mistura de água doce com água salgada. A água do mar possui concentração de STD de cerca de 35 mil mg/l.

Uma medida técnica adotada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), assim como pelo Ministério da Saúde (MS) do Brasil, considera água doce para consumo humano a que possui teor de sais (ou sólidos totais dissolvidos) inferior a mil mg/l. É importante observar que também há limites individuais para os diversos sais encontrados na água: sódio, cálcio, magnésio, potássio, cloreto, bicarbonato, sulfato, dentre outros.

© Liana John

© Liana John

© Liana John

Processos de dessalinização

Os processos de dessalinização mais utilizados são o térmico, a eletrodialise e a osmose reversa. Cerca de 20% das usinas de dessalinização em funcionamento – em geral as mais antigas – usam o processo térmico para fazer a destilação. A grande maioria das estações usa filtração com membranas diversas, incluindo eletrodialise e osmose reversa. O pequeno percentual restante das usinas utiliza processos com técnicas mistas ou pouco comuns, como congelamento, destilação com membranas, resina de troca iônica e evaporação por energia solar.



Nos processos térmicos produz-se água purificada pelo princípio de destilação. Com a fervura de uma solução salina, durante a mudança de fase da água para vapor, os sais dissolvidos permanecem no fundo do reservatório. O vapor é, então, condensado e a água sai dessalinizada. Esse tipo de processo é bastante utilizado em estações de tratamento associadas a grandes indústrias, nas quais é possível reaproveitar energias térmicas dissipadas (como as de caldeiras ou fornos do próprio processo industrial). O custo de implantação da destilação sem o aproveitamento dessas energias excedentes é muito alto, inviabilizando pequenas produções de água tratada.



Usina de dessalinização à beira mar: ganhos de escala prometem baratear custos, ainda altos.

Há algumas variações de processos térmicos, como a técnica de destilação multiestágios, utilizada em grandes usinas de dessalinização da água do mar. Utiliza-se vapor em alta temperatura para fazer com que a água do mar passe por diversas células de ebulição-condensação (multiestágios), e isso reduz consideravelmente a concentração de sais. A própria água do mar é usada como condensador do vapor nas células. O processo tem um consumo de energia baixo, se comparado às demais técnicas de destilação.

Já a eletrodialise é uma forma de filtração em que a água salgada recebe uma corrente elétrica e os íons dos sais podem ser separados através de membranas especiais (eletrodialíticas). O que obriga a água a passar pelas membranas é uma diferença de potencial aplicada a um par de eletrodos. Este sistema corresponde a cerca de 5% do volume de água dessalinizada no mundo. O consumo de energia é relativamente baixo, da ordem de 1,5 a 2,0 kWh por metro cúbico de água tratada.

Outros processos de filtração também usam a tecnologia de membranas com vários sistemas de bombeamento da água através delas: daqueles que usam apenas a gravidade até bombas de alta pressão. O material das membranas avançou muito nas últimas décadas, devido ao desenvolvimento de novas tecnologias para reter partículas muito pequenas, como os sais. A rigor, trata-se de uma simples filtração, como passar a água por uma peneira, porém, o filtro pode ser um filme semipermeável combinado a material cerâmico, que só permite a passagem das moléculas de água e retém bactérias, compostos químicos e mesmo vírus, além dos sais.

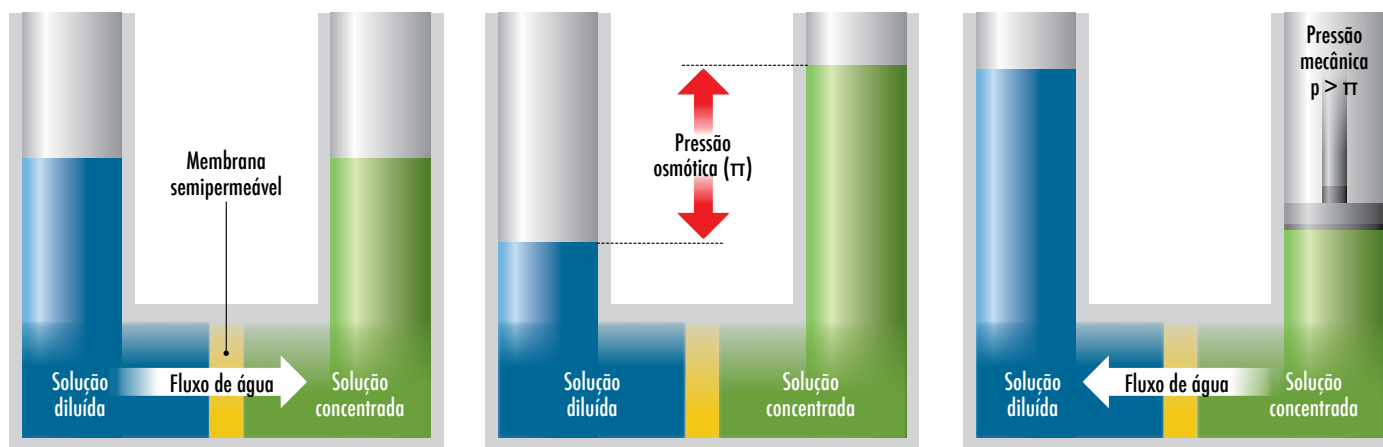
Quanto ao formato, as membranas do tipo espiral são as mais utilizadas. Cada elemento consiste de um pacote de membranas e espaçadores enrolados em volta de um tubo coletor por onde sai a água filtrada. Uma unidade dessalinizadora possui diversos vasos, nos quais são instaladas uma ou mais membranas. Grandes sistemas são construídos com diversos vasos e membranas, paralelos e em série, para ganhar produtividade e eficiência na remoção dos sais.

A vida útil de uma membrana dependerá essencialmente da manutenção e controle das incrustações. As técnicas de separação variam pelo diâmetro dos poros nas diversas membranas e diferenças de pressão, como força motriz.

Um dos processos mais eficientes para forçar a passagem da água pelas membranas e retirar os sais da água é a osmose inversa, também denominada de osmose reversa. Osmose é um fenômeno natural de caráter físico-químico, observado quando duas soluções de diferentes concentrações são separadas por uma membrana semipermeável em um recipiente. Devido apenas à diferença na concentração de sais, a solução menos salina, passa pela membrana e se mistura à solução mais salina até que se estabeleça um equilíbrio. Esse fluxo ocorre porque

a solução mais salina encontra-se em um estado de maior energia. No ponto de equilíbrio, a coluna de solução menos concentrada estará relativamente abaixo da coluna da solução mais concentrada. A esta diferença de altura entre as colunas das soluções dá-se o nome de pressão osmótica.

PROCESSO DE OSMOSE INVERSA (OU REVERSA)



A osmose reversa é um processo induzido de aplicação mecânica de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução mais concentrada, obrigando à formação de um fluxo no sentido da solução menos salina. Esse princípio físico é utilizado na concepção de operação de dessalinizadores, nos quais se utilizam membranas semipermeáveis sintéticas. No processo, além dos sais, é possível remover dureza, turbidez, microrganismos, compostos orgânicos, pesticidas e a maioria dos demais contaminantes presentes na água. Nos grandes sistemas de dessalinização com esta tecnologia, a água precisa receber um pré-tratamento com adição de anti-incrustante antes de passar pelas membranas.

Em geral, a membrana utilizada no processo de osmose reversa consiste de uma película fina e densa que recobre um substrato poroso. As composições variam. No entanto, as mais comuns são de acetato de celulose ou de poliamida aromática.

Atualmente essa tecnologia corresponde a mais de 80% das estações de dessalinização no mundo, produzindo em torno de 45% de todo volume de água dessalinizada. O consumo de energia é alto nesta técnica. Para dessalinizar água do mar, por exemplo, são necessários de 3 a 6,5 kWh/m³. E a eficiência da dessalinização pode variar de 30 a 50% de água tratada em relação ao total que entra no sistema, dependendo do projeto da usina e do teor de sais da água bruta.

Quanto aos processos menos comuns, em geral aproveitam fontes de energia específicas ou condições especiais de instalação, quer seja quanto à localização ou à disponibilidade de equipamentos. São tecnologias que podem ser aprimoradas para ganhar eficiência e talvez, então, alcancem escala significativa.

O processo de congelamento prevê a mudança rápida da fase líquida para sólida. A água forma cristais de gelo e os sais se separam, concentrando-se junto às paredes do reservatório. Os sais são então enxaguados e depois os cristais são descongelados para obtenção de água doce.

Uma combinação da destilação e filtração resulta numa outra possibilidade de dessalinização. A água aquecida produz vapor, que passa por uma membrana seletiva e é então condensado, produzindo água dessalinizada.

Uma terceira alternativa utiliza resinas naturais ou sintéticas como condutores. Essas resinas atraem os íons indesejáveis, retirando os sais dissolvidos, especialmente cálcio e magnésio. De custo elevado, essa opção é empregada como complemento de unidades de purificação de água, sobretudo por indústrias. É uma técnica inviável para águas com alto teor de sais.

Finalmente, na destilação solar, a água salgada ou salobra é aquecida em um recipiente com tampo de vidro, depois condensada em uma superfície fria, produzindo água doce. O vapor pode condensar na parte interna do próprio vidro, escorrendo para um sistema de recolhimento. Os sais e impurezas permanecem no fundo do primeiro reservatório. Esse método é pouco utilizado devido à necessidade de grandes áreas de coleta de energia, já que um metro quadrado de coletor solar produz aproximadamente quatro litros/dia de água doce. Entretanto pesquisas recentes procuram melhorar a captação da energia solar e o design do sistema, aproveitando o mesmo equipamento para duas finalidades: produzir energia elétrica (ou água quente para o chuveiro) e calor para a dessalinização.

Seja qual for o processo, estações de dessalinização completas são normalmente equipadas com alguns elementos comuns: equipamento para captação de água bruta e alimentação do sistema; equipamento de pré-tratamento para remover sólidos em suspensão e preparar a água para entrar no sistema de dessalinização; equipamento dessalinizador propriamente dito, que então separa os sais e as impurezas, produzindo água tratada (dessalinizada) e rejeito; equipamento de pós-tratamento para evitar corrosão nas tubulações; equipamento de distribuição da água tratada para o consumo e sistema de gerenciamento da água de rejeito.

Os equipamentos utilizados no Brasil normalmente são importados, principalmente dos Estados Unidos. Mas há uma pequena parcela de equipamentos dimensionados

e montados em empresas privadas, órgãos públicos ou centros de pesquisa nacionais. O desenvolvimento de equipamentos com tecnologia brasileira para todas essas fases e a possibilidade de baratear ou tornar mais eficiente todo o processo também são bons desafios para nossos pesquisadores.



EM RESUMO:

Há diversos tipos de equipamentos para dessalinização da água, utilizando-se basicamente dos processos de destilação e filtração. Atualmente, a técnica mais utilizada é a osmose reversa, que é eficiente na remoção dos sais com baixo consumo de energia, em comparação às outras técnicas de dessalinização.

A dessalinização no Brasil

Devido à grande oferta de água doce, as tecnologias de dessalinização ainda são de uso restrito no Brasil. Mas há aplicações na indústria, para alimentar processos que dependem da desmineralização da água, e no semiárido nordestino, onde as condições específicas de solo e evaporação levam à salinização das fontes de água para abastecimento e, portanto, as tecnologias de dessalinização assumem caráter social. Em longo prazo, possivelmente os grandes centros urbanos litorâneos terão de recorrer a novas possibilidades de tratamento da água, como a dessalinização, para fazer face ao crescimento populacional e à redução das fontes de água potável.

Um grande número de dessalinizadores por osmose reversa já funciona em comunidades dispersas pelo Nordeste e no arquipélago de Fernando de Noronha, onde não há mais fontes perenes de água doce (havia três rios na ilha principal, no passado, mas eles secaram após os desmatamentos, na primeira metade do século XX).

Tanto no semiárido como no arquipélago são comuns grandes períodos de seca seguidos de chuvas muito mal distribuídas. Isso dificulta a armazenagem da água e se traduz na escassez de recursos hídricos, além de afetar a qualidade dessas águas. Como se trata de uma região equatorial, abaixo do paralelo 10, a radiação solar é muito forte e a evaporação é intensa. Para complicar, os solos são de embasamento cristalino, como se diz na linguagem geológica. Isso significa que a água se acumula em fissuras, falhas e fraturas das rochas subterrâneas, onde ainda está sujeita à evaporação, além de se manter em contato com sais presentes no solo. Com o tempo, os sais se concentram, tornando a água salobra.

O processo de salinização é natural. No entanto pode ser acelerado por interferência do homem, se a perfuração de poços ou a irrigação de lavouras com essa água, subterrânea forem feitas de modo inadequado. Assim, a formação de açudes e barreiros, na superfície, tem a alta evaporação como fator limitante, enquanto o uso das águas subterrâneas depende da dessalinização. Desenvolver sistemas que combinem as vantagens dos sistemas de armazenagem de água com as vantagens da dessalinização, eliminando os riscos de degradação da água é a grande questão colocada diante dos pesquisadores.

Estima-se que existam, em todo o Nordeste, mais de 30 mil poços com vazão superior a 2 mil litros por hora, mas a água apresenta salinidade média de 5 mil microgramas por litro (mg/l) contra os mil mg/l estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como o máximo tolerável para consumo humano. A exploração dessas águas ocorre através de poços tubulares perfurados nos aquíferos do embasamento cristalino, em comunidades onde também há cisternas cobertas para armazenar a água de chuva captada em telhados. Acoplar dessalinizadores aos poços e transferir a água tratada para estas mesmas cisternas é uma das alternativas mais viáveis para tais comunidades.

A dessalinização por osmose reversa é a tecnologia mais indicada nessas condições. Seu custo é bem inferior ao do abastecimento da população por caminhões-pipa, além de garantir a autonomia de gestão às comunidades. Uma vez instalado o dessalinizador, o custo operacional se restringe ao suprimento de filtros de cartucho, aos gastos com energia elétrica e outras pequenas despesas. A princípio, os órgãos municipais e estaduais implantam os sistemas de dessalinização e os entregam às comunidades, que respondem pela operação e manutenção. As dificuldades surgem quando há necessidade de suporte técnico, pois os órgãos responsáveis não conseguem dar conta de todos os sistemas instalados.

Entre os problemas mais frequentes estão: falta de monitoramento, operadores não qualificados, falta de pré-tratamento ou pré-tratamento inadequado e erros no uso das membranas, indicando que o desenvolvimento de equipamentos mais duráveis e fáceis de operar também é uma linha de pesquisa de interesse.

Da parte do governo federal, a tentativa de contornar tais dificuldades veio com o Programa Água Doce (PAD), sucessor do Programa Água Boa. O PAD foi lançado para dar suporte aos estados e recuperar os sistemas de dessalinização parados, formando núcleos gestores estaduais. Os dessalinizadores de mais de 250 localidades já estão diagnosticados e 65 já foram recuperados, beneficiando mais de 60 mil habitantes em comunidades dispersas pelo semiárido. No total, são quase 2.100 sistemas de dessalinização implantados e o PAD projeta a instalação de 1.300 novas usinas.



Em Fernando de Noronha, os 3 mil habitantes e cerca de 500 visitantes mensais sofriam com o abastecimento de água, antes dependente de poços e do açude Xaréu, cuja qualidade era muito baixa. Em 1998, a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente decidiu implantar dessalinizadores de osmose reversa na ilha e captar a água do mar para complemento ao abastecimento. Em 2011, o sistema foi ampliado e reformado, com recursos do Programa de Desenvolvimento do Turismo (Prodetur). As bombas puxam 100 litros de água por segundo, dos quais 30% se transformam em água potável e 70% são devolvidos ao mar.

Para dar suporte técnico e assegurar o acompanhamento dos diversos sistemas de dessalinização instalados no Nordeste e em Fernando de Noronha, em 2003, o Ministério do Meio Ambiente apoiou a criação do Laboratório de Referência em Dessalinização (Labdes), vinculado ao Departamento de Engenharia Química e ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Estado da Paraíba.

Ex-presidente Lula visita a usina de dessalinização de Fernando de Noronha, que em 1998 livrou a população da dependência de poços e um único açude.



EM RESUMO:

No Brasil, o uso da dessalinização ainda é restrito a situações em que basicamente só se tem acesso à água salobra ou salgada em boa parte do ano. Também há uso da dessalinização na indústria para deixar a água pura para alguns processos específicos. Em longo prazo, cidades litorâneas devem passar a usar a tecnologia de dessalinização para fazer face ao crescimento da demanda por água potável.

Desafios da pesquisa sobre dessalinização

No Brasil só se considera uma estação de dessalinização para produção de água potável quando não há outra solução eficiente, mas a indústria de dessalinização avança a passos largos em todo o mundo, viabilizando a construção de cidades sobre a areia de desertos e o abastecimento de populações antes penalizadas pela escassez. Contudo, ainda há desafios para tornar a dessalinização uma técnica sustentável, do ponto de vista ambiental, econômico e social, atendendo a muito mais gente.

Ainda é preciso, por exemplo, compreender os impactos ambientais do processo de dessalinização para minimizá-los, como é feito com as demais opções de suprimento de água; ou encontrar uso para os sais retirados da água; reduzir custos dos equipamentos; reduzir custos de consumo de energia, criando processos com múltiplas funções e utilizando fontes alternativas renováveis.

Na questão do rejeito, ainda há muitos sistemas de dessalinização que simplesmente lançam a água com sais concentrados de volta ao mar, causando impactos sobre a vida marinha. Em alguns lugares do mundo, exige-se uma mistura prévia do rejeito com água do mar, para diluir um pouco as altas concentrações, e só então é feita a descarga. Mas é possível estudar novas opções de aproveitamento dessa água supersalgada ou, pelo menos, de novos sistemas de descarte menos agressivos.

O desenvolvimento de novos materiais não deve contemplar só as membranas, mas também tubulações e equipamentos, para que sejam capazes de resistir à agressividade da água salgada. Atualmente se usa aço inoxidável ou plásticos resistentes, porém há muito a ser pesquisado nesse campo.

Nos dessalinizadores instalados no interior, caso dos sistemas simplificados de abastecimento de água potável do sertão nordestino, o efluente concentrado de sal pode ser aproveitado para a criação de tilápias, camarão ou para a irrigação de plantas resistentes à salinidade (halófitas), depois aproveitadas para a alimentação de animais, por exemplo. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) de Petrolina, em Pernambuco, trabalha nesse sentido e já estudou e testou algumas aplicações dos sais. No Programa Água Doce, a recuperação dos sistemas está vinculada ao aproveitamento do rejeito, dando oportunidade à comunidade de mantê-lo autossustentável.

Outro problema carente de solução é a remoção, nos sistemas de dessalinização, de alguns minerais alcalinos benéficos juntamente com os minerais nocivos, tornando a água mais ácida. A água potável, muito ácida tende a absorver o cálcio e outros minerais do organismo de quem a bebe. O Japão desenvolveu uma tecnologia que permite a produção de água potável a partir da água do mar, recuperando as substâncias úteis, mas o Brasil também pode construir suas alternativas.

Apesar de algumas desvantagens observadas, o uso da tecnologia de dessalinização tende a baratear os equipamentos com o ganho de escala. Os pontos negativos podem ser contornados com o planejamento adequado e a gestão do sistema. É importante que os gestores, responsáveis pelo tratamento da água, tenham conhecimento suficiente para considerar essa técnica como mais uma possibilidade, que já é amplamente utilizada em todo o mundo.



EM RESUMO:

O custo do processo de dessalinização da água ainda é alto. Mas as pesquisas já ajudam a reduzir custos de implantação e de operação, assim como o uso de fontes alternativas ou energias excedentes pode amenizar o consumo de eletricidade. Da mesma forma, surgem novas técnicas de destinação correta do rejeito da dessalinização.



A large concrete dam at night, illuminated by artificial lights. The dam has multiple spillways, and water is flowing through them, creating a misty spray at the base. The dam's structure is complex, with a central section featuring a grid of windows or openings. A large blue circle with a white number '5' is overlaid on the right side of the image.

5

Uso da água para
geração de energia

A força das águas move atividades humanas há séculos. Instaladas em corredeiras ou cachoeiras, as rodas d'água são as estruturas mais primitivas de aproveitamento da energia cinética dos rios. Das rudimentares versões em madeira da Europa do século XIII – usadas para moer grãos, irrigar lavouras e drenar terras alagadas – evoluímos para sofisticadas turbinas que geram eletricidade para metrópoles. No entanto, não abandonamos o mecanismo hidráulico básico: a água que corre por dentro de uma roda compartimentada e a faz girar, produzindo movimento depois convertido em energia.

O Brasil soube aproveitar a grande quantidade de rios talhados para a produção de energia e contava, em fevereiro de 2013, com 1.042 usinas hidrelétricas em operação, com capacidade para produzir 84 mil Megawatts (MW); mais 59 empreendimentos hidrelétricos em construção, com capacidade para 19 mil MW, e outros 199 outorgados, com capacidade para 5 mil MW, segundo o Banco de Informações de Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Em 2011, as hidrelétricas garantiram 81,7% da matriz elétrica nacional, correspondendo a 14,7% da matriz energética total, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2012. Graças às águas e à produção de biocombustíveis, inclusive, a matriz energética brasileira continua entre as mais limpas do mundo, com 44,1% de fontes renováveis em 2011, enquanto a média mundial é de 13,3% (2009).

Vale notar que nem todos os rios se prestam à produção de energia elétrica: rios caudalosos, mas de pouca queda (como o Amazonas) ou rios com grande queda, mas de vazão intermitente, não servem para o aproveitamento hidrelétrico tradicional. E mesmo os rios de boa relação vazão x queda estão sujeitos a períodos de estiagem ou cheias violentas. Por isso, em geral, a hidroeletricidade depende de barragens de regularização dos rios.

O barramento de rios é essencial para o bom funcionamento das hidrelétricas tradicionais, mas tem impactos ambientais e sociais.



Na maioria das usinas modernas, o controle do nível da água nos reservatórios assegura produção estável de energia, tanto na estação seca como na chuvosa. Também assegura o abastecimento de água quando há estiagens e ajuda a evitar enchentes. Os sistemas de controle de abertura ou fechamento de comportas levam em conta o monitoramento de toda a bacia hidrográfica e previsões climáticas, ambos realizados com apoio de imagens remotas e de sistemas de coleta de dados por satélite.

A sofisticação técnica do controle de reservatórios e de produção de energia, no entanto, cria desigualdades entre o uso da água para energia e os outros usos. Só uma gestão realmente participativa pode equilibrar essas forças, sobretudo em momentos de escassez, que devem se tornar mais comuns devido às mudanças climáticas em curso.

O barramento ainda obriga à transferência de moradores da área de influência do reservatório, muda a dinâmica dos ecossistemas aquáticos e altera os padrões de sedimentação dos rios. Transformar água corrente em água de lagoa significa interferir na comunidade de seres aquáticos, na qualidade da água, na velocidade de deposição/mobilização de poluentes e nutrientes. Significa também favorecer o assoreamento do leito dos rios e dos reservatórios, um problema insuficientemente discutido no País, apesar de produzir impactos sensíveis na capacidade de escoamento das bacias hidrográficas e mesmo na capacidade de produção de energia dos reservatórios.

O assoreamento é um processo natural, derivado da erosão causada por chuvas, vento ou processos químicos: os sedimentos que descem encostas e terminam nos rios aos poucos se depositam no fundo. Numa escala geológica de tempo, o assoreamento muda o leito e o curso da água, chegando ao extremo de formar planícies de aluvião. Diversas atividades humanas podem acelerar o assoreamento, ao ponto de encurtar essa escala de tempo para algumas gerações ou mesmo algumas décadas. A agricultura sem conservação de solo, a eliminação de matas ciliares e as mudanças na vazão dos rios (canalizações ou barragens) estão entre estas atividades. Sem manutenção, os reservatórios de hidrelétricas podem ficar cada vez mais rasos devido ao assoreamento, diminuindo sua capacidade de produzir energia.

No caso de barragens fechadas sem a prévia retirada da vegetação da zona inundada pelo reservatório, é preciso considerar também a emissão de metano, um dos gases de carbono associados às mudanças climáticas. O metano é produzido pela decomposição da vegetação debaixo d'água, em condições anaeróbicas (sem oxigênio).

Em outras palavras, ser renovável e limpa, no caso da hidroeletricidade, não é o mesmo que sem impactos, sejam eles positivos ou negativos.



Extensas linhas de transmissão asseguram a integração de várias hidrelétricas ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Sistemas complementares

Ao lado do Canadá, China, Estados Unidos, Suécia e Noruega, o Brasil tem um dos maiores parques hidroelétricos do mundo. Praticamente todos os rios com potencial de aproveitamento já tem usinas em funcionamento ou em construção. Isso é motivo de orgulho, por um lado, mas também de preocupação, pois indica a necessidade de mudar a matriz energética para continuar atendendo à demanda crescente por energia da sociedade brasileira.

Apenas em um ano, de 2010 para 2011, o consumo nacional de energia elétrica cresceu 3,6%. Mas a oferta interna de eletricidade não acompanhou o consumo, crescendo apenas 1,3%. Apesar de as hidrelétricas operarem com força total, foi necessário recorrer às termelétricas movidas a derivados de petróleo e à importação de energia.

A tendência crescente da demanda por energia elétrica deve se manter, a julgar pelos hábitos de consumo de eletroeletrônicos do brasileiro, combinados ao aumento de renda (e de consumo) das classes C e D e ao aumento do acesso à eletricidade, devido a programas como o Luz para Todos, do atual governo. Em médio e longo prazos, outras demandas poderão ser agregadas, como a de abastecimento de uma frota de veículos elétricos, menos poluentes e mais adequados ao tráfego das grandes cidades.

Quais são, então, as alternativas de produção de eletricidade para atender a tal tendência? E quais das opções colocadas diante do Brasil teriam impactos sobre a gestão e a qualidade das águas?

A energia eólica, em crescimento nos estados do Sul e do Nordeste, por exemplo, não produz impactos sobre a água. Já as hidrelétricas, de qualquer tamanho, produzem tanto impactos isolados como em série. Isso porque, devido às características de sazonalidade do regime pluvial do País, foi construído um sistema de transmissão de energia entre as regiões, o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Assim, quando há falta de água nos rios de uma parte do território, pode-se transferir a energia excedente de outra parte. Ou seja, quando determinada região coloca mais potência na rede, na prática está cedendo água a outra região, indiretamente. Em alguns casos, é feita a transposição real de água de um rio para outro, como fez a antiga Light em Santa Cecília, no Rio de Janeiro, ao desviar as águas do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, aumentando a potência de suas hidrelétricas.

Em alguns casos, barragens não são suficientes para regularizar o curso dos rios e é necessária a transposição de águas para garantir a produção de hidroeletricidade, como foi feito no rio Guandu (RJ).



© Agência O Globo

A sazonalidade dos rios mostra a importância de se considerar a complementariedade dos sistemas de produção de eletricidade, como ocorre com hidrelétricas e térmicas movidas a biomassa. As hidrelétricas funcionam a plena capacidade na estação chuvosa, quando os rios estão com vazão máxima, enquanto a cogeração de biomassa produz energia suficiente para devolver eletricidade à rede durante a estação seca, época em que a safra de cana-de-açúcar está no auge. Se um sistema produz menos energia em um ano, o outro compensa com uma produção maior.

Já a opção das usinas térmicas movidas a derivados de petróleo independe de sazonalidades, mas é menos limpa, do ponto de vista ambiental, e seu combustível é mais caro do que a água ou os resíduos da agricultura.

O processo básico de funcionamento de uma termelétrica é a conversão de energia térmica em energia mecânica e desta, por meio de processos eletromagnéticos, em energia elétrica. Dependendo do tipo de combustível utilizado, observaremos maiores ou menores impactos no ambiente. Geradores termelétricos que utilizam fontes não renováveis de energia primária são os que causam maiores impactos, pois, no processo de queima desses combustíveis, grandes quantidades de gases são lançadas à atmosfera.

Atualmente, usinas térmicas complementam a produção de hidroeletricidade, mas elas contribuem mais para as mudanças climáticas e podem alterar a temperatura local de cursos d'água.



© Getty Images

O principal produto da combustão das térmicas é o gás carbônico, que agrava as mudanças climáticas. Outros impactos diretamente associados às emissões de gases por termelétricas são a chuva ácida, devido ao aumento da concentração de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio na atmosfera. E se a térmica for movida a carvão mineral, como as existentes em Santa Catarina e em muitas indústrias, é importante considerar as emissões de cinzas carregadas de metais pesados. Muito finas, essas cinzas são espalhadas pela ação dos ventos a grandes distâncias, depois precipitam sobre solo, rios e lagos, provocando degradação ambiental.

Quando a biomassa é usada como combustível em termelétricas – caso do bagaço de cana-de-açúcar e de outros resíduos agrícolas, como cascas de arroz e de laranja –, a alternativa é considerada renovável para produção de eletricidade em larga escala. Uma das vantagens está associada aos seus baixos índices de emissão de gás carbônico, sobretudo se a biomassa for produzida respeitando critérios de sustentabilidade, pois praticamente todo o carbono liberado na queima do material será extraído da atmosfera durante a fotossíntese realizada pelo cultivo de material de reposição.

Outra fonte de energia adotada no Brasil é a nuclear. Apesar da tendência de fechar usinas nucleares na Europa, após o acidente de Chernobyl, em 1986, e da revisão dos planos de produção de energia nuclear no Japão, após a destruição da usina de Fukushima por um tsunami, em 2011, o Brasil continua a construir a usina Angra 3, no Rio de Janeiro. Quando ela entrar em operação, juntamente com as usinas Angra 1 e 2, o País produzirá um total de 3,4 mil MW de fontes termonucleares. Hoje, a energia nuclear contribui com 1,5% da energia gerada no país.

A produção de energia termonuclear se assemelha à de uma termelétrica convencional. A grande diferença é o processo pelo qual a água é aquecida para produzir o vapor, que vem da fissão (divisão) de átomos de urânio-235. O calor resultante desse processo aquece a água, que, sob alta pressão, vira vapor, faz girar uma turbina e aciona o gerador de eletricidade.

Para evitar que a fissão em cadeia dos átomos de urânio-235 saia de controle, gerando calor em excesso de forma destruidora, o processo precisa ser moderado. Isso é feito por meio de varas colocadas junto ao urânio-235, contendo átomos de elementos químicos com a propriedade de absorver nêutrons. O boro é um dos elementos usados nesse processo em usinas nucleares. Quando esse controle é deficiente, podem ocorrer explosões como a de Chernobyl.

Mesmo funcionando normalmente, as usinas nucleares produzem impacto térmico nos corpos d'água, derivado do sistema de resfriamento. Necessário para condensar novamente o vapor, após a passagem pelo gerador de eletricidade, o sistema de

resfriamento precisa de água fria bombeada de rios ou (no caso de Angra) do mar. A água fria percorre um circuito isolado de condensação e é devolvida quente, constituindo a chamada descarga termal. A alta temperatura influencia a qualidade da água no local de descarga e afeta a vida aquática.

Há, ainda, o impacto potencial e muito mais grave da radioatividade. Em caso de vazamento, a radioatividade viaja pela água, seja como vapor que depois precipita em forma de chuva radioativa, seja pelos rios e águas subterrâneas, intoxicando e contaminando todas as formas de vida em seu caminho. Por isso, as usinas nucleares têm um envoltório de contenção feito de ferro armado, concreto e aço, cuja finalidade é proteger o reator nuclear e evitar o vazamento de radiação para o meio ambiente.

Na usina Three Mile Island, nos Estados Unidos, este envoltório impediu o derretimento total de um reator, quando o sistema de resfriamento falhou e levou seu núcleo a um superaquecimento, em 1979. Apesar disso, 1,5 milhão de litros de água radioativa escaparam para o rio Susquehanna e o concreto não foi suficiente para conter a nuvem radioativa, que atravessou as paredes.



EM RESUMO:

No Brasil, a demanda por energia elétrica é crescente e já não pode ser atendida apenas pela construção de novas hidrelétricas. A incorporação de outras fontes de energia deve ser avaliada, considerando as dimensões do território nacional e a característica de sazonalidade dos rios, hoje compensada pelo Sistema Interligado Nacional. A análise de usinas térmicas e nucleares deve levar em conta os impactos sobre a qualidade da água.

Usinas nucleares de Angra 1 e 2, na praia do Itaorna, município de Angra dos Reis (RJ)



© Istockphoto



Usinas a fio d'água

Toda usina hidrelétrica de pequeno porte, cuja capacidade instalada fica entre 1 e 30 MW, é chamada de Pequena Central Hidrelétrica ou PCH. Abaixo de 1 MW, as usinas são chamadas de Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH). Existem no País 320 PCHs e 227 CGHs em funcionamento, correspondendo a uma capacidade de produção de 2,5 mil MW (Aneel).

A operação pode ser como a das hidrelétricas maiores, com turbinas movidas pela queda da água, ou a fio d'água, com turbinas localizadas próximo à superfície, aproveitando a velocidade do rio. Neste caso, não há regularização da vazão do rio por meio de barragens e reservatórios. Isso significa gerar menos energia na estação seca e ter um custo maior por kW produzido, mas também significa ter custo menor de construção, causar menos impactos ambientais e contribuir para a descentralização da produção de energia.

O território brasileiro é muito extenso e o investimento em linhas de transmissão é altíssimo. Embora resolva o problema de sazonalidade na produção de energia, o Sistema Interligado Nacional (SIN) depende de uma complexa rede de linhas de transmissão, operadas por concessionárias. Para conectar todas as grandes hidrelétricas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, hoje essa rede já tem mais de 120 mil quilômetros. Uma única linha entre a hidrelétrica de Tucuruí, no Pará, e São Paulo tem 2 mil km. E quando entrarem em operação as hidrelétricas do rio Madeira, teremos outra linha com 2.400 km.

A hidrelétrica de Jirau, em construção em Porto Velho (RO), é uma das grandes usinas a adotar a tecnologia de produção de energia a fio d'água.

Assim, o fato de as PCHs contribuírem para a descentralização é relevante. E esse tipo de fonte de energia faz mais sentido na região amazônica, onde as distâncias entre as cidades são imensas e o barramento de rios – a maioria dos quais corre na planície e atravessa florestas – causaria impactos monumentais. Essa foi uma das lições aprendidas com a usina hidrelétrica de Balbina, construída no rio Uatumã, no Amazonas, e inaugurada nos anos 1980.

O reservatório de Balbina tem cerca de 30% de sua extensão com apenas um palmo de profundidade, um verdadeiro criadouro de mosquitos. A relação área alagada por produção de energia é a pior da história do Brasil. São 2.360 km² inundados para 250 MW, sendo que, com um reservatório semelhante, a usina de Tucuruí produz 8.370 MW. Como a floresta não foi retirada antes da formação do reservatório, a emissão de carbono também é recorde: três toneladas de gás carbônico e metano para cada megawatt/hora, enquanto uma termelétrica a carvão mineral emite 0,3 toneladas por MW/h, segundo calculou Alexandre Kemenes, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

Pequenas Centrais Hidrelétricas e outras tecnologias alternativas podem ser solução para a Amazônia, evitando erros como a construção de Balbina (AM).



© Agência Estado

A tecnologia usada nas PCHs, a fio d'água, depende de túneis, canais ou dutos metálicos para levar a água até a casa de força, onde ficam as turbinas. Esta alternativa de geração será usada pela primeira vez em hidrelétricas de grande porte no rio Madeira, cuja bacia se estende pelos estados de Rondônia e Amazonas. Com tal opção, as usinas de Jirau e Santo Antônio, ainda em construção, somarão 6.600 MW sem produzir os impactos ambientais da formação de reservatórios. Sem as barragens, será preservada a migração de uma espécie de peixe – a dourada – que percorre 3 mil quilômetros naquela bacia para desovar no Alto Madeira.

A dourada adulta chega a quase dois metros e sua pesca garante o sustento de comunidades de pescadores ao longo de toda a bacia e no litoral.

Versões menores de geradores de energia a fio d'água também estão em operação, servindo a demandas específicas de comunidades isoladas, de produtores rurais ou de empreendimentos turísticos localizados às margens de rios. É o caso de uma pousada de pescadores, no sul do Pará, abastecida pela energia do salto Thaimaçu, no rio São Benedito. A eletricidade produzida por um gerador é suficiente para a luz, o ar condicionado dos quartos e a refrigeração, sem o barulho e a poluição dos geradores a diesel e sem o inconveniente de transportar combustível por três horas de estrada desde o posto de abastecimento mais próximo. A energia também garante a recarga das baterias de motores de popa elétricos usados nos barcos de pesca, igualmente não poluentes e silenciosos.



EM RESUMO:

Pequenas centrais hidrelétricas a fio d'água podem ser uma opção inteligente para regiões de população dispersa, com rios sem queda d'água, como a Amazônia. As lições aprendidas com erros do passado – como a hidrelétrica de Balbina – podem ajudar a aperfeiçoar esse tipo de usina para atender a demandas específicas.



© Liana John

Uma pequena usina a fio d'água, no Salto Thaimaçu (PA) abastece de energia uma pousada turística, sem produzir impactos na paisagem ou na qualidade das águas.

Tecnologias inovadoras

A tecnologia de fio d'água assemelha-se, em seus princípios, à de aproveitamento da energia das marés ou maremotriz, gerada a partir do movimento do mar. No Brasil, conforme o estudo sobre Fontes Alternativas do Plano Nacional de Energia 2030, o potencial de geração de energia elétrica inclui o aproveitamento das marés, das ondas e das correntes marítimas. As mais promissoras são as correntes marítimas, causadas pelas variações de salinidade e temperatura da água, e as ondas, que resultam da ação de ventos na superfície do mar.

A Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) desenvolve um projeto piloto para geração de energia a partir das ondas no litoral do Ceará, no Porto de Pecém, a 60 km de Fortaleza. A usina é composta por 20 módulos, com capacidade de geração de 500 KW. A tecnologia desenvolvida na Coppe utiliza as ondas do mar para movimentar flutuadores ligados a braços mecânicos, que acionam bombas hidráulicas e injetam água em um condutor extremamente estreito. Isso faz a água ganhar enorme pressão ao ser liberada em um jato equivalente a uma queda d'água de 500 metros de altura, similar à de grandes hidrelétricas. O jato então movimenta a turbina hidráulica, ligada a um gerador, e este produz energia elétrica.

No tanque oceânico da COPPE-UFRJ são feitos ensaios da usina movida a ondas no Ceará.



© Agência O Globo



© Agência O Globo



A força das pororocas na foz de alguns rios amazônicos é uma opção de produção de energia a ser explorada.

Ainda que a perspectiva de desenvolver tecnologias para aproveitar o potencial dessa energia atualmente seja muito pequena, já conhecemos as vantagens da energia do mar, como a consistência e a previsibilidade. Sistemas bem desenvolvidos de previsão de ondas e correntes indicam, com dias de antecedência, como o mar vai se comportar, permitindo aos gestores planejar a geração e a distribuição de energia.

Não é de se desprezar a possibilidade de desenvolver tecnologias nacionais de utilização da energia das marés no litoral norte do Brasil, onde o ritmo de vida é altamente influenciado pelo poderoso encontro dos rios amazônicos com o Oceano Atlântico. Talvez surjam – quem sabe? – algumas opções de geradores especiais para aproveitar a energia das pororocas ou do movimento muito particular entre as águas salgadas e doces, em localidades como as Reentrâncias Maranhenses ou a Ilha de Marajó.

Além da geração de energia elétrica, propriamente dita, há um vasto campo a ser pesquisado na produção de energia térmica, como é o caso dos aquecedores solares, que ajudam a economizar a eletricidade gasta nos chuveiros e torneiras elétricos. Segundo alguns estudos sobre consumo residencial de energia, o chuveiro elétrico chega a representar 24% do consumo de uma casa, sobretudo nas regiões com inverno mais frio.

Não é só isso. Segundo o relatório Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo (2007), existem no Brasil dois picos de demanda provocados pelo uso do chuveiro elétrico. Um entre 5 e 9 horas da manhã e outro, maior, iniciando às 17 horas e terminando às 22 horas. Esse horário de pico de demanda do chuveiro elétrico coincide com o pico de demanda de todo o sistema elétrico, quando, além dos chuveiros, estão em uso a iluminação residencial e pública, as televisões e os sistemas de ar condicionado, entre outros eletrodomésticos. Substituir o chuveiro elétrico por aquecedores solares, portanto, é economizar eletricidade e aliviar a sobrecarga do sistema elétrico no horário de pico.



© Liana John

O uso de aquecedores solares no aquecimento doméstico de água ajuda a reduzir a demanda brasileira por energia elétrica.

O funcionamento dos aquecedores solares é simples. Em sistemas convencionais, a água fria é bombeada para coletores solares, localizados no telhado da residência. O sol aquece a água dos coletores, que fica menos densa do que a água da caixa e desce, enquanto a água fria sobe, “empurrando” a água quente para o reservatório de armazenagem. Esses sistemas são chamados de circulação natural ou termossifão. Quando a água quente é utilizada ou esfria, o sistema entra novamente em ação, gerando a circulação da água fria pelos coletores e aquecendo-a outra vez.

O mesmo sistema de termossifão poderia fazer da água quente um bom meio de substituir outros equipamentos elétricos, como os aquecedores portáteis para ambientes ou as lâmpadas usadas em granjas e outros criadouros. Encontrar novos usos para aquecedores solares é uma boa maneira de aproveitar as características do inverno brasileiro, com muitos dias de sol entre as noites frias. E há muito por fazer também no desenvolvimento de equipamentos hidráulicos para gerar energia mecânica, como faziam as velhas rodas d’água, desde que o princípio seja melhorado, com novas tecnologias para mover os mais diversos motores, urbanos e rurais.



EM RESUMO:

Um projeto piloto da Coppe/UFRJ testa o aproveitamento da energia das marés e talvez inspire pesquisas nas regiões regidas pelo encontro dos rios amazônicos com o Oceano Atlântico, no litoral norte do País. Novas tecnologias também podem surgir com base no sistema de aquecimento solar da água, que já ajuda a reduzir o consumo de energia usada nos chuveiros elétricos.



A dynamic splash of water, appearing as a series of overlapping, translucent green and white shapes, moves diagonally from the bottom left towards the center of the frame. The background is a dark, textured green.

CONCLUSÃO

Qualidade para
todos e para tudo

As muitas maneiras de cuidar da água, apresentadas neste Caderno, ilustram apenas alguns de nossos deveres como usuários responsáveis. A preocupação com a gestão racional e sustentável dos recursos hídricos; a atenção para com a saúde vinculada à boa qualidade da água; as alternativas de tratamento para abastecimento; as opções de saneamento; o reúso; a dessalinização e a produção de energia são todos temas de uma mesma pauta prática, que pode ser traduzida como nosso compromisso de devolver a água em boas condições após o uso.

O compromisso é com outros usuários da mesma bacia. Procura garantir a eterna reciclagem da água e, por meio dessa reciclagem, o acesso de todos à água de qualidade, em quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas. Um compromisso de cidadania, uma questão de justiça social e uma resposta ao chamado da Organização das Nações Unidas neste ano de 2013, o Ano Internacional da Cooperação pela Água.

Mas cuidar da água não se restringe a isso, a relações utilitaristas, ainda que bem intencionadas e louváveis. Existem dimensões menos funcionais de nossa relação com a água, igualmente importantes e dignas de menção.

Devemos cuidar da água como cuidamos da vida. E à palavra vida, neste caso, devemos atribuir seus múltiplos significados, sempre no sentido mais amplo. A minha vida, a nossa vida, a vida das pessoas de nossa comunidade, a vida de todos em torno dos recursos hídricos (incluindo plantas e animais), a vida cultural, a vida espiritual, a vida sentimental.

Contemplar a água cristalina de uma bica ou admirar a força de violentas cataratas não é só um breve intervalo antes de matar a sede ou de projetar uma hidrelétrica para aproveitar toda aquela energia. Não, é bem mais: é uma maneira de recarregar as “baterias” interiores, ter um momento de poesia, um descanso para o olhar, uma pausa para “refrescar as ideias”.

Por isso – e não por acaso – existem dezenas de expressões que associam a água a sentimentos, a saberes populares, a manifestações de religiosidade, a espelhos capazes de refletir segredos íntimos ou a símbolos de poder, sofrimento, alegria e magia. Existem em nossa cultura “poços de sabedoria”, “rios de lágrimas”, “mar de sangue”, “efeito cascata”, “cargas d’água” e até “sombra e água fresca”.

Há também muitos ensinamentos transmitidos por meio de analogias com a água. Como a frase da missionária Madre Teresa de Calcutá sobre a contribuição de cada um para o todo: “Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”. Ou o

comentário do escritor João Guimarães Rosa sobre nossa percepção: “A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”. Ou, ainda, o consolo do provérbio chinês: “Jamais se desespere em meio às sombrias aflições de sua vida, pois das nuvens mais negras cai água límpida e fecunda”.

Assim, vale tomar fôlego e fazer uma reflexão sobre a maneira como cuidamos de nossas águas interiores, mesmo quando a proposta é se dedicar a um projeto científico, com objetividade e criatividade. O diferencial de uma boa ideia pode ser a ousadia de “beber desse conhecimento” e depois encontrar um meio de “lavar a alma”!

Afinal, como dizia o mestre dos inventores, Leonardo da Vinci: “Do mesmo modo que o metal enferruja com a ociosidade e a água parada perde sua pureza, assim a inércia esgota a energia da mente”.

A chuva garante a vida na Mata Atlântica, de onde saem as águas que abastecem milhões de brasileiros, nas cidades costeiras.



© Liana John



The background of the slide is a photograph of an agricultural field with rows of green plants. Several vertical irrigation pipes are visible, with one in the foreground and others receding into the distance. Each pipe has a horizontal arm extending from it, from which a fine mist of water is being sprayed, creating a series of overlapping arcs. The scene is slightly hazy, suggesting a misty or overcast day. Overlaid on the right side of the image is a large, solid blue teardrop-shaped graphic. Inside this graphic, the word "BIBLIOGRAFIA" is written in a bold, white, sans-serif font.

BIBLIOGRAFIA

LIVROS E PERIÓDICOS

Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água – Panorama Nacional – Volume 1. Brasília. Agência Nacional de Águas (ANA). 2010.

Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 2ª Edição. 2005.

Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 3ª Edição. 2008.

Atlas of Health and Climate. Genebra, Suíça. World Health Organization (WHO). 2012.

Balanço Energético Nacional 2012 (Ano Base 2011) – Resultados Preliminares. Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – 2012

BUROS, O. K. *The ABCs of Desalting.* Massachusetts, EUA. International Desalination Association (IDA). 1990.

Caminho das Águas. Rio de Janeiro. Fundação Roberto Marinho – Agência Nacional de Águas (ANA). 2006

CARSON, Rachel. *Primavera Silenciosa,* Gaia Editora. 2010.

Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2010. Brasília. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades. 2012.

DUARTE, Denise Helena Silva. *Crédito de Carbono.* Universidade de São Paulo (USP). 2007 (disponível em http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2007/Creditos_de_Carbono.pdf acessado em 4/2/2013)

Multicurso Água Boa – Gestão de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro. Fundação Roberto Marinho – Itaipu Binacional. 2010.

Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA). Brasília. Ministério da Educação – Ministério do Meio Ambiente. 3ª Edição. 2005.

REBOUÇAS, Aldo; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (organizadores). *Águas Doces do Brasil*. São Paulo. Editora Escrituras. 2006.

SALATI, Enéas & RODRIGUES, N.S. *De poluente a nutriente, a descoberta do aguapé*. Revista Brasileira da Tecnologia, 13 (3): 37-42, 1982.

SALATI, Enéas; SALATI, Enéas Junior e SALATI, Eneida. 2009. *Utilização de sistemas de Wetlands construídas para tratamento de águas*. Pacto das Águas. (disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp/pactodasaguas/files/2011/07/sistema-wetlands.pdf> acessado em 11/02/2013)

TABOSA, Érico Oliveira. *Tratamento e reuso de água de lavagem de veículos*. XIX Prêmio Jovem Cientista. 2003. (disponível em http://www.ufrgs.br/ltn/attachments/115_Erico.pdf acessado em 5/2/2013)

TEIXEIRA, T. P.; NEVES, L. M.; ARAUJO, F. G.. *Efeitos do impacto do sistema de resfriamento da usina nuclear de Angra dos Reis na comunidade de peixes dos costões rochosos*. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil. São Lourenço, MG. 2009. (disponível em http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_ixceb/248.pdf acessado em 09/02/2013)

SITES DE CONSULTA E REFERÊNCIAS ON-LINE

Agência Nacional de Águas (ANA): www.ana.gov.br

Ano Internacional de Cooperação pela Água – Unesco/Brasil: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/2013-international-year-of-water-cooperation>

Alfamec – Soluções Ambientais: <http://www.alfamec.com.br/ambientais-agua/index.asp> acessado em 5/2/2013

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/01-Introducao\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/01-Introducao(3).pdf) acessado em 12/2/2013

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp> acessado em 11/2/2013

http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap1.pdf acessado em 12/2/2013

Centro Internacional de Referência de Reúso da Água (CIRRA):

www.usp.br/cirra

Declaração Universal dos Direitos da Água – Biblioteca Virtual da USP:

<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.html>

Declaração Universal dos Direitos do Homem – ONU/BR:

<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-os-direitos-humanos/>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): www.ibge.gov.br

Metas do Milênio – ONU/BR

<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-desenvolvimento/>

Organização Mundial de Saúde (OMS) – Brasil:

<http://new.paho.org/bra>

Plano Nacional de Energia 2030 – Ministério de Minas e Energia

http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_10.pdf

Política Nacional de Recursos Hídricos – Presidência da República:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm

Portal O Setor Elétrico:

<http://www.osetoelettrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/570-custos-associados-a-substituicao-de-chuveiros-eletricos-por-aquecedores-solares.html> acessado em 12/2/2013

Portal PCH:

<http://www.portalpch.com.br/index.php/o-que-e-uma-pch> acessado em 11/2/2013

Programa Água Doce – Ministério do Meio Ambiente:

<http://www.mma.gov.br/agua/agua-doce>

Sempre Sustentável:

<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/reusodeagua/reuso-de-agua-do-banho.htm> acessado em 6/2/2013





GLOSSÁRIO

AERÓBICO Processo realizado por bactérias na presença de oxigênio.

AGENTES PATOGÊNICOS Organismos capazes de se multiplicar e causar doenças infecciosas. Podem ser bactérias, vírus, fungos, helmintos ou protozoários.

ÁGUAS CINZAS São geradas pelas atividades domésticas, que não contêm dejetos humanos, tais como as de lavagem de roupas, mãos, louças e banho (exceto água residual de vasos sanitários, que são chamadas de águas negras). Podem ser recicladas no local e destinadas a usos secundários, como resfriamento de ambientes, irrigação de jardins e abastecimento das zonas úmidas construídas.

ÁGUAS NEGRAS São provenientes dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico. Devem ser segregadas das demais e encaminhadas a estações de tratamento menores, operando de forma mais estável e produzindo menos subprodutos. O lodo resultante do tratamento pode ser aproveitado na agricultura, e o biogás pode ser fonte de energia.

ÁGUAS PLUVIAIS Águas de chuva. Popularmente, usa-se esse termo para designar o sistema de coleta de águas de chuva das cidades, constituído de bocas de lobo, bueiros e canais de escoamento.

ÁGUAS RESIDUÁRIAS Águas de reúso obtidas após o tratamento de esgotos ou efluentes industriais.

ANAERÓBICO Processo realizado por bactérias na ausência de oxigênio.

AQUÍFERO Formação ou grupo de formações geológicas que podem armazenar águas subterrâneas. Podem ser rochas porosas e permeáveis, capazes de reter e liberar água, ou rochas com fissuras e falhas onde a água se acumula. Os aquíferos abastecem rios e poços artesianos e podem alcançar grandes profundidades (acima de um quilômetro).

ASSOREAMENTO Acúmulo de sedimentos no leito de um rio, lago, lagoa ou represa. Os sedimentos são trazidos pelas chuvas e o processo pode se intensificar quando o declive é acentuado; há uso inadequado do solo e/ou foi retirada a vegetação ciliar das margens dos corpos d'água.

BACIA HIDROGRÁFICA É a unidade territorial de planejamento e gerenciamento das águas. É o conjunto de terras delimitadas pelos divisores de água e drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. Considera a hierarquia natural dos rios por ordem de menor volume (nascentes e córregos) para maior volume (rios), escoando dos pontos mais altos para os mais baixos.

BIOACUMULAÇÃO Processo de acumulação, no organismo, de compostos ou elementos químicos que não são metabolizados (ou seja, não são digeridos ou processados pelos órgãos do nosso corpo). Os compostos ou elementos químicos podem ser ingeridos com a água e com os alimentos ou absorvidos pela pele e mucosas.

BIODIGESTOR Equipamento usado para a fermentação de matéria orgânica e produção de biogás. Geralmente é composto de um tambor para fermentação, também chamado de reator de bactérias; canos de alimentação e retirada de efluentes e canos com válvulas para retirada do biogás.

BIOGÁS Gás obtido pela fermentação de material orgânico na ausência de oxigênio.

BIOMAGNIFICAÇÃO Acúmulo de um composto ou elemento tóxico no organismo de animais ao longo da cadeia alimentar, sendo que os predadores do topo da cadeia recebem as doses mais altas.

BIOMASSA Massa vegetal usada como fonte de energia. Por exemplo: bagaço de cana, madeira, serragem, cascas de arroz.

CAIXA SIFONADA Caixa de coleta ou passagem de água dotada de sifão, que é um tubo em forma de S usado para passar líquidos de um recipiente para outro, sem necessidade de inclinar.

CHORUME Gerado pela passagem da água através dos resíduos sólidos em processo de decomposição. Possui elevada carga de poluentes orgânicos e inorgânicos e, ao entrar em contato com o solo, pode modificar, de forma intensa, suas características físicas, químicas e biológicas, bem como as das águas subterrâneas.

CIANOBACTÉRIAS Microrganismos com a mesma estrutura celular das bactérias, porém capazes de realizar fotossíntese, como as algas. Multiplicam-se em águas saturadas por nutrientes, assumindo uma coloração azulada (de onde vem o “ciano” do nome) e liberando toxinas que podem ser fatais.

CISTERNAS Reservatório para coleta de águas pluviais, usadas para beber ou para irrigação.

COGERAÇÃO Processo de produção combinada de calor e eletricidade. No Brasil, o tipo de cogeração mais comum é o das usinas de cana-de-açúcar, que aproveitam o calor das caldeiras de beneficiamento da cana para gerar vapor e, com o vapor, eletricidade.

DESMINERALIZAÇÃO Perda de sais minerais do organismo ou retirada de sais minerais da água.

DESSALINIZAÇÃO Conversão de água salgada (do mar) ou salobra em água potável.

DESSEDENTAÇÃO Eliminação da sede.

DISRUPTORES ENDÓCRINOS Substâncias químicas que agem como hormônios quando ingeridas, causando problemas no sistema endócrino (que regula crescimento, reprodução e metabolismo).

DRENAGEM Escoamento de águas por gravidade, de terrenos mais altos para os mais baixos. No caso da drenagem artificial, as águas escoam por drenos, canos, valas ou fossos com o objetivo de secar solos encharcados.

DUREZA (da água) Propriedade da água relacionada à concentração de cálcio e magnésio. Eventualmente, são também medidas as concentrações de zinco, estrôncio, ferro ou alumínio.

ECOSSISTEMA Sistema que inclui os seres vivos, o ambiente e suas inter-relações.

EMBASAMENTO CRISTALINO Formação rochosa muito antiga, composta principalmente por gnaisse. Tem fissuras e fendas onde a água é estocada, mas permanece em contato com a superfície, estando sujeita à evaporação e, por isso, à salinização.

EMISSÁRIO SUBMARINO Tubulação de grande extensão, utilizada para o lançamento de esgotos domésticos ou industriais no mar, longe das praias.

ENERGIA CINÉTICA Energia gerada pelo movimento.

ENXURRADA Grande volume de águas de chuvas que correm das áreas mais altas para as mais baixas, aumentando rapidamente a vazão de riachos e rios.

ESCASSEZ (de água) Quantidade insuficiente de água para atender às demandas e usos de uma determinada região. Pode ser causada por problemas de gestão dos recursos hídricos, por poluição, contaminação ou excesso de consumo das águas ou pela degradação do ambiente ao redor de corpos d'água. Não é o mesmo que seca ou estiagem.

ESCOAMENTO Movimento lento de líquidos. No caso das águas de chuva, pode ser pela superfície ou através do solo, por tubulações do sistema de águas pluviais ou pelo ralo da pia.

ESTALACTITES E ESTALAGMITES Formações características de cavernas, resultantes do gotejar da água através de rochas calcárias. As formações que pendem do teto são estalactites e as que se levantam do chão formam estalagmites. Quando estalactites e estalagmites se encontram, formam uma coluna.

ESTIAGEM OU SECA Período prolongado sem precipitações (chuvas). É um fenômeno climático. Não é o mesmo que escassez de água.

EUTROFIZAÇÃO Crescimento e proliferação de plantas aquáticas, devido a altas concentrações de nutrientes (sobretudo fósforo e nitrogênio) em corpos d'água (geralmente calmos ou parados).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO Perda de água de uma comunidade ou ecossistema para a atmosfera, causada pela evaporação a partir do solo, somada à transpiração das plantas.

FOSSA SÉPTICA Sistema de canalização dos dejetos humanos, direto do vaso sanitário para recipientes de fermentação, nos quais a matéria orgânica é transformada em adubo por bactérias, pelo processo de biodigestão. O recipiente pode ser apenas cavado na terra.

FRAGMENTOS FLORESTAIS (ou remanescentes florestais) – Áreas de florestas que permaneceram em pé em meio a desmatamentos. Os fragmentos podem variar muito de tamanho, assim como podem variar muito as razões pelas quais foram preservados.

GASES DE EFEITO ESTUFA São gases que absorvem raios infravermelhos (calor) do Sol, refletidos pela superfície terrestre, impedindo que esses raios saiam da atmosfera. Têm esse nome porque criam um efeito semelhante ao vidro das estufas de plantas. O efeito estufa é um fenômeno natural, essencial para a vida na Terra. Sem ele, a atmosfera seria 33°C mais fria. O problema é o aumento da concentração desses gases na atmosfera e o consequente aumento de seu efeito, aquecendo demais a atmosfera. Os principais gases estufa são o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

HOSPEDEIRO Organismo (vegetal ou animal) que carrega outro dentro de si ou sobre si. Nem sempre o organismo “hospedado” é um parasita ou causa doenças. É diferente de vetor.

IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO Perda da capacidade de absorção de água pelos solos. A impermeabilização pode ocorrer devido à compactação da terra ou a diversos tipos de pavimentação.

INFILTRAÇÃO – Penetração da água por poros ou filtros.

ÍONS – Átomo ou grupo atômico que perdeu ou ganhou elétrons. A indicação de quantos elétrons foram perdidos ou ganhos é dada pelos sinais + ou – seguido do número de elétrons. Exemplo: em Ca^{2+} o íon de cálcio ganhou dois elétrons.

JUSANTE – Sentido da correnteza de um córrego ou rio, da nascente para a foz. Uma cidade à jusante de uma barragem fica rio abaixo. É o oposto de montante, que fica rio acima.

LENÇOL FREÁTICO – Superfície da água subterrânea que abastece rios e poços. Abaixo do lençol freático fica o aquífero.

MONTANTE – Sentido inverso ao da correnteza de um córrego ou rio, da foz para a nascente. Uma cidade à montante de uma barragem fica rio acima. É o oposto de jusante, que fica rio abaixo.

OSMOSE REVERSA (ou inversa) – Inversão do sentido natural da osmose por pressão para fins de dessalinização da água. Osmose é a passagem de um líquido por uma membrana sem gasto de energia, devido apenas a diferenças na concentração de sais (ou outros elementos) dissolvidos na água. Normalmente a água mais pura passa para o lado da solução mais concentrada, mas na osmose inversa a pressão obriga a água salgada a passar pela membrana, retraindo os sais.

PERMACULTURA – É a aplicação criativa dos princípios básicos da natureza para integrar plantas, animais, construções e pessoas em um ambiente produtivo, com estética e harmonia.

RECURSOS HÍDRICOS – São as águas superficiais e subterrâneas de uma bacia hidrográfica ou região.

RESSACA – Movimento anormal das ondas do mar sobre si mesmas, provocado por mudanças rápidas de tempo (clima).

RIO+10 – Conferência das Nações Unidas realizada 10 anos após o principal evento ambiental global, realizado em 1992, no Rio de Janeiro, e conhecido como Rio92. A Rio+10 foi em Joanesburgo, África do Sul, em 2002.

RIO+20 – Conferência das Nações Unidas realizada 20 anos após a Rio92. A Rio+20 também ocorreu no Rio de Janeiro, em 2012.

SENSORIAMENTO REMOTO – Conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de dados e a observação de fenômenos na superfície terrestre a partir de sensores instalados em aeronaves, ônibus espaciais, estações orbitais ou satélites.

SISTEMA ENDÓCRINO – Conjunto de glândulas que produzem hormônios, cuja função é regular (induzir ou inibir) o crescimento, a reprodução e o metabolismo. Os hormônios são transportados pelo sangue e, em geral, trabalham devagar e agem por muito tempo.

SUSTENTABILIDADE – Para Ignacy Sachs (SACHS, 2009), a sustentabilidade tem várias dimensões. Na dimensão social, significa maior equidade na distribuição de renda e bens. Na cultural, implica em mudança que traduza o conceito de ecodesenvolvimento. Na ecológica, é o uso potencial de recursos dos diversos ecossistemas, com o mínimo de danos ao meio ambiente, e limitação do uso de recursos não renováveis. Na dimensão ambiental, é respeitar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais. Na espacial ou territorial, é buscar uma configuração rural-urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e das atividades econômicas. Na econômica, implica no gerenciamento dos recursos e no fluxo constante de investimentos públicos e privados, na garantia da segurança alimentar. Na política nacional e internacional, é garantir democracia, com projeto nacional e com coesão social; eficácia na prevenção de guerras; controle institucional do Princípio da Precaução; sistema de cooperação científica e tecnológica, com eliminação de seu caráter de *commodity*.

TRIBUTÁRIO – Afluente ou curso d'água de menor vazão que desagua num rio de maior vazão.

TURBIDEZ – Característica da água com sólidos em suspensão: quanto maior a turbidez, mais opaca (menos transparente) a água.

VAZÃO – É o volume de água que passa pela seção de um rio ou canal durante uma unidade de tempo (dado em litros por segundo, l/s; em metros cúbicos por segundo, m³/s; ou em metros cúbicos por hora, m³/h).

VEGETAÇÃO RIPÁRIA – Vegetação natural das margens de corpos d'água. Inclui de gramíneas baixas a matas ciliares.

VETOR – Agente disseminador de doença infectocontagiosa. É diferente de hospedeiro.

FICHA TÉCNICA

Coordenação

Andrea Margit

Redação e edição

Liana John

Consultoria especializada

Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Núcleo de Tecnologia da Engenharia Civil

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Revisão ortográfica

Gisele Giornes

Projeto gráfico e pesquisa iconográfica

Um Triz Comunicação Visual | Renata Figueiredo

Pesquisa iconográfica

Noelly Castro

Ilustrações

Renato Carvalho Abreu

P935

Prêmio Jovem Cientista (27 : Brasília : 2013)

Água : desafios da sociedade {kit pedagógico} /
XXVII Prêmio Jovem Cientista. – Rio de Janeiro : Fundação
Roberto Marinho, 2013.
184 p. : il. color ; 23 x 28cm.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7484-560 -9

1. Água – Uso sustentável – Prêmios. 2. Pesquisa –
Brasil – Prêmios. Recursos hídricos – Desenvolvimento –
Brasil – Prêmios. I. Título. II. Título: Vigésimo Sétimo
Prêmio Jovem Cientista.

CDD- 553.7

Este Caderno integra o kit pedagógico do XXVII Prêmio Jovem Cientista,
cujo tema é **Água: Desafios da Sociedade**, desenvolvido em parceria pelo
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq),
Fundação Roberto Marinho, Gerdau e GE.

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Rua Santa Alexandrina, 336 | 20261-232 | Rio de Janeiro RJ

www.jovemcientista.cnpq.br | email: jovemcientista@frm.org.br