



DOCUMENTO DE POSICIONAMENTO

DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS, QUALIDADE E GOVERNANÇA DA ÁGUA

Análises estratégicas e perspectivas para o Brasil



DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS, QUALIDADE E GOVERNANÇA DA ÁGUA

Análises estratégicas e perspectivas para o Brasil

DOCUMENTO DE POSICIONAMENTO



Disponibilidade de recursos hídricos, qualidade e governança da água: análises estratégicas e perspectivas para o Brasil

Autor

José Galizia Tundisi

Instituto Internacional de Ecologia

Comentaristas:

Asher Kiperstok

Darcy Brega

Glauco Kimura

Helton R.O. Silva e Silvia H. Bonilla

Juliana Cibim

Marussia Whately

Malu Ribeiro

Governança e supervisão:

João S. Furtado e João F. O. Lobato

Coordenação:

Maria Augusta Pires Pinto

Edição e revisão:

Equipe Think&doTank Sustentabilidade e Vanessa Callau

Design, layout e diagramação:

Silvia Marchetti

O **Documento de Posicionamento** completo e o **Sumário Executivo** estão disponíveis para download no site do Think&doTank Sustentabilidade: www.tdtsustentabilidade.org

Os conteúdos desta publicação não refletem, necessariamente, as opiniões ou políticas do Instituto Jatobás ou organizações ou indivíduos que contribuíram.

Esta publicação pode ser reproduzida no todo ou em parte, ou em qualquer forma de serviços educacionais ou serviços não proprietários, sem a permissão especial do titular dos direitos autorais, porém com citação da fonte.

O Instituto Jatobás gostaria de receber uma cópia de qualquer publicação que utilize esta como fonte.

São Paulo, 29 de junho de 2015.



Acesse através do seu celular o site do Think&doTank Sustentabilidade (www.tdtsustentabilidade.org), iniciativa do Instituto Jatobás.



JOSÉ GALIZIA TUNDISI

DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS, QUALIDADE E GOVERNANÇA DA ÁGUA

Análises estratégicas e perspectivas para o Brasil



INSTITUTO JATOBÁS

@ <http://www.institutojatobas.org.br/>

✉ institutojatobas@institutojatobas.org.br

THINK&DOTANK SUSTENTABILIDADE

@ <http://www.tdtsustentabilidade.org/>

✉ tdtsustentabilidade@institutojatobas.org.br

f www.facebook.com/thinktankjatobas

📍 Rua Salto, 70, Térreo

Ibirapuera

04001-130 São Paulo, SP

APRESENTAÇÃO

O Instituto Jatobás – que tem como propósito a difusão de conhecimento em desenvolvimento sustentável e a incorporação desses conceitos nas práticas pessoais, organizacionais e comunitárias – encomendou ao Prof. Dr. José Galizia Tundisi (renomado cientista brasileiro ligado à questão da água, membro da Academia Brasileira de Ciências e fundador do Instituto Internacional de Ecologia) estudo que mostrasse, de maneira ampla e abrangente, as principais causas e consequências da crise de escassez, ocorrida no período de 2013–2014, e possíveis caminhos para solucionar tal problema. Com esse propósito, Tundisi escreveu o posicionamento, que trata da qualidade e disponibilidade da água, seus usos múltiplos e sua governança.

O *documento de posicionamento*, então produzido, foi comentado por pessoas com experiência no tema, para ser divulgado e estimular a manifestação dos interessados; contribuir para reflexões a respeito de *temas e questões conflitantes* e provocar debates, atitudes e iniciativas de mais pessoas e organizações que possam sugerir meios e caminhos para prevenir ou, pelo menos, remediar condições danosas futuras. Especialmente de pessoas e organizações com responsabilidade política, jurídica, administrativa, econômica, social, ambiental. Chama-se a atenção para o papel dos membros da academia e institutos de pesquisa e desenvolvimento que têm o livre arbítrio para decidir o que estudar, pesquisar, no modelo prevalente de liberdade de pensar e fazer ciência e tecnologia.

O *Think&doTank Sustentabilidade*, iniciativa do Instituto Jatobás, é um Celeiro de Conhecimento dedicado à geração e disseminação de conhecimento, e à construção de relacionamentos, para o desenvolvimento sustentável de pessoas e organizações. Foi concebido para funcionar como plataforma multilateral, formada por coalizão de múltiplas partes interessadas e motivado pela cocriação e inteligência coletiva.

Tem como proposta pensar além do presente ou estágio de determinado conhecimento e atuar de modo independente e apartidário.

O **resumo executivo** do posicionamento e o **documento completo** estão disponíveis no portal do *Think&doTank Sustentabilidade* (www.tdtsustentabilidade.org).



BETTY FEFFER

Presidente do Instituto Jatobás



LUIZ ALEXANDRE MUCERINO

Vice-presidente do Instituto Jatobás

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	VII
I. INTRODUÇÃO	1
2. O PANORAMA MUNDIAL	2
2.1 Usos múltiplos, demandas, disponibilidades	2
3. O PANORAMA NO BRASIL	5
3.1. Disponibilidades hídricas, demandas e usos múltiplos	5
3.2 Principais regiões hidrográficas	7
Análise	9
4. AMEAÇAS AOS RECURSOS HÍDRICOS	11
4.1 Ameaças e impactos	11
4.2 Mudanças climáticas globais	12
Análise	13
5. A DETERIORAÇÃO MUNDIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA	14
5.1 Histórico e situação atual	14
Análise	17
5.2 Impactos da deterioração da qualidade da água no Brasil	20
Análise	21
5.3 Impactos econômicos	20
Análise	21

6. QUALIDADE DA ÁGUA E SAÚDE HUMANA	22
7. NOVAS TECNOLOGIAS E ABORDAGENS PARA A CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA	23
7.1 Introdução ao problema	23
Análise	23
7.2 Serviços dos ecossistemas	24
Análise	25
7.3 Eco-hidrologia	26
7.4 Água como insumo estratégico para o desenvolvimento	28
Análise	28
7.5 Reflorestamento por mais quantidade e qualidade da água	29
Análise	29
7.6 Pagamento por serviços ambientais	30
Análise	31
7.7 O valor econômico da água	31
Análise	33
7.8 Reúso da água	34
7.9 Gerenciamento integrado e preditivo, em nível de bacia hidrográfica e gerenciamento de demanda	35
Análise	35
8. A GOVERNANÇA DA ÁGUA	36
Análise	37
8.1 A bacia hidrográfica como unidade de gestão	37
Análise	39
8.2 A evolução da legislação no Brasil	40
Análise	40
8.3 Qualidade da água, quantidade e governança	41
Análise	42
8.4 Mobilização da comunidade	43
Análise	43
8.5 A governança ideal	44
Análise	46

9. CONCLUSÕES	46
Análise 9.1	46
Análise 9.2	47
Análise 9.3	48
Análise 9.4	49
Análise 9.5	50
10. SÍNTESE: PASSOS, MEIOS E INSTRUMENTOS PARA TRATAR A QUESTÃO GLOBAL - LOCAL	51
11. DISCUSSÃO	53
12. BIBLIOGRAFIA	61
13. ANEXOS	67
14. GLOSSÁRIO	70
15. ACRÔNIMOS	76
16. PÚBLICO ALVO DESTE DOCUMENTO	79
17. COMENTÁRIOS E COMENTARISTAS CONVIDADOS	80



SUMÁRIO EXECUTIVO

A crise da água que abrangeu vários estados do Brasil caracterizou-se por notável esgotamento dos reservatórios de abastecimento, nos anos de 2013 a 2014, e não mostrou sinais de recuperação nos primeiros meses de 2015.

A água é um recurso capaz de se renovar, formando, permanentemente, reservas fundamentais para manutenção da vida no planeta. A produção e disponibilidade de recursos hídricos, com qualidade e em quantidades adequadas, são essenciais para os ecossistemas e para toda a biodiversidade, assim como para o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida dos seres humanos.

O texto aborda análises estratégicas, perspectivas, soluções estruturais e não estruturais, referentes aos recursos hídricos no Brasil; a disponibilidade total mundial de água; as ameaças, o aumento da vulnerabilidade humana relativa à disponibilidade hídrica, à qualidade das águas e os impactos para saúde e o crescimento populacional.

A intensidade dos usos múltiplos, as causas e o grau de contaminação, são relacionados aos impactos econômicos decorrentes da escassez hídrica. Adicionalmente, são tratadas as novas metodologias, tecnologias e processos disponíveis para a gestão dos recursos hídricos, o pagamento por serviços ecossistêmicos, a eco-hidrologia, reúso de água e o reflorestamento, primordiais para se lidar com a água como insumo estratégico. Destaca-se a evolução do processo de gestão para a conceituação ecológico-evolutiva, ao invés da atual mecanística-determinística.

O gerenciamento integrado e preditivo no âmbito da bacia hidrográfica é discutido em relação aos avanços na legislação brasileira e à necessidade de governança que inclua componentes biogeofísio-gráficos, econômicos e sociais, com mobilização e participação da sociedade – temas centrais no documento. Na síntese final são apresentadas propostas com soluções possíveis, nas esferas global, regional e local.

Existem 37 milhões de km^3 de água doce no planeta, dos quais quase 70% estão em geleiras e icebergs. Cerca de 8 milhões de km^3 estão localizados em águas subterrâneas e somente 200.000 km^3 em rios e lagos superficiais. A produção anual de água doce é devida à precipitação, um volume de 110.000 km^3 por ano, de onde 70.000 km^3 são evaporados e 40.000 km^3 são transformados em água de reposição, que recarrega os aquíferos, rios e lagos. Desses 40.000 km^3 , 14.000 km^3 são retidos pelos continentes e os 26.000 km^3 restantes escoam para os oceanos.

O consumo atual de água no mundo atinge 4.500 km^3 /ano, número que, à primeira vista, indica que há disponibilidade de água suficiente para atender à demanda humana em seus diferentes tipos de uso. No entanto, os recursos hídricos não são distribuídos uniformemente pelo planeta. A abundância em algumas regiões é contrastada por escassez em outros locais. Mesmo em países com maior disponibilidade de água per capita, há impactos de má distribuição e acesso desigual ao recurso, muitas vezes causados pela intensidade e diversificação das atividades humanas locais, os chamados usos-múltiplos. Estes vão além do consumo humano direto e dessedentação de animais, e dizem respeito ao uso dos recursos hídricos para as diversas atividades humanas, como irrigação, navegação, aquicultura, hidroeletricidade, indústria, recreação e turismo, entre outros.

A análise da situação nas principais regiões hidrográficas no mundo, assim como no Brasil, tem gerado alertas para o estabelecimento de novas políticas e estratégias para a gestão dos recursos hídricos. É preciso estar atento à vasta gama de ameaças à quantidade, disponibilidade e qualidade da água, bem como aos seus impactos na saúde pública, na qualidade de vida e na economia, os quais aumentam a vulnerabilidade das populações.

As causas da vulnerabilidade humana – relacionada à disponibilidade e ao acesso à água com qualidade – são abordadas e analisadas ao longo do documento.

As mudanças climáticas globais – e os conflitos de entendimento a respeito – recebem atenção especial. O aquecimento global causa alterações na atmosfera e anomalias nos ciclos hidrológicos, os quais são capazes de

alterar a distribuição da precipitação / evaporação e dos períodos de seca. O relatório de 2007 do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) alerta para o fato de que “as mudanças climáticas deverão levar a uma intensificação do ciclo hidrológico global e poderão ter impacto significativo nos recursos hídricos regionais, afetando águas superficiais e subterrâneas, o suprimento doméstico, os usos industriais, a geração de hidroeletricidade, navegação, o funcionamento dos ecossistemas e a recreação em águas interiores”.

Os eventos climáticos extremos (precipitação/enchentes e secas) deverão ser cada vez mais agudos e frequentes. Os efeitos para a água terão consequências negativas severas para a economia e para a saúde humana, afetando países, continentes e macro regiões – um contexto que cria, portanto, instabilidade social, insegurança e vulnerabilidade. O relatório do IPCC alerta, ainda: “Os impactos das mudanças climáticas dependerão também da situação dos recursos hídricos – locais e regionais – como infraestrutura, monitoramento e a governança do sistema”.

Tais mudanças já afetam e afetarão, cada vez mais severamente, a produção, a disponibilidade e a qualidade da água. O leitor é instigado a refletir sobre tais questões e sobre as sugestões e proposições colocadas pelo autor para lidar com essa temática. Legisladores, gestores de bacias hidrográficas e de sistemas econômicos e produtivos deverão estar preparados para lidar com tais cenários.

As recomendações sugeridas no documento de posicionamento envolvem ações para gestão e redução da demanda de água (a fim de compensar os períodos de seca); proteção e ampliação de áreas de pântanos, alagados naturais, construção de áreas alagadas artificiais (para redução do efeito das enchentes); e incentivos para o reúso de água após o devido tratamento.

Os efeitos das mudanças climáticas sobre a água do planeta também geram impactos negativos para a saúde humana. As inundações e extremos hidrológicos causam aumento significativo do risco de transmissão de doenças infectocontagiosas. Além disso, o aumento da temperatura da água favorece a reprodução de insetos que transmitem doenças de veiculação hídrica. E, por fim, o aumento da temperatura da água, associado à carga maior de fósforo e nitrogênio (provenientes do solo e dos esgotos não tratados), favorece o aparecimento e crescimento de cianobactérias, as quais produzem toxinas que causam, além de viroses, diversas doenças graves.

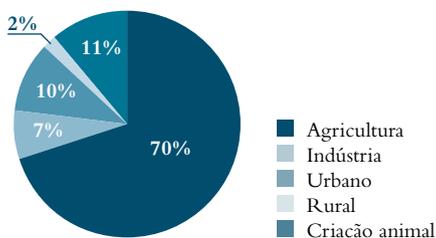
O aumento da demanda d'água pelo mundo veio acompanhado pelo aumento da contaminação das reservas existentes, decorrente de causas multivariadas e severas, como poluição do ar, contaminações por efluentes industriais e domésticos e usos intensivos do solo.

A deterioração da água diminui a disponibilidade da mesma e produz efeitos negativos na economia e na saúde pública, e por isso tem sido destacada como um dos grandes problemas a serem enfrentados no século XXI. Além das diversas doenças tradicionais de veiculação hídrica (a contaminação da água é a principal causa da mortalidade infantil no mundo, por exemplo), é de fundamental importância se considerar, também, o aumento dos POPs – Poluentes Orgânicos Persistentes –, bem como pesticidas, herbicidas, hormônios e outras substâncias dissipadas nas águas superficiais e subterrâneas. Em um período de 150 anos, a contaminação atingiu níveis elevados, inclusive com a presença de substâncias cujos efeitos sobre a saúde humana ainda são, em grande parte, desconhecidos. E, o que é pior, muitos destes componentes não são retirados pelos métodos tradicionais de tratamento de água.

Para que a água contaminada possa se tornar disponível para uso, a contaminação precisa ser contida, reduzida e/ou submetida a tratamento.

A determinação da qualidade da água é tarefa complexa e essencial, e que passa pelo monitoramento extenso, frequente e, preferencialmente, em tempo real.

O panorama no Brasil é pontuado ao longo do estudo e comparado à situação global. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA), a precipitação anual média no Brasil é de 1.765 mm, com variações no território nacional entre 500 mm/ano (no nordeste) a 3.000 mm/ano (na região amazônica). O consumo total de água é de $986,4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (metros cúbicos, por segundo, por quilômetro quadrado). A disponibilidade hídrica é maior na região Norte (acima de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ – metros cúbicos por segundo), com menores disponibilidades nas regiões Sul e Sudeste (cujas vazões variam entre $10 \text{ m}^3/\text{s}$ e $100 \text{ m}^3/\text{s}$), ficando o semiárido ($0,008 \text{ m}^3/\text{s}$) em última posição. Os usos múltiplos da água no Brasil estão distribuídos entre agricultura (70%), indústria (7%), urbano (10%), rural (2%) e criação animal (11%) (ANA, 2011).



As principais regiões hidrográficas do Brasil têm o fulcro nos principais rios e tributários do território brasileiro, formando doze regiões hidrográficas. A distribuição das vazões específicas de cada bacia não é uniforme, variando entre $0,5 \text{ L}/\text{s}/\text{km}^2$ (litro por segundo, por quilômetro quadrado) até mais que $30 \text{ L}/\text{s}/\text{km}^2$. Diante desse cenário, é curioso que a redução da demanda não tenha sido amplamente cogitada, discutida ou aprofundada no país até então, fosse por medidas administrativas ou por incentivos financeiros. Propõe-se que o modelo nacional de gestão dos recursos hídricos leve em consideração tal variabilidade hídrica.

A qualidade da água é considerada um dos problemas centrais a serem resolvidos no Brasil. E este problema tem dois aspectos importantes: o alto nível de deterioração das reservas de água disponíveis e o desconhecimento científico (falta de pesquisa, monitoramento e análise) sobre a carga orgânica e inorgânica de cada bacia, bem como de todos os impactos causados e das consequências para os ecossistemas, para a saúde humana e para o desenvolvimento econômico do país.

No Brasil, grande parte dos problemas da qualidade d'água vem da falta de saneamento básico. Somente 30% dos esgotos são tratados, impedindo o reúso e aumentando a deterioração dos recursos hídricos. Os problemas se agravam pela poluição química que adiciona metais pesados e substâncias tóxicas às águas das represas, rios e águas de abastecimento, tornando-as verdadeiras “sopas” de substâncias orgânicas e inorgânicas.

Não se atentou para o fato de que um manancial protegido por vegetação nativa produz água de excelente qualidade, e com custo de tratamento bastante baixo (R\$ 1,00 a R\$ 3,00 por 1.000m³), especialmente se comparado com o custo de tratamento da água de mananciais deteriorados (R\$ 200,00 a R\$ 300,00 por 1.000m³).

Nos países desenvolvidos, a pesquisa científica nas universidades e institutos de pesquisa foi aplicada rapidamente para solucionar os problemas da contaminação. No Brasil, ainda são adotadas apenas as técnicas tradicionais de tratamento, e há muito tempo negligenciamos a questão da qualidade da água. Quando as fontes e os mananciais de água mais próximos se deterioraram, ao invés de investirmos em pesquisa e conhecimento científico para tratar, recuperar e reutilizar a água de fontes contaminadas, adotamos o método romano – trazer água de fontes menos poluídas e, portanto, mais distantes, exigindo investimentos em energia e infraestrutura para transporte de água.

XII

A primeira recomendação, portanto, é para a conservação dos mananciais e manutenção da qualidade da água natural. A “produção” de água, com qualidade adequada, está diretamente ligada à cobertura vegetal. Por isso,

recomenda-se a elaboração e execução de um projeto de mega reflorestamento no Brasil. Em segundo lugar, o tratamento de esgotos deve ser incentivado, desenvolvido e aplicado em todo o território nacional. Sem ele, o reúso da água fica comprometido – e essa é uma técnica fundamental da gestão, especialmente em situações de estresse hídrico ou escassez.

Em relação à falta de pesquisa científica, reforça-se a necessidade de haver investimento municipal, estadual e federal para que a situação da qualidade das águas, por todo o território nacional, se torne conhecida e seja organizada de forma sistêmica. Deve-se monitorar a água que é distribuída à população para atestar sua qualidade; montar um banco de dados para as diferentes bacias hidrográficas de abastecimento e desenvolver um sistema eficiente e funcional de indicadores de qualidade, para amplo acesso.

Qualidade e quantidade de água devem ter a mesma relevância. A disponibilidade de água, de boa qualidade, regula e impulsiona a economia. É preciso, portanto, ir além do monitoramento da qualidade e conhecer as relações entre disponibilidade e qualidade de água com o desenvolvimento econômico e com a saúde pública.

Um dos primeiros passos nesse sentido é analisar e conhecer os custos de recuperação de áreas degradadas e torná-las, novamente, mananciais de águas potáveis. A análise que deve ser acompanhada por estudos sobre os impactos econômicos decorrentes dos efeitos da contaminação da água na saúde humana. Alguns exemplos são: custo de internações referentes às doenças de veiculação hídrica; horas perdidas de trabalho e horas perdidas de estudos nas escolas. Ainda, devem ser avaliados os efeitos diretos e indiretos nas economias das bacias hidrográficas, como, por exemplo, queda na produção agrícola e/ou industrial, redução no transporte hidroviário e impactos na empregabilidade e renda da população local.

Por fim, não se pode deixar de mencionar o fato de que, na maior parte do território nacional, a água não é considerada um recurso escasso. Sendo assim, é super utilizada e sofre grandes desperdícios. Há desperdícios no uso para irrigação, na distribuição urbana e no uso doméstico e industrial.

Além disso, a água não é administrada como um recurso estratégico – os investimentos no setor hídrico estão divorciados do gerenciamento de recursos hídricos.

Apesar dos diversos esforços no mundo todo, ainda há, aproximadamente, 780 milhões de pessoas sem acesso à água, e 2,5 bilhões de pessoas que também não têm acesso ao saneamento básico.

Essa é uma crise global e local cuja origem é, em parte, resultado das mudanças climáticas em curso e, em parte, fruto de modelo inadequado de gestão dos recursos hídricos. O modelo de gestão atual necessita de ampla reformulação, não somente para remediar os danos já causados, mas também para prevenir outros futuros – que tendem a ser mais graves e frequentes.

É necessário atender à demanda com quantidade suficiente (50 litros por pessoa por dia) e com qualidade adequada para preservar a saúde da população. É importante reforçar, também, que a água não pode ser suficiente apenas para atender às necessidades humanas, mas também para manter o funcionamento dos ecossistemas.

Sugere-se que o futuro da questão hídrica – distribuição, acesso, tratamento, reúso, oferta com quantidade e qualidade adequadas para todos – será resolvido pela adoção de novo modelo de governança da água. Modelo esse que demanda visão integrada, sistêmica e transversal, e que leve em consideração o bom funcionamento dos ecossistemas, a preservação da saúde, o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Nesse sentido, a recomendação é que a nova governança da água esteja amparada por dois pilares de igual peso e importância: qualidade e quantidade. E que resolva três grandes desafios: i) aumentar a acessibilidade à quantidade adequada de água, com qualidade; ii) diminuir a vulnerabilidade das populações; e iii) regular, controlar e reduzir a demanda.

Nessa nova governança, serão necessárias novas abordagens de gestão, tanto relacionadas aos aspectos tecnológicos quanto aos comportamentais.

Gestão e engenharia de tratamento da água deverão caminhar junto à preservação e recuperação de mananciais.

Essas novas abordagens são tendência mundial e começam a ganhar força no Brasil, especialmente após a recente crise hídrica. Entre estas, destacam-se:

- » a eco-hidrologia;
- » o controle da quantidade e qualidade da água em todas as etapas, desde os mananciais;
- » a implantação de sistemas de reúso, e o desenvolvimento de padrões de água para reúso (atualmente inexistentes no Brasil);
- » a determinação dos serviços dos ecossistemas;
- » o reflorestamento;
- » o pagamento por serviços ambientais;
- » a visão da água como insumo estratégico para o desenvolvimento;
- » a perspectiva sobre o valor econômico da água (dentro de uma gestão cuja meta prioritária deve ser sustentabilidade como retorno e não apenas o tradicional retorno do investimento econômico);
- » as correlações da água com economia (no presente e para projeções futuras);
- » a participação da comunidade, por meio de sistemas de comunicação que sejam eficazes e que possam decodificar as informações científicas para uso pelo público geral; e
- » o gerenciamento integrado de bacias hidrográficas.

O gerenciamento integrado de bacias hidrográficas (CHIBH) é o conceito mais avançado na gestão de recursos hídricos e deve ser a base do desenvolvimento da governança da água nos próximos 30 anos. Ele abarca os aspectos quantitativos (para aumentar a disponibilidade) e qualitativos (para gerenciar melhor a qualidade), inerentes aos desafios de gestão de recursos hídricos.

O CHIBH prioriza a conservação natural da quantidade de água para manter sua disponibilidade (proteção dos mananciais, preservação e proteção das bacias, recuperação das estruturas e funções dos ecossistemas),

antes de lançar mão de qualquer intervenção tecnológica (tratamento de esgotos e reúso).

Há elementos que são essenciais para que a mudança de paradigma trazida por essa nova governança se consolide:

- » amplo, avançado e confiável banco de dados obtidos por meio do monitoramento contínuo da qualidade, quantidade e dos usos-múltiplos da água, em cada bacia. Os indicadores do banco de dados servirão para garantir, à gestão dos recursos hídricos, alta capacidade preditiva do sistema. Ou, em outras palavras, a possibilidade de prever as futuras disponibilidades e necessidades, bem como de planejar com antecedência a gestão das demandas e usos dos recursos hídricos;
- » engajamento da comunidade – por meio de modelos de participação e comunicação em massa, que permitam uma governança participativa e compartilhada com todos da sociedade (*bottom-up*);
- » inclusão de medidas de gerenciamento da demanda, tais como aumento de eficiência no uso da água e aprofundamento dos debates sobre o preço da água;
- » diminuição da demanda da água na agricultura, por meio de maior eficiência na irrigação e estabelecimento de limites para a expansão da agricultura irrigada;
- » regulação e monitoramento dos usos do solo, para melhoria da qualidade da água;
- » reconhecimento da clara interligação entre estados químicos (carga de poluentes e nutrientes) e a qualidade e quantidade da água;
- » definição de um sistema padrão para estabelecimento de regime de vazão ecológica e enquadramento de rios, riachos e outros corpos de água, a fim de manter a sustentabilidade funcional dos ecossistemas, especialmente em negociação e outorga para exploração de água e usos múltiplos.

A legislação brasileira referente às águas – **Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433 - Lei das Águas 1997)** – é muito avançada e já está em linha com vários dos conceitos acima explicitados. A Lei das Águas tem como princípios: a água como bem público e com valor econômico; a segurança para os usos múltiplos da água; a prioridade para o abastecimento público e dessedentação de animais (em casos de escassez); a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão territorial e de gestão dos recursos hídricos; e a garantia da participação da sociedade civil, dos usuários e dos diferentes níveis do poder público no processo de gestão participativa.

A lei também regulamenta o **Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)** e estabelece as bases para uma gestão descentralizada, remete o abastecimento público e o saneamento básico à responsabilidade dos municípios e enfatiza a participação pública no processo de governança. Abre caminho, portanto, para uma gestão integrada dos recursos hídricos, a qual deve assegurar quantidade e qualidade adequadas, desenvolvimento sustentável e a utilização racional dos recursos.

O desafio das próximas décadas, em todo o planeta, é o de aperfeiçoamento desse modelo, testá-lo, atingir estágios de eficiência e, sobretudo, alcançar a sustentabilidade do sistema hídrico e ambiental.

Para se avançar nesse caminho, recomenda-se que tais práticas de gestão sejam introduzidas ao poucos, começando-se por bacias experimentais, onde se possa testar as abordagens de forma consistente, ajustá-las e demonstrar os resultados.



INTRODUÇÃO

A produção e disponibilidade de recursos hídricos de qualidade e em quantidades adequadas são fundamentais para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida no planeta, especialmente em relação ao direito da população de acesso à água. Há enormes desafios para alcançar a sustentabilidade das demandas por recursos hídricos, em nível suficiente de qualidade.

O aumento da população humana e da urbanização, e a necessidade cada vez mais premente de aumentar a produção de alimentos para abastecer bilhões de pessoas, causam pressões na produção e consumo de águas continentais superficiais e subterrâneas. Por outro lado, há permanente e persistente degradação da qualidade das águas – principal causa de mortalidade infantil em muitas regiões do planeta – deterioração causada por emissões de poluentes para o ar e solo, por efluentes industriais, esgoto doméstico e uso de fertilizantes e agrotóxicos (TUNDISI *et al.*, 2014).

É necessário, portanto, rever o atual modelo de gerenciamento, de produção e do acesso à água, a fim de verificar se as políticas públicas e as tecnologias utilizadas incluem medidas de prevenção de impactos negativos das emissões e dos usos de produtos tóxicos no agronegócio, os quais, direta e indiretamente, comprometem a produção e a qualidade da água. Este aspecto, no âmbito das demandas públicas, é de altíssima prioridade por se tratar do direito de acesso à água de boa qualidade.

Nota-se que, apesar dos esforços de organizações internacionais, regionais e locais para promover a produção e acesso à água de qualidade, ainda há, aproximadamente, 780 milhões de pessoas sem acesso a esse bem, situação que agrava-se ao fato de que 2,5 bilhões de pessoas também não têm acesso ao saneamento básico (JIMENEZ-CISNEROS, 2014).

Em adição a esses problemas, existe o fato de que a água não é considerada um recurso escasso e estratégico. Há desperdícios no uso para irrigação, na distribuição urbana e no uso doméstico e industrial; os investimentos no setor hídrico estão divorciados do gerenciamento de recursos hídricos. A água é super utilizada e com grandes desperdícios (ROSENGRANT, 1996).

É urgente, portanto, implementar ações coordenadas, integradas e sistêmicas, para concepção de novas estratégias e governança da água, não somente para remediar os danos já causados, mas para prevenir outros futuros. As análises climatológicas, realizadas por especialistas, apontam para graves consequências das mudanças climáticas já em curso e que afetarão, severamente, a produção e a disponibilidade de água e, acima de tudo, sua qualidade. Os impactos econômicos consequentes e os efeitos negativos para a saúde humana serão tão ou mais severos, e afetarão países, continentes e macro regiões.

Não se atentou para o fato de que um manancial protegido por vegetação nativa produz água de excelente qualidade, e com custo de tratamento bastante baixo (R\$ 1,00 a R\$ 3,00 por 1.000m³), especialmente se comparado com o custo de tratamento da água de mananciais deteriorados (R\$ 200,00 a R\$ 300,00 por 1.000m³).

2. O PANORAMA MUNDIAL

2.1 USOS MÚLTIPLOS, DEMANDAS, DISPONIBILIDADES

A água é um recurso renovável¹. O ciclo da água existe há milênios e renova permanentemente as reservas de água líquida, disponíveis para as atividades humanas e para a manutenção das funções dos demais organismos biológicos e dos ecossistemas.

Com o aumento e diversificação das atividades do **Homo sapiens** em todos os continentes e regiões do planeta, mais e mais a água foi utilizada para *irrigação, hidroeletricidade, navegação, pesca, aquicultura, recreação, turismo e usos industriais*. No conjunto desses usos múltiplos, surgiram pressões adicionais para a produção de águas superficiais e subterrâneas.

¹ A água é um recurso renovável no sentido planetário e em escala global. Mas o homem influencia o ciclo hidrológico e ela perde o caráter de renovabilidade na janela de tempo dos processos humanos (Helton R.O. Silva e Silvia H. Bonilla).

A Tabela I, apresentada por Shiklomanov (1999), mostra projeções das demandas para o período de 50 anos (de 2000 a 2050), resultantes do incremento da população, do grau de urbanização e das atividades econômicas. Não se pode ignorar que, além da manutenção da economia e das atividades humanas, a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas necessitam dos recursos hídricos para sua sustentação.

A tabela mostra que, em 2050, o crescimento populacional atingirá, aproximadamente, 9 bilhões de pessoas (GOODFRAY *et al.*, 2010), e deverá não só aumentar a demanda direta com maior urbanização, mas a demanda indireta, que é a água necessária para a produção de alimentos à população. A demanda total anual em km³/ano deverá passar de 579 (1900) para 5.138 (2050).

Para o Brasil, os incrementos da demanda mundial têm vários significados: haverá necessidade de mais alimento disponível e a produção agrícola brasileira pode suprir parte desta demanda. Por outro lado, o crescimento da população brasileira e o aumento ou a manutenção da taxa de urbanização atual deverá impulsionar ainda mais a demanda. A crise hídrica de 2013/2014 mostrou até onde pode ocorrer deficiência hídrica se a demanda não for reduzida. Isto implica em redução drástica da demanda doméstica, industrial e agrícola, especialmente esta última, que consome 70% da água disponível. Dessa forma, mudanças de hábito de consumo e maior uso de tecnologias disponíveis para reduzir o consumo agrícola e industrial são medidas essenciais.

Neste trabalho descreve-se a relação demanda/disponibilidade de água, propõe-se novas tecnologias, bem como medidas estruturais e não-estruturais para enfrentar o problema. Enfatiza-se a necessidade de governança eficiente, efetiva e participativa como uma das medidas não estruturais necessárias, acompanhada de mobilização permanente da sociedade, essencial para os desafios atuais e futuros.

A relação produção/disponibilidade/demanda é fundamental, porque é a sustentação da economia e dos fluxos naturais, abrangendo micro-bacias, continentes e o planeta Terra como todo. Existem 37 milhões de km³ de água doce

no planeta, dos quais 68,9% estão em geleiras e icebergs. Cerca de 8 milhões de km³ estão localizados em águas subterrâneas e somente 200.000 km³ em rios e lagos superficiais.

A produção anual de água doce é devida à precipitação de 110.000 km³ por ano, sendo que desse total, 70.000 km³ são evaporados e 40.000 km³ transformados em água de reposição por drenagem, que recarrega os aquíferos, rios e lagos. Dos 40.000 km³, 14.000 km³ são retidos pelos continentes e o restante escoar para os oceanos.

Os usos atuais no mundo atingem 4.500 km³/ano, indicando que há disponibilidade de água suficiente. Entretanto, os recursos hídricos não são distribuídos uniformemente pelo planeta, com muita abundância de água em algumas regiões e grande escassez em outras. O Canadá tem disponibilidade de 120.000 m³/per capita/ano, enquanto a disponibilidade na Jordânia é de 300 m³/per capita/ano².

A precipitação anual média no Brasil (cadastros históricos 1962 a 2007, ANA, 2011) é de 1.765 mm, variando de 500 mm/ano (no nordeste) até 3.000 mm/ano (na região amazônica). As vazões específicas no Brasil variam de menos que 0,5 litros/s/km² a mais do que 30 litros/s/km². O consumo total de água no Brasil é de 986,4 m³/s/km² (ANA, 2011).

Os países com disponibilidade menor que 1.000 m³ per capita por ano são considerados escassos de água. Abaixo desse volume, há limitações para o desenvolvimento socioeconômico, e para a qualidade de vida humana e ambiental. As projeções são de que 46 a 52 países, com população agregada de aproximadamente 3 bilhões de pessoas, poderão estar na faixa do estresse hídrico (ROSENGRANT 1996, SOMLYODY *et al.*, 2006). Os usos crescentes da água, para os continentes, em km³/ano, são mostrados na Tabela II, para o período de 50 anos (CLARKE, 1993)³.

² Inserir a fonte da informação (Juliana Cibim).

³ Seria interessante comentar a Tabela II e também demonstrar a relação da tabela com as informações sobre tratamento de esgoto e saneamento, colocadas no parágrafo seguinte (Juliana Cibim).

Deve-se considerar que, de acordo com as projeções, o consumo total de água no mundo e no Brasil vem acompanhado de um aumento da contaminação multivariada, severa e que limita o uso, caso não seja contida, reduzida ou submetida a tratamento. A carga total de esgotos produzidos pela população mundial de 9 bilhões de pessoas (2050) ou pela população brasileira de 200 milhões (2014) é altíssima, isso considerando somente a carga orgânica. Se incluirmos as contaminações industriais e agrícolas ela pode se transformar em séria ameaça à saúde humana. Portanto, o tratamento desta carga orgânica, bem como a redução de carga industrial e agrícola, tem relevante papel no mundo e no país. No Brasil, onde já existe débito devido à falta crônica de tratamento de esgotos, a situação é mais dramática (somente 30% em média, são tratados em todo o país). Sem o tratamento de esgotos, o reúso da água – que em situações de estresse hídrico ou escassez é fundamental – fica comprometido.

3. O PANORAMA NO BRASIL

3.1. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS, DEMANDAS E USOS MÚLTIPLOS

A disponibilidade hídrica no Brasil é maior que $500\text{m}^3/\text{s}$ na região Norte, com menores disponibilidades nas regiões Sul e Sudeste (entre $10\text{m}^3/\text{s}$ e $100\text{m}^3/\text{s}$), e apenas $0,008\text{m}^3/\text{s}$ no semiárido. Os usos múltiplos da água no Brasil estão distribuídos entre agricultura (70%), indústria (7%), urbano (10%), rural (2%) e criação animal (11%), (ANA, 2011). Este consumo anual está por volta de $86,4\text{m}^3/\text{s}$, como já mencionado.

Os processos que regulam a distribuição e disponibilidade da água no Brasil dependem de fatores climatológicos, descritos eficientemente por especialistas (CAVALCANTI *et al.*, 2009, MELO *et al.*, 2009). Segundo estes especialistas, a *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)* é um sistema importante que gera as precipitações nos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, e nas áreas continentais. Esta ZCIT, em anos normais, migra sazonalmente de sua posição no hemisfério Norte (normalmente 140N) para uma posição no hemisfério Sul (20S) em março-abril. Esta migração tem papel importante nas chuvas no Nordeste do Brasil. Quando migra para 50S há elevada precipitação total no Nordeste. Vários sistemas

meteorológicos em grande escala podem acentuar ou inibir o desempenho da ZCIT, uma vez que o seu mecanismo de funcionamento está associado à circulação geral da atmosfera planetária.

A variabilidade interanual da ZCIT está ligada aos deslocamentos para posições mais ao sul durante o verão e o outono no hemisfério Sul. Marengo (1995) relaciona a posição da ZCIT no Atlântico Equatorial com a ocorrência do El Niño, e mostra que ela se situa no Hemisfério Norte durante este fenômeno, favorecendo períodos de estiagem. Linhas de Instabilidade (Lis) desenvolvem-se com frequência na costa norte-nordeste da América do Sul e podem se propagar para o interior do continente causando precipitações. Essas Lis foram associadas à circulação da brisa marítima e se propagam na Amazônia com deslocamento de 12,8m/s (COHEN, 1989).

Outra característica climatológica importante para a compreensão da distribuição das precipitações no Brasil é a *Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)*. A organização espacial desta ZCAS interfere na intensidade das chuvas e na circulação atmosférica. A ZCAS apresenta variabilidades distintas. A topografia exerce papel fundamental ao influir na circulação atmosférica na América do Sul, na época de verão. A presença dos Andes, por exemplo, tem importante papel na circulação atmosférica e no escoamento do ar úmido do Altiplano para regiões mais baixas ao leste.

A ZCAS tem um papel fundamental na modulação da precipitação sobre a região mais populosa do Brasil (77 milhões de habitantes). Aproximadamente 32 milhões de habitantes ocupam os três principais centros urbanos de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, cujo abastecimento de água depende das chuvas causadas pela ZCAS. A região sudeste também apresenta inúmeras atividades agrícolas, industriais e de pecuária que dependem das precipitações. A Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira são responsáveis pelo máximo de precipitação sazonal. A intensidade das ZCAS é fundamental para a regulação dos eventos extremos (CARVALHO *et al.*, 2002) de seca e precipitação.

Durante todo o ano climatológico, as frentes frias afetam o tempo na América do Sul. Elas se deslocam do sudeste para nordeste e no inver-

no causam temperaturas baixas ($< 10^{\circ}\text{C}$), no sudeste e no Sul do Brasil. No verão, as frentes frias interagem com o ar úmido e quente tropical, provocando fortes chuvas sobre o continente; o número médio anual de frentes frias determinado por Cavalcanti & Kousky (2009) entre 1979 e 2005 foi de 45. Na média, entre uma e cinco frentes frias chegam à Amazônia (oeste) a cada ano. As frentes frias são mais numerosas entre maio e outubro de cada ano entre latitudes de 25°S e 30°S . São mais raras ao norte de 20°S durante o verão.

A principal fonte da variabilidade interanual é o fenômeno ENOS (El Niño - Oscilação Sul), oscilação oceano-atmosfera que produz alterações na temperatura da superfície do mar, na força do vento e na convecção tropical no Oceano Pacífico e com reflexos no Brasil.

Em síntese: o conjunto de funções de força climatológica da qual a disponibilidade hídrica no Brasil é sujeita, depende de circulações continentais, acopladas à circulação geral da atmosfera do planeta. As frentes frias, a Zona de Convergência Inter Tropical e as oscilações do ENOS produzem variabilidades que controlam períodos de grande precipitação e seca.

As alterações antropogênicas produzidas na atmosfera podem introduzir anomalias nesses ciclos e alteram a distribuição da precipitação/evaporação e períodos de seca. No Brasil, a extensa urbanização aumenta a evaporação e causa extremos hidrológicos, com grandes precipitações, enchentes e danos à propriedade e à saúde pública (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

3.2 PRINCIPAIS REGIÕES HIDROGRÁFICAS

As principais regiões hidrográficas do Brasil têm o fulcro nos principais rios e tributários do território brasileiro, formando doze regiões hidrográficas (ANA, 2005). Essas doze regiões são: Amazonas, Tocantins, Paraguai, Paraná, Atlântico NE Oriental, Parnaíba, São Francisco, Atlântico NE Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Uruguai e Atlântico Sul. Todas essas bacias têm características e peculiaridades próprias devido a sua rede hidrográfica, vazões, disponibilidade de água, população, grau de urbanização e intensidade de usos múltiplos. Sem desconsiderar a importância destas bacias

para o desenvolvimento sustentável do Brasil, deve-se salientar que a bacia Amazônica, a bacia do Rio São Francisco e a bacia do Rio Paraná são de extrema relevância, pela posição estratégica que ocupam no território nacional, pela sua inserção geográfica e pela sua função na economia e desenvolvimento da Amazônia, do nordeste e do sudeste do Brasil.



Como já foi apresentado, a distribuição das vazões específicas nestas bacias não é uniforme, variando de 0,5 a $> 30L/s/km^2$. Esta variabilidade nas vazões tem significado negativo até certo ponto, pois o desenvolvimento sustentável mais homogêneo do Brasil depende da disponibilidade de recursos hídricos de forma mais equilibrada. O sistema de gestão deve, portanto, ser adaptado a esta variabilidade hídrica, e o desenvolvimento regional e por bacia hidrográfica também deve ser adaptado. Isto não tem sido feito com a devida eficiência e ênfase, ou seja, o desenvolvimento econômico precisa levar em conta esta disponibilidade hídrica regional e, também, por bacia hidrográfica.

Análise

A descrição da disponibilidade hídrica no Brasil, baseada em dados com longas séries históricas, mostra uma realidade fundamental que é a grande variação deste volume de água disponível. A principal incoerência é que a redução da demanda nunca foi muito cogitada, discutida ou aprofundada, por meio de medidas administrativas ou incentivos. Esta pauta foi trazida apenas mais recentemente, devido à crise hídrica no Sudeste.

Os dados hidrológicos das sub-bacias deveriam ser disponibilizados ao público. E, nas longas séries históricas, apenas informações hidrológicas e precipitação versus vazão foram determinadas. Não foram acoplados, de forma concomitante a esses dados, medidas de qualidade da água e, portanto não há informações científicas sobre a carga orgânica e inorgânica em cada bacia. Isto consolida a concepção de que as quantidades foram muito bem determinadas, principalmente em função das projeções para futura exploração hidroelétrica, mas as qualidades não. Esta falha, segundo este autor, é antiga e persistiu até o início do século XXI no Brasil.

O desenvolvimento e a diversificação da economia regional provocam o aumento da demanda por recursos hídricos e consequente intensificação do uso de águas subterrâneas, devido à escassez hídrica e, simultaneamente, à deterioração da qualidade das águas.

Por isso, é necessário **ampliar e intensificar o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, reduzir a demanda de água no Brasil, por meio de técnicas eficazes de comunicação com a população, da promoção de incentivos e da adoção de tecnologias que estimulem o reúso, a fim de reduzir a demanda na agricultura e na indústria. O desenvolvimento de mecanismos de corresponsabilidade, entre a administração e os usuários, também é uma importante alternativa**, como foi realizado na Catalunha e na bacia do Rio Duero, na Espanha, com grande sucesso (HUERTHAS, 2011). A capacidade de acompanhamento das medidas de incentivo, da regulação dos usos, e da aplicação da legislação é um dos entraves da administração dos recursos hídricos no Brasil.

Tem sido constante a recomendação, feita por este autor e outros especialistas, para que o tratamento de esgotos seja incentivado, desenvolvido e aplicado em todo o território nacional (BRAGA, TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI & CIMINELLI, 2015, no prelo). A principal dificuldade não é técnica, nem financeira, mas burocrática, devido à complexa rede de organizações envolvidas na gestão de águas no Brasil.

Outra recomendação diz respeito ao efeito do reflorestamento na disponibilidade de água, pois a “produção” de água, com qualidade adequada, está diretamente ligada à cobertura vegetal e à execução de projetos de mega reflorestamento no Brasil⁴.

Quanto aos usos múltiplos, a recomendação principal é a **análise completa e a montagem de banco de dados com séries históricas dos usos múltiplos de água em cada bacia hidrográfica**. Isto deveria orientar os sistemas de planejamento e o direcionamento das atividades econômicas nas bacias.

A análise dos usos múltiplos dá condições para avaliar a redução das demandas: onde se pode reduzir e como planejar incentivos para essa diminuição. A tendência, como já foi abordado anteriormente, é que, com o desenvolvimento econômico nas bacias hidrográficas, a demanda tende a aumentar e os usos múltiplos tornarem-se mais diversificados. Por exemplo, no interior do Estado de São Paulo, há uma tendência para o aumento do uso de água de represas e de alguns rios, para recreação. Este é um uso múltiplo não contabilizado, nem avaliado pela gestão. A recreação é um contato primário com a água, porém, onde houver casos de contaminação, o uso da água pode ser altamente prejudicial à saúde humana e deverá ser evitado. No caso de algumas cepas de cianobactérias que podem produzir cianotoxinas extremamente tóxicas (em decorrência de neurotoxinas e hepatotoxinas) e contaminar as águas dos reservatórios, ao contar com avaliação e gestão adequadas, poderiam ser interditas.

⁴ Poderia ser colocada a priorização das APPs (áreas de preservação permanente), que são áreas vulneráveis e que muitas não estão de acordo com as exigências da legislação vigente (Helton R. O. Silva e Silvia H. Bonilla).

4. AMEAÇAS AOS RECURSOS HÍDRICOS

4.1 AMEAÇAS E IMPACTOS

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos estão permanentemente submetidos a vasta gama de ameaças à quantidade, disponibilidade e à sua qualidade. Nas últimas décadas do século XX e início do século XXI estas ameaças se concretizaram em uma série de impactos, que além de interferir no ciclo hidrológico, também atingiram a qualidade das águas. Esta interferência aumentou a vulnerabilidade das populações humanas em relação à disponibilidade da água, gerando impactos na saúde e bem estar social. A vulnerabilidade à falta de água atinge, principalmente, as populações humanas na periferia das grandes cidades, as quais são afetadas também por grandes enchentes provocadas pelos desequilíbrios no ciclo hidrológico, resultado das instabilidades e variabilidades climatológicas⁵.

Estas ameaças atingem países e continentes. No Brasil, estão principalmente relacionadas às populações localizadas em regiões urbanas ou metropolitanas. Estas populações são vulneráveis aos efeitos de enchentes e secas, eventos que ocorreram com intensidade e frequência ainda maiores, nos últimos 10 anos (CISNEROS & TUNDISI, 2012). A mensagem de climatólogos e hidrólogos é que os extremos (enchentes ou secas) serão cada vez mais agudos e frequentes (MARENCO, 2011).

A governança da água deve ser preparada para tratar destes componentes, ou seja, promover a adaptação a tal cenário, no âmbito das bacias hidrográficas.

Há, também, outro problema que deve ser considerado em relação aos impactos: os efeitos diretos e indiretos na economia das bacias hidrográficas, resultantes da queda, redução ou transtornos na produção industrial ou agrícola, no transporte hidroviário e na geração de empregos e renda.

⁵ Há, também, um documento sobre impactos e ameaças produzido pela WWF, com a apresentação de exemplos: <http://wwf.panda.org/?108620/Worlds-Top-10-Rivers-at-Risk>. Adicionalmente, é possível verificar mais informações relacionadas pelo site do grupo de estudos do Prof. Aaron Wolf: http://www.transboundarywaters.orst.edu/research/basins_at_risk/ (Juliana Cibim).

4.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

De acordo com o relatório do IPCC (2007) **“as mudanças climáticas deverão levar à intensificação do ciclo hidrológico global e poderão ter impacto significativo nos recursos hídricos regionais, afetando águas superficiais e subterrâneas, o suprimento doméstico, os usos industriais, a geração de hidroeletricidade, navegação, o funcionamento dos ecossistemas e a recreação em águas interiores”** (tradução livre do relatório IPCC, 2007). Desta forma, o relatório alerta para o efeito e seus diversos impactos sobre os usos múltiplos da água e os serviços dos ecossistemas aquáticos. No Brasil, sistemas aquáticos que poderiam ser afetados são: áreas alagadas (“wetlands” ou “floodplains”) do Amazonas e Pantanal Mato-grossense, represas artificiais, lagos naturais e rios.

O relatório ainda alerta: **“Os impactos das mudanças climáticas dependerão também da situação dos recursos hídricos – locais e regionais – como infraestrutura, monitoramento e a governança do sistema. Bacias hidrográficas, gerentes de recursos hídricos, sistemas econômico e legislativo deverão estar preparados para enfrentar estas alterações”** (Tradução livre do relatório do IPCC 2007).

Um aspecto do problema das mudanças climáticas que deve ser considerado, neste contexto, é a possível instabilidade social⁸ associada à insegurança e à vulnerabilidade hídrica. Não há dúvida de que, nestas circunstâncias, a governança da água tem papel fundamental, pois pode assegurar à população maior controle sobre as reais condições das águas.

As mudanças globais afetam também a gestão da qualidade da água. O aumento de temperatura do Planeta, associado a uma carga maior de fósforo e nitrogênio, provenientes do solo e dos esgotos não tratados, adicionado à introdução de espécies exóticas, praticamente em todo o planeta, pode levar a extremos de florescimentos de cianobactérias, as quais produzem toxinas que causam danos à saúde humana e à biota aquática (PAERL & HUISMAN, 2008). Há inter-relação entre as mudanças globais e a proliferação mundial de cianobactérias. Com o aumento da precipitação e drenagem, há maior descarga de nutrientes nos sistemas aquáticos (rios,

lagos e represas). Quando aumenta o tempo de retenção devido à seca, o aumento de nutrientes promove o crescimento e florescimento de **Cylindropermopsis raciborskii**. Este problema foi detectado nos meses de julho e outubro de 2014 na represa da UHE Carlos Botelho (Lobo/Broa) –, que resultou em danos à economia regional e à saúde pública (TUNDISI et al 2015, no prelo).

O aumento da temperatura da água devido às mudanças globais pode ter outros efeitos, como acelerar os ciclos de nutrientes e de substâncias orgânicas dissolvidas.

Análise

Embora existam evidências concretas sobre o aumento da temperatura do ar e das águas continentais e dos oceanos, e acúmulo de CO₂ e outros gases como N₂O, CH₄ na atmosfera, há ainda pequena parcela de cientistas que discordam de que as mudanças globais, de origem antrópica, estejam ocorrendo, e as atribui a ciclos normais de alterações climáticas. Esta discussão é recorrente em fóruns internacionais.

O autor não tem nenhuma dúvida de que as mudanças globais em curso são decorrentes das atividades antrópicas e das suas influências, principalmente, no ciclo do carbono. Há claras evidências científicas destas mudanças globais representadas pelas concentrações de gases de efeito estufa, supramencionados, aumento da temperatura do ar no inverno e no verão, em todos os continentes, redução das geleiras nos Andes e em outras regiões do planeta. Os níveis de CO₂ determinados atualmente na atmosfera foram os maiores em 800.000 anos. As medidas de CO₂ acumuladas no gelo Antártico e analisadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos atestam este fato (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, USA 2013). A tendência é a de aumento da temperatura e dos efeitos do aquecimento, mesmo que se reduzam agora as emissões, devido ao efeito retardado que estas medidas possuem.

É necessário, portanto, um conjunto de adaptações às mudanças climáticas. No caso dos recursos hídricos – que serão afetados pelo aquecimento global em decorrência dos desequilíbrios hidrológicos (secas e enchentes) – **são inúmeras as ações possíveis:**

- » **Ampliar o reflorestamento das bacias hidrográficas e nas áreas urbanas.**
- » **Implementar e preservar florestas ripárias⁶ nos rios, nas bacias hidrográficas e nos rios urbanos.**
- » **Reduzir a demanda de água para compensar os períodos de seca.**
- » **Proteger e ampliar a área de pântanos, áreas alagadas naturais e construir áreas alagadas artificiais, para reduzir o efeito das enchentes.**
- » **Incentivar o reúso de água após o tratamento.**

As dificuldades para implementar estas medidas são, em parte, devido à pouca familiaridade com tecnologias, como a construção de áreas alagadas artificiais, à falta de comunicação eficiente com a parte da sociedade que concentra maior volume de consumo, com foco na redução na demanda de água, e à dificuldade de incorporar, na burocracia e nas gestões municipais, visão mais abrangente, inovadora e sistêmica a respeito do papel dos parques, reservas e áreas verdes nas áreas urbanas.

5. A DETERIORAÇÃO MUNDIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA

5.1 HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL

A água tem sido, por milênios, a principal função de força, ou seja, o principal fator que promove a evolução biogeoquímica da biosfera. Por evolução biogeoquímica entende-se o conjunto de processos que deram origem às diferentes rotas biogeoquímicas, como a quimiossíntese e a fotossíntese, a partir dos quais se desenvolveram os organismos e a biodiversidade. As características físicas e químicas da água, sua capacidade de se apresentar nos

⁶ Também chamada de mata ciliar, vegetação ribeirinha ou ripícola, é a designação dada à vegetação nas margens de rios e mananciais. O termo refere-se ao fato de que essa mata pode ser tomada como uma espécie de “cílio” que protege os cursos de água do assoreamento. Uma área sujeita a inundações frequentes.

estados sólido, líquido e gasoso, e ser um solvente universal, a tornam substância com características especiais, de fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, e para a sustentabilidade dos ciclos e da biodiversidade.

Segundo Chapman (1992), a qualidade da água envolve: *o conjunto de especificações, concentrações e partições físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas e a composição e o estado da biota aquática em um corpo d'água.*

As propriedades físicas, químicas e biológicas da água estão diretamente relacionadas com a hidrogeoquímica regional, de acordo com a constituição geológica das rochas e também com os diferentes estágios de preservação, e deterioração das bacias hidrográficas, e os impactos negativos das atividades humanas. Dessa forma, a água registra o histórico das atividades humanas e seus efeitos no bem natural.

A análise recente (TUNDISI *et al.*, 2014) da evolução dos problemas referentes à deterioração das águas mostra um quadro preocupante nos últimos 150 anos (Figura 1). Observa-se que, de contaminação fecal e orgânica, passou-se para situação muito mais complexa, na qual metais pesados, substâncias orgânicas e toxinas de origem diversa (inclusive de organismos aquáticos) acumularam-se em águas superficiais e subterrâneas. Pouco se conhece, cientificamente, sobre os efeitos da contaminação para a saúde humana, até porque a própria detecção das substâncias dissolvidas na água é tarefa complexa. Além disso, não há informação adequada sobre os impactos diretos e indiretos nas economias locais e regionais, nem estudos suficientes sobre a sinergia entre as substâncias dissolvidas na água e seus possíveis efeitos.

A qualidade da água é, sem dúvida, um dos mais severos, importantes e fundamentais componentes de vulnerabilidade das populações humanas no planeta. O principal risco emergente para a vulnerabilidade da saúde das populações envolve a composição química e o aumento dos POPs (Poluentes Orgânicos Persistentes), cuja detecção e remoção têm importância relevante para a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A determinação da qualidade da água é essencial e envolve diversas operações complexas, em uma cadeia com inúmeras etapas. Uma falha, em qualquer uma das etapas, implica em avaliações imprecisas, erros de interpretação, medidas e ações inadequadas e pouco eficientes (CHAPMAN, 1992).

A determinação da qualidade começa por atividade de campo, abrangendo: coleta do material; determinação de variáveis físicas e químicas no local e dos componentes físicos, químicos e biológicos na água.

Dos componentes químicos, destaca-se o material dissolvido e particulado, por ser muito importante devido à interação com o componente biológico, o qual funciona como substrato para o crescimento e florescimento de algas e desenvolvimento de bactérias e vírus. Do material dissolvido, a determinação mais problemática é a dos POPs, que funcionam como disruptores endócrinos em várias rotas bioquímicas em animais, plantas aquáticas e nos humanos. Os numerosos POPs dissolvidos na água podem ser detectados somente com equipamentos muito caros e sofisticados, o que torna a tarefa de identificação complexa.

O principal objetivo do monitoramento é para verificar se a qualidade da água está suficientemente adequada para os usos propostos: abastecimento público, recreação, irrigação ou uso industrial. Dos usos mencionados, o abastecimento público é o que requer exames mais complexos, dado o impacto direto à saúde humana. Por isso, é fundamental equipar laboratórios adequadamente para determinação dos POPs.

O acordo multilateral mundial⁷, sob o patrocínio do PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente –, trata as questões dos POPs pela Convenção de Estocolmo, para remediação, prevenção e erradicação daquelas substâncias nos países signatários.

⁷ A Convenção POPs entrou em vigor em 2004, com a ratificação de 50 países. Atualmente, 164 Partes integram a Convenção de Estocolmo. O Brasil aprovou o texto da Convenção por meio do Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004, e promulgou o texto da Convenção em 2005, via o Decreto nº 5.472, de 20 de junho de 2005. Para saber mais: <http://chm.pops.int/default.aspx> (Juliana Cibim).

O Brasil ratificou a Convenção, por meio de Decreto (nº 5.472), e o MMA – Ministério do Meio Ambiente – ficou responsável pela implementação das ações, que incluem o diagnóstico da situação e formulação de Plano Nacional. Portanto, gestores e demais partes interessadas na produção, armazenagem, distribuição e uso de água no Brasil devem se informar a respeito das iniciativas que serão implementadas, no âmbito da conformidade legal.

Análise

O padrão de deterioração da qualidade da água no Brasil acompanha, em linhas gerais, o que aconteceu em muitos outros países: a contaminação orgânica, produto de despejos não tratados de esgoto domésticos e inúmeras contaminações, como a de metais pesados, substâncias tóxicas – pesticidas, herbicidas, chuva ácida, poluição por nitratos, eutrofização e desenvolvimento de cianobactérias. Nos países desenvolvidos, a pesquisa científica nas Universidades e nos Institutos de Pesquisa foi aplicada rapidamente para solucionar os problemas da contaminação. No caso do Brasil, utilizam-se as técnicas tradicionais de tratamento, e há muito tempo a qualidade da água e a sua deterioração foi negligenciada. Isto ocorreu, principalmente, quando as fontes e mananciais se deterioraram. Utilizou-se daí o método romano: mais um aqueduto para trazer água de fontes menos poluídas ou prístinas (HESPANHOL, 2008).

Há, portanto, grande contradição: quando se necessita de mais água, ao invés de usá-la com cuidado, tratá-la e reusá-la, procura-se por novas fontes, com custos altos de energia para transportá-la, e consequente investimento em infraestrutura.

Já nos países desenvolvidos, a contaminação orgânica foi contida já no início do século XX – a cloração da água iniciou-se em Cleveland, EUA em 1908, com resultados altamente eficientes no controle de doenças de veiculação hídrica (JOHNSON, JR., 1988). No Brasil, a falta de tratamento de esgotos e a contaminação orgânica foram sucedidas pela poluição química, poluição por metais pesados e por substâncias tóxicas. Muitas represas, rios e águas de abastecimento contêm, portanto, uma “sopa” de substâncias orgânicas e inorgânicas, cujo tratamento é possível, no entanto, muito caro.

A concepção de que o tratamento de água pode produzir água potável de qualquer fonte permaneceu e permanece em muitos sistemas de fornecimento de água (companhias de abastecimento de água estaduais ou municipais).

Não se atentou para o fato de que o manancial protegido por vegetação nativa, ou áreas alagadas, produz água de excelente qualidade e que custa muito pouco para tratar (R\$ 1,00 a R\$ 3,00 por 1.000m³), se comparado ao manancial de águas deterioradas (R\$ 200,00 a R\$ 300,00 por 1.000m³) (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2010).

É opinião deste autor que a qualidade da água é um dos problemas centrais na governança de recursos hídricos. Como recomendação principal deve-se estimular, aprofundar e promover o monitoramento extenso, frequente e, se possível, em tempo real das fontes de abastecimento de água. Deve-se monitorar a água que é distribuída à população para atestar sua qualidade; montar banco de dados para as diferentes bacias hidrográficas de abastecimento de água e; desenvolver um sistema eficiente e funcional de bioindicadores para diferentes bacias hidrográficas. Nas análises de risco e segurança hídrica, a qualidade e a quantidade de água devem ter idêntica relevância.

Com relação aos poluentes orgânicos persistentes, os POPs, a posição do Brasil é deficiente. Em países da Europa e nos Estados Unidos há pesquisas intensivas e propostas de desenvolvimento tecnológico de alto nível, enquanto que, no Brasil, as pesquisas para identificação dos POPs na água e para o tratamento da mesma são ainda incipientes.

5.2 IMPACTOS DA DETERIORAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL

Os usos múltiplos das águas superficiais e subterrâneas no Brasil resultam em resíduos que contaminam as reservas. A contaminação ocorre em maior ou menor intensidade, dependendo das condições regionais, e abrange: grande atividade econômica, concentração da população, disposição de resíduos sólidos, presença de lixões, concentração de indústrias e de atividades agrícolas. Acima de tudo, o conjunto de atividades e a diversificação

dos usos do solo, nas bacias hidrográficas, formam juntos a grande pressão que afeta a qualidade das águas no Brasil.

O aumento da descarga não tratada de águas residuais de origem doméstica causa enorme impacto sobre a qualidade da água, impedindo o seu reúso. Apenas 30% dos esgotos no Brasil são tratados. Os impactos são principalmente causados por substâncias tóxicas como pesticidas, herbicidas, metais pesados de origem agrícola e industrial⁸.

Os principais impactos negativos que afetam a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no Brasil são:

- » Desmatamento e erosão do solo;
- » Aumento das cargas de nitrogênio e fósforo;
- » Poluição atmosférica e contaminação do ar e da água;
- » Redução ou alteração da biodiversidade;
- » Introdução de espécies exóticas e interferência na biota nativa;
- » Acidificação;
- » Poluentes Orgânicos Persistentes dissolvidos na água;
- » Remoção e destruição das áreas alagadas;
- » Carga orgânica (esgotos) não tratada, despejada em rios, lagos, represas e riachos urbanos;
- » Despejos de resíduos sólidos urbanos (lixões);
- » Regulação de rios (construção de canais, represas, estradas, aeroportos, portos hidrovias);
- » Despejos tóxicos industriais.

Os impactos causados também geram efeitos negativos nos serviços dos ecossistemas disponíveis para a população humana nas bacias hidrográficas. A quantificação destes serviços e seu valor econômico ainda são embrionários no Brasil e, sem dúvida, necessitam de aprofundamento no âmbito da pesquisa e desenvolvimento (ver 7.1 para detalhes sobre serviços dos ecossistemas).

⁸ A coalizão Aliança pela Água fez um bom estudo sobre prognóstico, que está disponível online para livre acesso: <http://aguasp.com.br/#solucoes> (Juliana Cibim).

Análise

A complexidade dos impactos nos recursos hídricos é reconhecida pelos gestores no Brasil. Dadas as diferenças de gestão, legislação e monitoramento em um país da dimensão do Brasil, as dificuldades para quantificar todos os impactos e suas consequências são muito grandes. Há também diferenças de monitoramento (frequência e intensidade) e bancos de dados muito dispersos e pouco informativos.

Mais difícil ainda é a quantificação dos impactos, sua magnitude e efeitos nos serviços dos ecossistemas.

É de opinião deste autor que a poluição, os impactos da construção de infraestrutura, os impactos das mudanças climáticas, deveriam receber dos governos federal, estadual e municipal, maior atenção. Embora em alguns estados, como de São Paulo, a situação seja conhecida, tabulada e sintetizada. No país como um todo falta esta informação sistêmica e organizada, além de não ser suficientemente avaliada por pesquisadores e, em muitos casos, perde-se no cipoal da burocracia estatal.

A tendência é a piora da situação, porque mesmo que o diagnóstico avance, não há prognóstico proveniente de análise mais profunda da situação.

A recomendação principal é maior esforço para a montagem, pelo menos no âmbito da bacia hidrográfica, de bancos de dados sobre os impactos, sua quantificação e as respostas dos sistemas hídricos (lagos, represas, rios, áreas alagadas, águas subterrâneas) e da biota a estes impactos.

5.3 IMPACTOS ECONÔMICOS

É indiscutível que a disponibilidade de água de boa qualidade regula e impulsiona a economia dos países, regiões e continentes, embora existam poucos estudos e informações sobre os impactos econômicos resultantes da degradação da água. Estes estudos devem levar em conta efeitos diretos e indiretos nas economias regionais e nas economias de bacias hidrográficas. Os custos da recuperação de áreas degradadas e, por consequência, da qualidade da água dos mananciais para torná-las potáveis devem ser considerados em conjunto com os efeitos na saúde humana, como, por exemplo: custo de

internações referentes às doenças de veiculação hídrica e horas perdidas de trabalho ou de presença nas escolas, em razão dessas doenças.

Quando se considera a vulnerabilidade da saúde humana deve-se, também, incorporar os efeitos da seca, que combinam a falta de disponibilidade com a degradação da qualidade.

A seca que ocorreu em Barcelona, entre 2007 e 2008, resultou em perdas de, aproximadamente, 540,26 milhões de Euros (0,27% do Produto Interno Bruto da Catalunha) devido a efeitos diretos na produção de alimentos, hidroeletricidade, recreação e na produção de flores. Os efeitos indiretos estão relacionados à saúde humana, turismo, indústria e agricultura, e resultaram em perdas de 358,47 milhões de Euros, correspondentes a 0,179% do Produto Interno Bruto da Catalunha (MARTIN ORTEGA & MARKANDYA, 2009). Estes estudos têm fundamental importância no que se refere a recursos hídricos, sob o ponto de vista das economias regionais.

Análise

O conhecimento da relação entre disponibilidade da água, sua qualidade e as economias nacional e regional começa agora a tomar corpo e despertar interesses, especialmente durante o período de seca que se abateu sobre o Sudeste, entre 2013 e 2014.

Não há grandes contradições sobre a dependência econômica em relação à água. Na verdade, há consenso de que a economia será fortemente afetada pela crise: desde a geração de empregos, a produção agrícola, o fornecimento de água para as indústrias até a produção de energia, uma vez que a matriz elétrica brasileira é dependente em grande parte (70%) de hidroeletricidade.

Dessa forma, é cada vez maior a conexão feita entre recursos hídricos e economia. As primeiras evidências desta tendência são o interesse das instituições financeiras em análises de cenário com a finalidade de verificar possíveis perdas na produção industrial, devido à crise hídrica.

A opinião deste autor é de que deve haver maior investimento na coleta de dados e informações sobre os efeitos da crise na economia e/ou sobre a dependência da economia em relação à disponibilidade de recursos hídricos.

A recomendação principal é alertar municípios, indústrias e a agricultura para investirem em tecnologias que promovam a sustentabilidade da economia local ou regional, tais como; redução do consumo de água, reciclagem da água, e aumento da eficiência hídrica.

6. QUALIDADE DA ÁGUA E SAÚDE HUMANA

O risco de transmissão de doenças infectocontagiosas apresenta aumento significativo devido às inundações e extremos hidrológicos, o que acaba favorecendo a disseminação e o transporte de patógenos (via oral ou por contato direto). O aumento da temperatura da água, devido às mudanças climáticas, favorece a reprodução de insetos, vetores que transmitem doenças de veiculação hídrica. As cianobactérias que se desenvolvem em represas, rios e lagos – também afetados pelo aumento da temperatura –, produzem toxinas que afetam a saúde da população, além das viroses, que causam diversas doenças graves. Uma solução para o problema é ampliar o monitoramento para aquilatar a real situação de contaminação, ampliar e melhorar a capacidade de tratamento de água e desenvolver análises adequadas sobre os dados epidemiológicos e de saúde pública. A conexão entre esses dados precisa ser muito melhorada.

Os impactos econômicos da deterioração da qualidade de água relacionados à saúde pública não têm sido avaliados no Brasil e em muitos outros países. A extensão e universalização dos serviços de saneamento básico, especialmente nas regiões peri-urbanas e rurais, é de primordial importância para o desenvolvimento do país, e pode ter reflexos positivos do ponto de vista social, especialmente de saúde pública e econômico⁹.

⁹ Sobre o tema qualidade da água e saúde humana vale mencionar os estudos do Paulo Saldiva, da Faculdade de Saúde Pública da USP e do Instituto Trata Brasil, que tem publicação de anuários e documentos de posicionamento sobre os impactos da falta de saneamento no país, em termos econômicos, ambientais e de saúde (Glauco Kimura).

7. NOVAS TECNOLOGIAS E ABORDAGENS PARA A CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA

7.1 INTRODUÇÃO AO PROBLEMA

Para a preservação da quantidade e qualidade da água são necessárias novas abordagens e visão integrada. A qualidade e quantidade implicam em um bom funcionamento dos ecossistemas, na preservação da saúde e bem estar humano, e devem ser consideradas para o adequado gerenciamento, no contexto da dinâmica dos ecossistemas, com a finalidade de manter o uso humano dos recursos hídricos mais sustentável (NAKAMURA *et al.*, 2006, TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011). Sendo assim, a gestão integrada de bacias hidrográficas (GIBH) e dos recursos hídricos deve incorporar dimensões ambientais, socioeconômicas e avaliações técnicas dos ecossistemas aquáticos. Se isto não ocorrer, e há exemplos muito claros, recentes e evidentes (MOSS, 2014), haverá grandes problemas referentes à saúde humana, à perda da biodiversidade aquática e terrestre, além de grandes impactos econômicos.

Estas abordagens incluem não somente soluções tecnológicas, mas mudanças no comportamento humano, através da educação, da formação e capacitação de gestores e tomadores de decisão, que estimulem a visão sistêmica e integrada, e de capacidade preditiva. Atualmente, em muitos países e sociedades, está consolidado o conceito de que a água é a principal função de força dinâmica da biogeosfera, da sucessão e evolução dos ecossistemas, e da dependência da população humana: sem água doce líquida a vida não persistirá.

Com base no pensamento de Zalewski (2014), as novas gerações de gestores devem assumir a tarefa de preparar a sociedade para entender o complexo sistema formado pelo conjunto de componentes e funções que movem os sistemas naturais sob a ação dos humanos.

Análise

Não há contradições relativas à introdução de novas tecnologias e abordagens na questão de bacias hidrográficas e no gerenciamento de recursos hídricos. Há, atualmente, maior consenso entre cientistas e gestores de que

existe a necessidade de combinar a engenharia de tratamento e gestão com a preservação e recuperação de mananciais, para o aumento da disponibilidade/produção de água e manutenção da baixa contaminação.

O uso de mosaicos de vegetação, florestas ripárias, áreas alagadas artificiais e naturais para o gerenciamento avançado de bacias hidrográficas é muito comum na Europa e Estados Unidos, enquanto que no Brasil inicia-se esta prática em algumas regiões.

A tendência é a continuidade do processo em que a eco-hidrologia e a engenharia interajam, promovendo uma abordagem sistêmica e avançada para a gestão. É opinião deste autor que os Manuais de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas e Cursos de Capacitação enfatizem esta nova abordagem. Para a formação dos gestores, recomenda-se o exame de estudos de caso, a fim de consolidar o conceito e facilitar sua transformação em ações efetivas.

7.2 SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS

O trabalho fundamental de Costanza et al (1997) sobre os valores econômicos dos serviços dos ecossistemas introduziu novos paradigmas de gestão. Consolidado durante o trabalho realizado no Millenium Ecosystem Assessment (2005), o conceito de serviços ecossistêmicos está, hoje, firmemente apoiado por avaliações em muitos ecossistemas terrestres e aquáticos em todos os continentes. O conceito de serviços ecossistêmicos pode demonstrar como o bem-estar humano pode ser afetado pela degradação e perda de serviços essenciais aos humanos¹⁰. Estes serviços vão desde a retenção de nutrientes e intervenção em ciclos biogeoquímicos pelas áreas alagadas, até a qualidade do abastecimento de água, a regulação de enchentes, o sequestro de carbono pela vegetação terrestre e aquática, a regulação do clima e dos ciclos hidrológicos e da qualidade da água, a manutenção

¹⁰ Vale mencionar outros estudos e autores como Wilson Cabral do ITA que realizou alguns estudos sobre serviços ecossistêmicos em projetos de infraestrutura como da Transposição do Rio Tocantins e São Francisco e Unidades de Conservação, em parceria com a Conservation Strategy Fund. Há, também, alguns outros estudos clássicos da UFRJ de autoria do Peter May sobre pagamento por serviço ambiental em UCs. Também tem o estudo do André Steffens Moraes de 2008, da Embrapa Pantanal, que fala sobre os serviços ecossistêmicos do Pantanal. Finalmente vale a pena mencionar a experiência de mais de 10 anos e de mais de 40 projetos demonstrativos do programa Produto de Água da ANA como um programa que já tem testado diferentes experiências de modelos de gestão de fundos de PSA pelo Brasil (Glauco Kimura).

da biodiversidade e com ela recursos genéticos e medicinais, a manutenção de habitats de reprodução, a produção de alimentos, até as oportunidades culturais, os serviços educacionais e estéticos.

Periotto & Tundisi (2013) realizaram estudo nas bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e Lobo e na represa da UHE Carlos Botelho (Lobo/Broa)¹¹ onde quantificaram e qualificaram 20 serviços dos ecossistemas – reservatório e bacia hidrográfica. O valor dos serviços totalizou US\$ 45.623,35 / ha.ano⁻¹.

A metodologia e a métrica permitem qualificar e avançar os sistemas de manejo referentes aos serviços dos ecossistemas nas bacias hidrográficas e demonstrar que a relação manutenção-perda dos serviços é fundamental para o processo de avaliação e de gerenciamento integrado¹².

Análise

A avaliação dos serviços ecossistêmicos ainda é incipiente no Brasil. Há poucos ecossistemas com análise econômica dos serviços prestados às populações humanas. Há algumas contradições importantes e posições divergentes: os especialistas mais dogmáticos e “puros” em Ecologia argumentam que a métrica econômica para determinar o valor econômico dos serviços reduz a importância das condições naturais, as quais são muito mais complexas do que os “serviços” prestados ao bem-estar humano (SLOBODKIN, 2003). Entretanto, para contrapor ao valor econômico introduzido nos ecossistemas pela infraestrutura e o “hardware” das atividades humanas, a avaliação dos “serviços” é válida segundo outros autores (CABRAL). Este conceito também é válido para áreas naturais que podem ser conservadas pelos “serviços ecossistêmicos” que proporcionam. O modo de pensar funcionaria como barreira a novos impactos decorrentes do desenvolvimento da infraestrutura (TUNDISI, GOLDENBERG, MATSUMURA-TUNDISI & SARAIVA, 2014).

¹¹ Para mais detalhes do estudo: <http://www.bv.fapesp.br/pt/auxilios/81968/pesquisas-ecologicas-de-longa-duracao-nas-bacias-hidrograficas-dos-rios-itaqueri-e-lobo-e-represa-da/>.

¹² Howard T. Odum, utilizando a metodologia de contabilidade ambiental em emergia (ODUM, 1996) também calcula o valor em dólares de alguns dos principais estoques da natureza, como água, solo, ecossistemas terrestres, manguezais, etc. Após os trabalhos pioneiros de Odum surgiram também outros pesquisadores na área de emergia que valoraram, em termos de fluxos em emergia e dinheiro, serviços ecossistêmicos e estoques naturais (Helton R.O. Silva e Sílvia H. Bonilla).

A tendência é clara: haverá o aumento de pesquisas e de quantificação econômica dos serviços ecossistêmicos no futuro, como forma de consolidar a governança das bacias hidrográficas. A recomendação principal é que cada bacia hidrográfica a ser estudada seja avaliada quanto ao valor econômico dos serviços dos ecossistemas para o bem-estar humano.

7.3 ECO-HIDROLOGIA¹³

Atualmente, a taxa de exploração e de alteração dos sistemas naturais excede o potencial regenerativo da biosfera (LOH, 2000). A humanidade utiliza, anualmente, 35% a mais dos recursos naturais que podem ser repostos pela própria natureza de forma sustentável. As quatro principais causas são:

- i) Modificação dos principais processos ecológicos que dão sustentação à vida, por exemplo, água e ciclos de nutrientes;
- ii) Degradação de estrutura biológica da biosfera devido ao desmatamento, urbanização e transporte;
- iii) Emissão de poluentes;
- iv) Super exploração de todos os tipos de recursos ambientais.

São fatores de impactos cumulativos nos sistemas naturais (Zalewski, 2014), cuja consequência direta é a perda de serviços dos ecossistemas, declínio de habitats, de produtividade e biodiversidade.

Para avançar em gerenciamento é necessário compreender, de forma mais precisa e sistêmica, a engenharia da natureza e integrar engenharia (“hardware”), biotecnologia e eco-hidrologia (“software da natureza”). A partir da integração, é necessário identificar novas oportunidades na hierarquia de problemas, agregando a socioeconomia ao processo de gestão integrada. Quatro abordagens integradas podem ser utilizadas, segundo Zalewski (2004, 2005, 2007, 2014).

- i) Quantificação dos processos hidrológicos nas bacias hidrográficas.
- ii) Distribuição dos ecossistemas nas bacias hidrográficas.

¹³ Eco-hidrologia é a ciência que estuda a integração entre a água e o conjunto de organismos de um habitat para encontrar soluções diante dos problemas que existem dentro de um ecossistema, pela gestão sustentável dos recursos hídricos.

- iii) Compreensão científica dos mecanismos de integração ecológica, hidrológica e de sinergias.
- iv) Determinação da capacidade de suporte das bacias hidrográficas: recursos naturais; biodiversidade; resiliência; e serviços ecossistêmicos para a sociedade.

Seguindo estas tendências, três importantes elementos devem ser considerados.

- » **Contexto evolutivo – ecológico**, para a compreensão das inter-relações biota, fatores abióticos, hidrologia, e clima.
- » **Contexto processo orientado**: identificação de ameaças e oportunidades após análise das inter-relações.
- » **Processos do ecossistema como ferramenta de gerenciamento** integrado e preditivo para harmonizar o potencial dos ecossistemas com as necessidades da sociedade.

Conclui-se que, para que haja progresso humano, é necessário o desenvolvimento e inovação no âmbito de bacias hidrográficas, incluindo novas tecnologias, novas métricas, novas ideias e conceitos, além da visão sistêmica¹⁴. Velhos métodos não podem resolver novos problemas (Einstein).

A alteração a ser promovida deve envolver a **mudança de rota: da mecanística – determinística para a sistêmica ecológica evolutiva.**

¹⁴ Não apresento discordâncias em relação ao que foi colocado pelo autor, no entanto, sugiro utilizar estes trabalhos, que tem tido grande repercussão e abordam melhor este ponto. São nove os limites planetários que não deveriam ser ultrapassados, dos quais quatro já foram ultrapassados.

Copyright © 2009 by the author(s). Published here under license by the Resilience Alliance.

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B.

Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity

Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet

Will Steffen,1,2* Katherine Richardson,3 Johan Rockström,1 Sarah E. Cornell,1 Ingo Fetzer,1 Elena M. Bennett,4 R. Biggs,1,5 Stephen R. Carpenter,6 Wim de Vries,7,8 Cynthia A. de Wit,9 Carl Folke,1,10 Dieter Gerten,11 Jens Heinke,11,12,13 Georgina M. Mace,14 Linn M. Persson,15 Veerabhadran Ramanathan,16,17 B. Reyers,1,18 Sverker Sörlin19. Downloaded from www.sciencemag.org on January 16, 2015. (Asher Kiperstok.)

7.4 ÁGUA COMO INSUMO ESTRATÉGICO PARA O DESENVOLVIMENTO

Análises do Banco Mundial (COSGROVE, 2006) mostram que a segurança hídrica é fundamental para o crescimento econômico sustentável e para a erradicação da pobreza. O gerenciamento de recursos hídricos, os investimentos em infraestrutura (transposição de água, abastecimento público, tratamento de esgotos, universalização dos serviços de água) são essenciais para o desenvolvimento. Por exemplo, no Brasil, a instalação de indústrias em determinadas regiões só foi possível após investimentos em hidroeletricidade e linhas de transmissão. Muitos governos, especialmente em países emergentes e em desenvolvimento não investiram em recursos hídricos de forma prioritária. Isto decorre, em grande parte, da falta de compreensão acerca do papel e disponibilidade de água para o desenvolvimento econômico.

Da mesma forma, os investimentos em tratamento de esgotos, controle da poluição e do abastecimento são insumos essenciais para o desenvolvimento econômico, pois implicam também em gastos excessivos relacionados à saúde da população. Adiciona-se aqui o conceito de valor econômico da água tratada, apresentado no item 7.7.

O IV Fórum Mundial da Água, no México, teve como tema principal **Ações locais para dimensionar mudanças globais**, para promover energia social, capaz de responder às demandas por melhor governança, e investimentos na infraestrutura em recursos hídricos.

Análise

A introdução e a implementação de conceitos de eco-hidrologia têm sido organizadas em alguns países europeus, notadamente na Polônia, onde o trabalho de pesquisa e aplicação deste conceito tem sido desenvolvido pelo Centro de Eco-hidrologia, da UNESCO (Universidade de Lodz). Reflorestamento de bacias urbanas, construção e proteção de áreas alagadas naturais têm sido práticas comuns nessa região da Polônia, com ênfase na recuperação de rios urbanos.

O passo fundamental é como selecionar a bacia hidrográfica experimental para introdução de práticas de reflorestamento, implementar áreas alagadas

e, concomitantemente, monitorar a vazão e a qualidade da água (carga), para efeitos comparativos.

É opinião deste autor que as práticas avançadas de gestão de bacias experimentais precisam ser introduzidas de forma consistente nos próximos anos, acompanhando a tendência mundial em eco-hidrologia.

As análises apontam para a dependência do desenvolvimento econômico à disponibilidade da água, mas, é preciso que tal relação seja demonstrada e avaliada, objetiva e concretamente, quanto aos efeitos de crise hídrica e dos efeitos econômicos da crise, propriamente dita. Não há estudos a respeito em bacias hidrográficas naturais. Daí a importância da bacia hidrográfica experimental, para o melhor entendimento da dependência da economia em relação à quantidade e qualidade da água, e do papel da bacia hidrográfica no planejamento regional.

7.5 REFLORESTAMENTO POR MAIS QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA

Já existem evidências muito fundamentadas sobre a importância da vegetação para o ciclo da água. Além da recarga dos aquíferos, a vegetação nativa tem importante papel na proteção dos mananciais e na manutenção e recuperação da qualidade da água. Portanto, iniciativas de reflorestamento com a finalidade de recuperar a capacidade da interferência positiva no ciclo hidrológico são fundamentais (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2010). O reflorestamento, além de recuperar a biodiversidade, gera emprego e renda, tem papel importante na educação da população e pode ser instrumento poderoso no gerenciamento de bacias hidrográficas. Nas áreas urbanas, a criação de parques lineares e de parques urbanos pode ser objeto de mobilização da população, além de preparar as cidades para o que tem sido considerado importante avanço, no século XXI: as “Green Cities” (Tundisi, 2005). Parques urbanos recuperam a umidade e a biodiversidade das áreas e protegem a qualidade da água dos rios urbanos.

Análise

Recente publicação, na Alemanha e no Brasil (Academia Leopoldina Alemanha – Academia Brasileira de Ciências 2014), destacou a necessidade

de implementar e desenvolver a ideia de “Green Cities” e a importância dos espaços verdes e parques urbanos para promoverem serviços em áreas urbanas. Além dos componentes biogeográficos, há outros culturais e educativos, resultantes da implantação e preservação de parques e florestas urbanas. As relações entre a população urbana e as áreas verdes necessitam ser restabelecidas uma vez que o sistema urbano desconecta a população da realidade natural. Entretanto, há contradições: áreas verdes e rios urbanos podem, potencialmente, se tornar espaços para vetores de doenças ou ambientes para vida selvagem perigosa. Em algumas cidades brasileiras, áreas verdes são invadidas por espécies de serpentes venenosas.

Entretanto, a implantação é um experimento importante e que deve ser acompanhado.

7.6 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

Incentivos econômicos para a proteção dos recursos hídricos e restauração da mata ciliar são objeto de numerosos estudos, propostas e ações, nos últimos 20 anos.

O princípio da integridade intergeracional (como opções, qualidade e acesso) estimula a humanidade a repensar sua relação com o ambiente natural, no presente e em gerações futuras, e estimula “o direito a viver em ambiente não poluído” (BOBBIO, 1992). A implantação de mecanismos econômicos para preservação dos recursos hídricos é um dos mecanismos sociais e de estímulo mais promissores já estabelecidos, e que redundam em subprodutos como educação, emprego, renda e bem-estar de vasto alcance social e ambiental (HUPFER, FIGUEIREDO & TUNDISI, 2013).

O chamado princípio do protetor-recebedor (PPR) visa recompensar os agentes que preservam a natureza como forma de estimular tais ações. São exemplos de aplicação prática: redução do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para os contribuintes que mantêm áreas verdes protegidas em suas propriedades; Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), que isentam seus proprietários do pagamento do Imposto Territorial Rural (ITR); e o ICMS ecológico (Imposto sobre Circulação

de Mercadorias e Prestação de Serviços), que beneficia municípios com parques naturais e áreas de preservação.

O artigo 225 da Constituição Brasileira estimula o comportamento socialmente útil em vez da imposição de obrigações e encoraja a participação da sociedade nas questões relacionadas à proteção ambiental.

Análise

O pagamento por serviços ecossistêmicos não tem contradições: tem sido bem aceito pela sociedade onde está implantado. A tendência é aumentar a prática para torná-lo mais difundido e a possibilidade é incluí-lo como atividade experimental na bacia hidrográfica. Pagamento por serviços ecossistêmicos gera emprego e renda, no entanto, há dificuldades legislativas para a implantação, pois a lei deve ser municipal e nem sempre há interesse em criá-la.

O argumento principal é de que não há recursos para pagar o prestador de serviços que aumente a produção de água, como o reflorestamento, a manutenção de áreas verdes e outras ações adequadas. No Estado de São Paulo há mecanismo de incentivo à conservação: o ICMS ecológico, que pode ser utilizado para remunerar agricultores. Esses recursos podem remunerar, por exemplo, os agricultores que adotam práticas para a proteção de nascentes.

A tendência é que ocorra uma introdução lenta deste processo nos municípios. Sendo assim, a prática em bacia experimental tem efeito demonstrativo importante, já que existe resistência dos órgãos municipais na implantação da legislação referente ao pagamento por serviços ambientais.

7.7 O VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA

A crise de gerenciamento, que afeta os recursos hídricos em muitos países, especialmente nas nações emergentes e em desenvolvimento, tem como consequência efeitos perversos para as populações urbanas – com destaque nas regiões periurbanas e rurais – devido à falta de saneamento básico e de suprimento de água inadequada para consumo. A concepção de que a água tem valor econômico, na visão de muitos economistas, pode resolver problemas de gerenciamento, como vem sendo debatido e avaliado há, pelo

menos, duas décadas. O conceito está alinhado à economia dos recursos naturais, cuja formulação e promoção têm recebido inúmeras contribuições nos últimos 20 anos (COSTANZA *et al.*, 1997, HANNEMANN, 2006).

A avaliação econômica trata da valoração em termos monetários de bens ou recursos que são importantes e fundamentais para a vida das pessoas. O “River and Harbour Act” de 1902 criou o Escritório de Engenheiros para avaliar os benefícios comerciais e econômicos de projetos de navegação em águas interiores nos Estados Unidos. As análises econômicas de projetos de recursos hídricos prosseguiram no país durante todo o século XX. Em 1956, o Estado da Califórnia contratou consultoria para avaliar o valor econômico de recreação em águas interiores (lago, represas e rios). A introdução do conceito de “non-market evaluation” – avaliação sem levar em conta o mercado e com verificação e mensuração do impacto ambiental de projetos – introduziu novas perspectivas ao problema. A questão colocada foi: a água é uma comodidade como outra qualquer e, portanto, sujeita a avaliação econômica? Ou é um bem público, não sujeito à avaliação econômica tal qual a “commodity”?

É preciso considerar que a mobilidade, o fluxo de água e a oportunidade para reúso, fazem da água uma “commodity” diferente. Os investimentos em infraestrutura para saneamento básico e suprimento de água implicam em custos. A intensidade de capital investido e a escala associada com suprimento de águas superficiais, ou subterrâneas, têm profundas implicações econômicas, institucionais e sociais.

Devem os investimentos em água, na bacia hidrográfica, ser totalmente privatizados? Os investimentos em água (transporte, distribuição, tratamento, reúso) implicam em coordenação eficiente e controle social. As “sociedades hidráulicas” desenvolvidas na Mesopotâmia, Egito e China (WITTFOGEL, 1957) eram estabelecidas com controle central efetivo e absoluto, com governança baseada em burocracia estatal, que controlava o sistema hidráulico, a distribuição de água e a produção de alimentos.

Assim, o preço da água deve considerar não só o seu valor físico (litros ou metros cúbicos utilizados). **No futuro, o valor da escassez, que hoje é ignorado, deverá ser considerado.**

Portanto, a discussão a respeito do valor econômico da água e das principais consequências sociais e para o desenvolvimento deve ser incorporada, sem dúvida, ao processo de gerenciamento integrado, participativo, considerando a água como bem comum, sujeito ao compartilhamento por todos os habitantes na bacia hidrográfica, de região, estado e país¹⁵. A crise de água e a segurança hídrica já foram longe demais para que uma só consideração – a econômica – possa ser levada em conta (ROGERS *et al.*, 2006, TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI 2012). É por esta razão que o elemento água deve ser tratado em conjunto com componentes ambientais, como a biodiversidade, florestas, produção de alimentos e mudanças climáticas, como mostra a Figura 2.

Análise

A valoração econômica da água apresenta contradições importantes, discutidas no texto: bem comum ou commodity? As experiências de privatização do tratamento e distribuição das águas em muitos países não foram bem sucedidas porque “o valor do lucro” estava sempre acima das necessidades básicas dos cidadãos. Sem dúvida, a água tem valor econômico, mas sua gestão, tratamento e distribuição devem ser compartilhados dentro de perspectiva da participação efetiva da comunidade. Os Comitês de Bacia Hidrográfica não têm atuado de forma decisiva nessa gestão, devido à lentidão na tomada das decisões, bem como as questões de financiamento, e à falta de agência de bacias, a qual deveria ser componente executivo do processo.

A tendência de maior participação da comunidade, com maior controle social, deve continuar. A recomendação é a de que em bacias experimentais este controle social e participação sejam ainda mais estimulados. E a reinvindicação de que sejam criadas agências de bacia hidrográfica deve aumentar.

¹⁵ Há também trabalhos em energia que calculam o custo da água. O trabalho pioneiro de Buenfil (BUENFIL, 2001) merece atenção especial porque ele calcula o custo da água e o transforma em valores monetários. Os sistemas estudados abrangem desde águas continentais até pequenos sistemas de tratamento de água convencionais (Helton R.O. Silva e Silvia H. Bonilla).

Andrés A. Buenfil, *Emergy Evaluation of Water*. Tese apresentada na Universidade da Flórida. 2001.
Howard T. Odum, *Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley & Sons, Inc. Nova Iorque. 1996.

7.8 REÚSO DA ÁGUA

A utilização da água de esgotos tratados já é realidade em alguns países, especialmente naqueles em que há escassez. O reúso da água, especialmente em bacias urbanas, pode minimizar (e muito) os impactos negativos da escassez, adicionando novas possibilidades de usos múltiplos e reaproveitamento de água, a qual pode ser utilizada para diversas finalidades.

São inúmeros os benefícios na reutilização de água de esgotos tratados, como acentuam Asano, 2006b, Hespanhol, 2008. Entretanto, como assinado por este autor, não há ainda, no Brasil, legislação adequada que possa promover, orientar e regulamentar o reúso de água, especialmente padrões para água de reúso com as diferentes finalidades. Os efluentes domésticos têm várias aplicações:

- » Irrigação de parques e jardins públicos, gramados e vegetação decorativa;
- » Reserva de proteção contra incêndio;
- » Lavagens de veículos, pisos e calçadas;
- » Descarga sanitária em banheiros públicos;
- » Limpeza de tubulações de esgoto;
- » Uso geral na construção civil.

As águas cinzas são aquelas que excluem os efluentes dos vasos sanitários. São originárias de lavatórios, chuveiros, pia, cozinhas, máquinas e tanques de lavar roupas. Estas águas também podem ser utilizadas para várias finalidades, mas, excluem o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

A água de reúso também pode ser utilizada para irrigação, excluindo o uso de fertilizantes, pois a água de esgoto tratado tem concentrações de fósforo e nitrogênio que podem substituir a aplicação dos fertilizantes.

O reúso de água para fins industriais também é outro componente fundamental na reciclagem de água tratada. Há necessidade de avanços no arcabouço legal para reúso e, ao mesmo tempo, de estímulo a esta prática que tem inenunciáveis benefícios econômicos, sociais e ambientais, já comprovados (ASANO, 2006a).

7.9 GERENCIAMENTO INTEGRADO E PREDITIVO, EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA E GERENCIAMENTO DE DEMANDA

O gerenciamento integrado de bacias hidrográficas (**CHIBH**) ou **Lake Basin Integrated Management (LBIM)** é, sem dúvida, o conceito mais avançado na gestão de recursos hídricos, introduzido nas últimas décadas do século XX, e usado de forma mais efetiva em muitos países no século XXI. A maior dificuldade para implementar planos e projetos de gerenciamento integrado é a incapacidade de articular e otimizar usos múltiplos no conceito sistêmico e de mobilizar a participação da sociedade. Outra dificuldade é o financiamento do sistema de gestão. E, por fim, a capacitação de recursos humanos, como componente essencial do sistema, uma vez que são os recursos que desenvolvem, atuam e executam o projeto e suas aplicações.

Deve ser considerado, também, que as bacias hidrográficas têm propriedades que se encontram a meio termo entre sistemas totalmente *lênticos* (lagos e represas) – **hidrostático** – e totalmente *lóticos* – **hidrodinâmico** – (rios).

Na maioria dos casos, as bacias hidrográficas localizam-se entre os sistemas hidrostático e hidrodinâmico, e o gerenciamento deve compor estas perspectivas. Vulnerabilidade e fragilidade estão entre os componentes que devem ser considerados na perspectiva lótico-lêntico.

Deve-se ainda considerar, para as finalidades deste tipo de gerenciamento, que lagos, rios, represas e áreas alagadas têm dinâmica complexa de resposta aos diferentes fenômenos e funções de força climatológica, hidrológica e de atividades humanas. Considerações, métricas e de espaço temporal devem ser implementadas quando se desenvolve a gestão. Desta forma, e devido à complexidade da resposta, antecipações e capacidade preditiva são fundamentais. Nos planos de bacia o “baseline monitoring” é condição “sine qua non” para a antecipação e predição (NAKAMURA & RAST, 2011).

Análise

Não há dúvida de que o Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos será o fulcro do desenvolvimento da governança nos próximos 30 anos. A visão

sistêmica, a mensuração dos serviços ecossistêmicos e a consolidação das estruturas ecológicas (como florestas, áreas alagadas, rios, mosaicos de vegetação) como fonte de controle, o “feedback”, o acerto e qualidade na participação de usuários serão paulatinamente implantados, cada vez com mais intensidade. Também deverão ser renovados, ampliados e diversificados os mecanismos de financiamento. A cobrança pelos usos da água, o princípio do pagador/poluidor, e o financiamento localizado nas bacias hidrográficas serão gradativamente implantados. A opinião deste autor é de que a mobilização e participação da comunidade é o maior obstáculo à alteração do processo de governança.

Recomendações: cursos e treinamento para gestores, palestras, conferências, excursões de campos em bacias experimentais podem ser fatores importantes na mobilização da comunidade. E a disseminação do conceito de gestão integrada para tomadores de decisão é fundamental.

8. A GOVERNANÇA DA ÁGUA

O futuro da questão hídrica – distribuição, acesso, tratamento, uso, reúso, oportunidades iguais para todos em qualidade e quantidade – é a governança da água. Em documento preparado em 21 e 22 de Novembro de 2014, em São Paulo, 15 especialistas em recursos hídricos, da Academia Brasileira de Ciências, alertaram para o fato de que, para enfrentar a crise hídrica atual, deve ocorrer alteração fundamental na governança, que necessita urgentemente de novos conceitos, perspectivas e oportunidades, com **inovação permanente no sistema de gestão.**

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é resultado da regulamentação da Lei das Águas, a Lei nº 9.433, de 1997. Esta lei traz novas iniciativas na descentralização e na utilização de instrumentos econômicos para a gestão e enfatiza a participação pública no processo de gestão. A Lei das Águas se refere à gestão descentralizada, priorizando o processo de bacias hidrográficas e remetendo o abastecimento público e o saneamento básico à responsabilidade dos municípios. É necessário, portanto, um sistema de integração da gestão, que envolva a União, os Estados e Municípios, constituindo-se

esta articulação uma das mais importantes etapas da gestão. Para melhor compreender a relevância da gestão das águas no Brasil, há dois aspectos fundamentais enfatizados por Braga et al. (2008) e Tundisi & Matsumura-Tundisi (2011): o primeiro é a nova organização das bacias hidrográficas utilizadas, com a finalidade de análise conceitual dos recursos hídricos, cujos limites e organização, propriamente dita, não coincidem com os limites geopolíticos dos estados e regiões do país, sendo tipologia derivada de bases geofisiográficas. O segundo é a visão sistêmica e integrada, com otimização dos usos múltiplos.

Análise

O principal obstáculo é a integração das ações federais, estaduais e municipais. Um exemplo: a portaria 518 de 2000 do Ministério da Saúde obriga todos os municípios e todos os fornecedores de água a analisarem os mananciais a cada seis meses para verificar a situação destes, antes do tratamento da água. Muitos municípios não têm a mínima ideia do que se trata, nem têm condições de fazê-lo.

A posição do autor é clara: deve haver o esforço na capacitação de gestores municipais para ampliar seu treinamento nas questões fundamentais de seu município, como proteção dos mananciais, monitoramento, tratamento da água, tratamento de esgoto, distribuição de água. O governo federal deve atuar para diminuir as perdas de água na distribuição: a média brasileira é de 30%. Isto deveria ser corrigido pelos estados e municípios.

Iniciativas bem sucedidas da Agência Nacional das Águas (ANA) para estimular o tratamento de esgoto no município (PRODES) foram descontinuadas, ou significativamente reduzidas, após 2010.

8.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO

A bacia hidrográfica – como unidade biogeofisiográfica –, considerada como nova abordagem no processo de gestão dos recursos hídricos, constitui um dos principais avanços conceituais de governança (Fig. 3). A abordagem por bacias hidrográficas tem as seguintes vantagens e situações fundamentais para gestão:

- » A bacia hidrográfica é unidade física com fronteiras delimitadas, podendo estender-se por várias escalas espaciais, desde pequenas bacias, de 100 a 200 km², até grandes bacias hidrográficas, como a Bacia do Prata, com 3 milhões de km²;
- » É um ecossistema hidrologicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos;
- » Oferece oportunidades para o desenvolvimento de parcerias e a resolução de conflitos;
- » Permite e estimula que a população local participe do processo de decisão e promove a educação ambiental e sanitária;
- » Garante a visão sistêmica adequada para o treinamento em gerenciamento de recursos hídricos e controle de eutrofização, envolvendo gerentes, tomadores de decisão e técnicos;
- » É a forma racional de abordagem adequada para proporcionar a elaboração de banco de dados acerca dos componentes biofísicos, econômicos e sociais;
- » Garante alternativas para o uso dos mananciais e de seus recursos;
- » Sendo uma unidade física, com limites bem definidos, o manancial garante a base de integração institucional;
- » Promove a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, permitindo que trabalhem todos juntos na mesma unidade, uma integração institucional necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável.

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

Porém, há desafios a serem superados. A unidade bacia hidrográfica, como sistema de planejamento territorial e de recursos hídricos, pressupõe o conjunto de planos, ações e atividades que representam uma etapa significativa no planejamento territorial e na gestão integrada de recursos hídricos. Como discutido por Porto & La Laina Porto (2008), a bacia hidrográfica é unidade sistêmica cuja conexão se dá pelo rio principal como escoadouro e suas

sub-bacias e agrega todas as atividades humanas em seus territórios. Áreas industriais e áreas preservadas são parte deste conjunto que compreende usos do solo; demanda e disponibilidade de água; contaminação e poluição; bem como mananciais de abastecimento de água superficial e subterrânea.

Os principais desafios da gestão integrada de recursos hídricos das bacias hidrográficas são:

- » Integrar os três componentes de distribuição e disponibilidade de águas: atmosférico, superficial e subterrâneo;
- » Identificar e quantificar a demanda e estabelecer critérios para usos múltiplos e outorgas;
- » Determinar e quantificar a disponibilidade;
- » Determinar os principais indicadores da bacia: indicadores de qualidade da água dos rios, riachos, represas, lagos e lagoas; biodiversidade terrestre e aquática; taxa de contaminação de rios, lagos e represas; cargas de poluentes; cargas pontuais e difusas; usos do solo; áreas de preservação;
- » Promover o sistema de informações sobre recursos hídricos;
- » Enquadramento dos corpos de águas em classes de usos predominantes;
- » Cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- » Gestão municipal integrada (TUCCI, 2010).

Análise

Não há contradições na adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão. Há consenso internacional e, no Brasil, do ponto de vista da legislação e administração. A dificuldade é implantar e fazer funcionar o conceito. Há casos com resultado positivo (BRAGA *et al.*, 2008, no Paraíba do Sul e PCJ) que deveriam ser utilizados como exemplo. Entre as autoridades, a avaliação é de que a gestão por bacia hidrográfica é componente estratégico do desenvolvimento.

A tendência é a ampliação da implantação do conceito e a implementação paulatina dos comitês da bacia e governança avançada. A dificuldade é mobilizar a sociedade a participar.

A bacia experimental, para implantar e fazer funcionar o sistema de gestão, pode ser um bom exemplo para outras bacias.

8.2 A EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO NO BRASIL

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A disponibilidade da água para as futuras gerações e para a gestão atual é o objetivo principal da Política Nacional de Recursos (Lei nº 9433 – Lei das Águas). A gestão integrada dos recursos hídricos deve assegurar quantidade e qualidade adequada, desenvolvimento sustentável e utilização racional (BRAGA *et al.*, 2008). A Política se baseia, portanto, nos seguintes princípios:

- » Água como bem público e com valor econômico;
- » Segurança para os usos múltiplos da água;
- » Abastecimento público e para dessedentação de animais, como garantia em caso de escassez;
- » Adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão territorial e de recursos hídricos;
- » Garantia da participação da sociedade civil, dos usuários e dos diferentes níveis do poder público no processo de gestão participativa.

Os avanços na política estão voltados para a gestão dos usos múltiplos, o abastecimento da água como prioridade e a gestão da disponibilidade e demanda, utilizando-se a divisão natural do território – a bacia hidrográfica – como unidade. A gestão participativa é outro avanço significativo no processo.

O SINGREH é composto por: Conselho de Recursos Hídricos; Secretaria de Recursos Hídricos; Agência Nacional das Águas; Conselho Estadual de Recursos Hídricos; Gestor Estadual de Recursos Hídricos; Comitês de Bacias Hidrográficas; e Agências de Bacia.

Análise

A legislação brasileira referente às águas é muito avançada (Lei 9433 – Lei das Águas 1997). Não há contradições na legislação. Há, entretanto, uma questão de fundamental causa de discussões: nesta lei, coloca-se o abastecimento

público e a dessedentação animal, a meu ver, corretamente como prioridade. Isto suscitou discussões entre governantes com relação às prioridades, mas não há dúvida: a prioridade é o abastecimento público. A otimização no uso múltiplo dos recursos hídricos é que necessita ser muito bem administrada, exatamente para poder abastecer adequadamente a população humana.

A questão da água disponível para o funcionamento dos ecossistemas é fator limitante e a lei deveria ter explicitado melhor este aspecto. A tendência positiva é a implantação da Lei das Águas nas bacias hidrográficas e em todo o território nacional. A recomendação é a aceleração dos procedimentos para implantação da Lei das Águas de forma efetiva.

8.3 QUALIDADE DA ÁGUA, QUANTIDADE E GOVERNANÇA

Quantidade de água para atender à demanda não é suficiente. É necessário atender à demanda com quantidade adequada (GLEICK, 1999 – 50 litros por pessoas por dia) e com qualidade suficiente para preservar a saúde da população. Para governança efetiva, quantidade e qualidade são essenciais. Além disso, é necessário considerar que a quantidade de água adequada não deve atender somente às necessidades humanas. O funcionamento dos ecossistemas necessita de água, a qual impulsiona os ciclos biogeoquímicos, transporta substâncias e elementos, promove e mantém a biosfera e a biodiversidade (TUNDISI *et al.*, 2014).

Integrar quantidade e qualidade e desenvolver governança estratégica, sustentável e preditiva são grandes desafios da gestão hídrica atual.

O gerenciamento integrado de bacias hidrográficas deve, portanto, centralizar as ações em segurança hídrica, reconhecer a água como bem comum e estimular a participação da comunidade no processo de gestão. A gestão deve conter monitoramento permanente da qualidade e quantidade da água, com a finalidade de suprir um banco de dados adequado, avançado e permanente que dará suporte à característica fundamental desse modelo de gestão –

a capacidade preditiva relativa aos usos futuros de água e à alocação de água para diferentes usos. O que é considerado IWRM 2,0 (Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, Versão 2.0), Dargantes et al, 2012 estimulam o planejamento dos usos dos recursos hídricos de forma sistêmica e integrada – abastecimento público, saneamento básico, irrigação, usos múltiplos derivado da mesma fonte que deve ser protegida. O maior desafio deste sistema é integrar a participação da sociedade civil com o componente tecnológico – decodificar a informação tecnológica e científica para a comunidade, de forma que tal informação fique mais inteligível e compreensível, e que sirva também como componente educacional.

A mensagem principal é a conservação – proteção dos mananciais e da qualidade, tratamento de esgotos e reúso – antes de qualquer intervenção tecnológica.

Quanto ao investimento, há que se considerar exemplos de gestão da água (Austrália, Filipinas e Nova York) (Dargantes *et al.*, 2012) onde a meta é “sustentabilidade como retorno” e não “retorno do investimento econômico”.

Análise

A conservação da água para aumentar a disponibilidade (produção) nas áreas rurais deve ser uma das tendências para o futuro. Proteger mananciais, com base nos conceitos de aumentar a disponibilidade, melhora a qualidade da água e o faz a custos mais baixos do que o tratamento, gerando resultados positivos, conforme algumas experiências bem sucedidas descritas neste trabalho. Não há contradições. ***Há, entretanto, visões que ainda apostam somente na solução de engenharia*** (tratamento e procura de novas fontes), sem atentar para os avanços científicos que demonstram a validade de proteção para conservar a disponibilidade. Um exemplo prático seria utilizar mais a região do Cantareira como Parque Estadual ou Parques Municipais para proteger os remanescentes da Mata Atlântica. Em uma bacia experimental o trabalho deveria se iniciar pelo mapeamento das principais áreas a serem protegidas, sejam florestas, mosaicos de vegetação e/ou áreas pantanosas. A dificuldade para a implantação de proposta como esta – gerenciamento integrado de bacias hidrográficas – se dá na aplicação do conceito nas legislações municipais e na incorporação do paradigma

pelas administrações. Nas bacias hidrográficas, quem pode fazer esse trabalho é a agência de bacias, a qual deve também contribuir para a execução.

Um bom exemplo de governança foi descoberto recentemente por este autor em viagem a trabalho para a Irlanda, onde toda a gestão das águas da zona rural é feita, integralmente, pelas comunidades rurais, com apoio das Universidades locais.

8.4 MOBILIZAÇÃO DA COMUNIDADE

Em todo o Planeta há constatações de que a gestão de recursos hídricos e a governança da água não podem avançar em definitivo se não houver a participação de comunidade na gestão e o envolvimento de **todos** os usuários. Para tanto, são necessários processos e sistemas de mobilização que incluam cursos, conferências, demonstrações, coleta de água para análises, identificação de organismos e participação do grande público em projetos de reflorestamento, por exemplo. Para tanto, são necessários agentes intermediários que decodifiquem as informações para a população, alertando para a necessidade de redução de demanda de água, para prevenção de impactos da contaminação, para as causas de escassezes e da necessidade de promover integralmente a segurança hídrica, por ações concretas, individuais e coletivas. No Japão, esse ator intermediário é o agente de saúde pública e o professor nos níveis de ensino fundamental e médio.

Análise

A tendência mundial é a maior mobilização e participação dos usuários e das comunidades. No Brasil, usuários e a população em geral querem participar, mas não têm acesso aos mecanismos, situação agravada ainda mais na área urbana, uma vez que muitos rios urbanos estão canalizados o que gera dificuldades em compreender geograficamente a localização das bacias. Quem vive na Avenida Paulista, na cidade de São Paulo, não sabe que está na bacia do Rio Pinheiros, por exemplo. A posição do autor é de que é necessário o esforço de comunicação de massa, com ampla campanha orientada para mobilizar a comunidade; participação efetiva das escolas no processo; e novos mecanismos de comunicação. Uma das grandes dificuldades é promover a decodificação da informação para que a população tenha maior e mais efetiva participação.

8.5 A GOVERNANÇA IDEAL

A bacia hidrográfica como unidade de gestão deve considerar três níveis para a gestão integrada de gerenciamento de recursos hídricos: i) organizacional; ii) constitucional; e iii) operacional.

- » O nível organizacional coordena e reduz conflitos entre os usos competitivos e os diferentes interesses; é composto pelo comitê de bacia hidrográfica e pela agência de bacia;
- » O nível constitucional agrega as gestões referentes à legislação, ao enquadramento dos corpos de água, e ao planejamento territorial, vis-à-vis o uso dos recursos hídricos;
- » O nível operacional tem foco na variedade de sistemas existentes, cujas atividades estão sob a responsabilidade pública ou privada e abrangem proteção de mananciais; hidroeletricidade; tratamento de esgotos; suprimento e abastecimento de água para os municípios; irrigação; e gerenciamento ambiental (ROGERS, *et al.*, 2006), vide Figura 4.

Como apontam Nakamura & Rast (2011), a governança ideal deve se apoiar em seis pilares de sustentação: Tecnologias, Informação, Instituições, Políticas de Gerenciamento, Participação e Financiamento.

A governança ideal, portanto, repousa sob a égide de uma sociedade na bacia hidrográfica com interesses comuns e inclui planejamento, gestão e execução no mesmo contexto sistêmico, funcional e operacional. Há ainda outras abordagens, como as **Diretrizes para a Gestão das Águas da União Europeia (2002)**, com os seguintes arcações:

- » **Sobre o gerenciamento de bacias hidrográficas:** *os estados-membros deverão identificar as bacias hidrográficas de seu território e colocá-las em distritos individuais de bacias hidrográficas. Todos os Estados-membros devem assegurar que as bacias hidrográficas terão o Plano de Gerenciamento das bacias em seu território.*
- » **Sobre as questões ambientais:** *os Estados-membros deverão proteger e restaurar seus ecossistemas aquáticos com o objetivo*

de proporcionar água de boa qualidade até 15 anos após emissão destas diretrizes. A proteção de águas subterrâneas, bem como a sua restauração, fica incluída nestas diretrizes. Deve ser assegurado equilíbrio adequado entre a retirada das águas subterrâneas e a recarga do aquífero.

- » **Sobre os custos da água:** *fica assegurado que, em 2010, o princípio da recuperação dos custos dos serviços de água, incluindo custos ambientais, deve estar implementado em todos os Estados-membros, utilizando o princípio do poluidor pagador, a fim de promover incentivos adequados para os usuários que utilizam os recursos eficientemente.*
- » **Sobre informação e consulta:** *os Estados-membros devem encorajar a participação ativa de todas as partes interessadas na implementação destas diretrizes, em particular na produção, revisão e atualização dos Planos de Gerenciamento de Bacias “(...) para cada bacia hidrográfica, deverão ser publicados os planos e estar disponíveis para comentários (...)”. O cronograma de ações deve ser disponibilizado e revisões periódicas com adaptações do plano devem ser asseguradas.*
- » **Sobre política integrada:** *a integração da proteção e do gerenciamento sustentável de água deve considerar as interseções entre as várias políticas de gerenciamento das águas para a comunidade, como energia, transporte, agricultura, pesca, política regional e turismo.*
- » **Sobre substâncias perigosas:** *o Parlamento Europeu e o Conselho dos Estados-membros devem assegurar a adoção de medidas específicas para listar os poluentes por grupos correspondentes que apresentam riscos, com a redução progressiva e a cessação definitiva de descargas, emissões ou perdas (por desastre).*

Além destas propostas e ações, deve-se considerar que, na governança ideal, o banco de dados e o sistema de informações, a disseminação da informação, a interação entre os setores acadêmicos, público e privado, nos comitês de bacia, são o fulcro e o futuro do processo de gestão (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2010). A implementação deste conjunto já tem sido desenvolvida em experiências e projetos em andamento no sistema de gerenciamento de recursos hídricos do estado do Paraná; na gestão e no planejamento estratégico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do

Sul (CEIVAP); e nos comitês de sub-bacias da gestão de recursos hídricos do estado de São Paulo. Deve-se destacar a articulação federativa entre ANA, CEIVAP e estados de Minas, São Paulo e Rio de Janeiro, para a gestão desta bacia interestadual, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (BRAGA *et al.*, 2008).

Análise

Somente na bacia experimental, na qual tal governança ideal possa ser implementada, há possibilidade de testá-la. A tendência é esta. Há espaço político e ânimo para isto. A posição de certos gestores foi favorável às *bacias experimentais* como efeito demonstrativo. Isto aponta, sem dúvida, para a visão do futuro. A maior dificuldade, mesmo na bacia experimental, é integrar banco de dados, capacitação de usuários, ações integradas e financiamento, em um conjunto coerente e produtivo. A outra dificuldade é apontar lideranças locais que se proponham a organizar, estimular, coordenar e promover o trabalho. E a terceira dificuldade é a decodificação do conhecimento para sua aplicação.

9. CONCLUSÕES

9.1 A crise de recursos hídricos é mundial e, em parte, resultado de alterações e variabilidades no ciclo hidrológico e, em outra parte, devida à governança inadequada que necessita amplas reformulações, reestruturações e novos modelos de gestão integrada, preditiva e participativa.

Análise 9.1

A constatação de que a crise de recursos hídricos está ligada a alterações regionais e globais nos ciclos hidrológicos e a governança imediatista, destinada a fornecer água, a qualquer custo, se contrapõe à governança planejada com redução das demandas, com mais tecnologias incorporadas à gestão e com capacidade preditiva de alto nível que ofereça condições para o planejamento das bacias hidrográficas e de acordo com cenários consistentes.

A posição do autor a respeito da crise hídrica coincide com a de especialistas como Rogers (2006): **“há uma crise hídrica, mas parte dela é falha de governança”**.

O aumento da participação de usuários, a disponibilidade de banco de dados confiável, de interação efetiva entre gestores e demais profissionais são algumas das tendências mundiais. O autor coordenou um programa internacional “Água para as Américas”, no qual especialistas e gestores de todos os países das Américas do Sul, Central e do Norte interagiram com resultados promissores. Incrementar este tipo de contato e promover a permanente troca de ideias, projetos e propostas são algumas das saídas para o futuro com maior controle de gestão de recursos hídricos. A dificuldade principal é alterar os sistemas de gestão existentes e fazê-los avançar com novas ideias e tecnologias. A burocracia dos sistemas de gestão pública do Brasil não ajuda a incorporar a inovação na gestão.

9.2 Os componentes do sistema hídrico são: disponibilidade/demanda, acessibilidade, vulnerabilidade e segurança hídrica. Os desafios mais importantes no processo de governança de recursos hídricos, por sua vez, são: diminuir a vulnerabilidade, especialmente de populações periurbanas em grandes metrópoles; aumentar a acessibilidade; e regular, controlar, e reduzir a demanda.

Análise 9.2

Não há dúvida de que a acessibilidade à água é um mecanismo de inclusão social. Não há contradição nisto. A diminuição de vulnerabilidade é decorrente do mecanismo de acesso mais eficiente possível – água, com qualidade, nas residências. E a regulação da demanda é consenso mundial. Outro problema importante é a redução das perdas na distribuição, que no Brasil, como já mencionado, apresenta níveis muito insatisfatórios.

A posição do autor sempre foi a de que o serviço da água deve ser estatal. Que deve haver universalização dos serviços. E a de que a qualidade seja controlada em todas as etapas, desde o manancial até a torneira (“from the source to the tap” – TUNDISI, *et al.*, 2015).

A tendência mundial e no Brasil vai à direção de maior controle para a redução da demanda; reúso de água; amplo programa de tratamento de esgotos; controle de efluentes industriais; monitoramento persistente e eficiente. As dificuldades são: convencer o sistema de governança a avançar

nas direções apontadas de gestão participativa, eficiente, tecnológica, preditiva e amplamente transparente.

9.3 De grande preocupação a nível mundial e, especialmente no Brasil, a deterioração da qualidade de água – devida à poluição do ar, a contaminações por efluentes industriais e domésticos, e a usos intensivos do solo – é outro componente que aprofunda a vulnerabilidade da população humana, diminui a disponibilidade de água e produz efeitos econômicos e na saúde pública. Os cálculos econômicos do aumento de vulnerabilidade devido à deterioração de água e seus impactos na saúde humana ainda não são suficientemente conhecidos, em nível mundial, nem no Brasil. Grande parte da deterioração da qualidade da água no Brasil vem da falta de saneamento básico e da ausência de tratamento de esgotos. Somente 30% dos esgotos são tratados, impedindo o reúso e aumentando a deterioração de qualidade. Dentre as inúmeras causas da redução da qualidade da água, o desmatamento dos mananciais é um dos principais fatores.

Análise 9.3

Como já foi salientado, a qualidade de água é preocupação mundial. A tendência mundial, e mesmo no Brasil, é de ampliar a capacidade de avaliar, mensurar e quantificar a contaminação, e desenvolver metodologias para reduzi-la. O monitoramento de mananciais de água distribuída, de rios e lagos deve ser automatizado e desenvolvido com a maior frequência possível. Para isso, há componentes tecnológicos muito importantes, como o uso de imagens de satélite, transmissão de dados em tempo real e interações climatologia-hidrologia-limnologia dos corpos de água.

Há uma falha grande, também mundial, que é a quase ausência de dados a respeito da qualidade da água e da saúde humana, principalmente no que se refere a novas doenças de veiculação hídrica, como os poluentes orgânicos persistentes. Mesmo avaliações epidemiológicas a propósito da origem de algumas doenças mais comuns, por contaminação hídrica, como diarreias, verminoses ou dengue, têm registro precário no Brasil. As dificuldades são as de sempre: convencer e mobilizar os gestores a melhorar a eficiência e a frequência de monitoramento da qualidade, utilizando

novas tecnologias e métodos mais eficazes. Os sistemas de saúde precisam de novos e importantes aportes tecnológicos para analisar a qualidade de água e a saúde humana.

9.4 Novas tecnologias e abordagens incluem o conceito ecológico-evolutivo, eco-hidrologia, pagamento por serviços ambientais, reúso de água, água como fator econômico e incorporam medidas estruturais e não estruturais na governança.

Análise 9.4

Novas tecnologias recomendadas incluem: eco-hidrologia; recuperação e controle das bacias hidrográficas; inclusão, nos planejamentos e na gestão, do controle da quantidade e qualidade da água executado pelas estruturas naturais (ou seja, pelos componentes ecológico-evolutivos e funcionamento dos ecossistemas); implantação de sistemas de reúso; desenvolvimento de padrões de água para reúso (atualmente inexistentes no Brasil); consideração das relações água e economia no presente, bem como realização de projeções para o futuro; e o desenvolvimento de método e sistemas de comunicação para melhorar o contato com o grande público e decodificar as informações a ele passadas. O uso de tais tecnologias é tendência mundial, ainda incipiente no Brasil, mas que começa a ser considerada, especialmente após a crise hídrica. Esta tendência coincide com a opinião e os principais pontos de vista do autor, o qual sempre tratou destes temas em fóruns nacionais e internacionais (TUNDISI, 1986, 1990, 2011).

Dificuldades: faltam exemplos concretos e demonstrativos desta abordagem. Há alguns estudos de caso bem sucedidos no Brasil (TUNDISI, 2003, AGOSTINHO, WANTEZEN *et al.*, 2008) que devem ser explorados para melhor informação.

9.5 Um novo modelo de governança é necessário. Este modelo deve incluir: segurança hídrica, água como bem comum, governança participativa, capacidade preditiva, monitoramento avançado e planos de bacia com financiamento adequado. A consolidação do modelo de gestão a partir de bacia hidrográfica é fundamental. A integração dos componentes hi-

drológicos, ecológicos e eco-hidrológicos forma um dos mais avançados sistemas de gestão integrada. Para tanto, a participação e mobilização da comunidade é fundamental e, para tanto, técnicas e modelos de participação, bem como novas tecnologias de comunicação em massa são essenciais. O modelo deve migrar de uma “sociedade hidráulica” – “top-down” – para uma sociedade participativa e compartilhada “bottom up”. Como aperfeiçoar este modelo, fazê-lo funcionar com eficiência e, sobretudo, alcançar a sustentabilidade do sistema hídrico e ambiental é o desafio das próximas décadas, em todas as culturas, países e continentes.

Análise 9.5

A mudança na governança da água é o grande avanço quantitativo (para aumentar a disponibilidade) e qualitativo (para gerenciar melhor a qualidade) que pode ocorrer no século XXI. A tendência mundial, já desenhada em países europeus e na OECD (“Organisation for Economic Co-operation and Development”), é de governança efetiva e eficiente por bacia hidrográfica. Não há praticamente contradições nesta mudança de paradigma: há consenso entre pesquisadores e gestores. A grande dificuldade é sair do imobilismo. Uma vez estabelecida pela Lei das Águas de 1997, o que pareceu suficiente, a governança deveria ter sido exercida nas bacias hidrográficas. No entanto, há dificuldade na implantação, conforme já foi apontado: financiamento das ações nas bacias hidrográficas; implantação das agências de bacias; planos de bacia de longo prazo, vis a vis desenvolvimento econômico e projeções de demanda. O sistema que foi implantado no Estado de São Paulo e o FEHIDRO tem componentes interessantes e sustenta estudos e projetos. Entretanto, muitos desses não são aproveitados pelos Comitês da Bacia, nem pelos municípios para implementação das propostas encaminhadas. A participação da comunidade científica para implantar banco de dados e sistemas de controle, testar novas tecnologias, como o uso de drones para monitorar impactos nas bacias hidrográficas, ou identificar problemas causados por florescimento de cianobactérias ou macrófitas aquáticas é fundamental. O controle “bottom up” é também necessário com a participação de usuários, associações de classe, gestores e o poder público. Compartilhar a gestão é uma experiência importante e produtiva. A análise econômica das bacias hidrográficas em função da disponibilidade hídrica é outro avanço necessário.

Na opinião deste autor, sem esta consolidação do novo sistema de governança pouco se poderá avançar. É impressionante que os 27 países da Comunidade Econômica Europeia tenham implantado o “European Fresh Water Directive”, um monitoramento avançado de padrão obrigatório, enquanto que, no Estado de São Paulo, haja diferenças significativas na gestão das 22 bacias hidrográficas.

10. SÍNTESE: PASSOS, MEIOS E INSTRUMENTOS PARA TRATAR A QUESTÃO GLOBAL-LOCAL

Para tratar a questão global, há propostas já desenvolvidas e em execução que podem ser aceleradas. Por exemplo, há muitos anos Erlich et al (1997) propuseram a governança planetária dos bens naturais, uma espécie de governo mundial, que nunca se concretizou. Entretanto, instituições internacionais, como a UNESCO, PNUMA e PNUD e a FAO têm desempenhado este papel, embora sem a intensidade proposta por Erlich.

Este autor coordenou, durante vários anos, duas ações internacionais de vul-to: uma consistiu no já programa Água para as Américas (cuja Presidência foi compartilhada com a Profa. Dra. Blanca Jimenez Cisneros, atualmente Diretora do Programa Hidrológico Internacional da UNESCO) 2005-2013.

Neste Programa, lograram-se algumas ações expressivas como a integração entre gerentes de recursos hídricos e pesquisadores, com a realização de seminários na Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Nicarágua, Panamá, Peru, República Dominicana e Venezuela. Como resultado, foram publicados volumes com diagnósticos de recursos hídricos para cada um dos países, bem como um volume síntese chamado Água para as Américas (JIMENEZ & TUNDISI, eds, 2012), publicado pela IANAS (Inter American Association of Academies of Science). Esta é uma iniciativa que deu resultados concretos, pois houve interferências na gestão dos países onde as reuniões ocorreram.

A outra ação também coordenada por este autor foi o *Water Programme* do IAP (Inter Academy Panel, organização com sede na Academia de Ciências da Holanda, que congrega 100 Academias de Ciências). Este programa, desenvolvido entre 2006 e 2011, consistiu em um conjunto de seminários, entre pesquisadores e

gestores na África do Sul, Brasil, China, Jordânia, Polônia, Rússia, com a finalidade de promover maior integração da pesquisa com o processo de gestão. A ideia central foi montar uma rede de Centros de Recursos Hídricos internacionais utilizando o Centro de Eco-hidrologia da UNESCO, na Polônia, como paradigma e catalisador, bem como promover cursos e seminários, utilizando-se das experiências e tecnologias dos diferentes países. Há proposta deste autor para transformar este programa em um projeto mundial de Governança das Águas (TUNDISI, 2007, 2009), a fim de disseminar os novos paradigmas da governança.

Quanto à questão regional/local, a ideia principal é utilizar uma bacia hidrográfica experimental como modelo para introduzir um projeto de governança, nas seguintes bases: *a) banco de dados e sistemas de informação geográfica acoplados; b) transferência de dados e decodificação da informação para gestores; c) análise de tendências econômicas e desenvolvimento da bacia hidrográfica e relações disponibilidade/demanda atual e futura; d) planejamento territorial da bacia hidrográfica, identificação de impactos, quantificação dos impactos; e) consolidação do diagnóstico com a participação da comunidade e propostas de alocação de recursos hídricos, áreas de conservação, educação da população, projetos de recuperação; e f) montagem e funcionamento do sistema com gestão entre administradores, usuários, comunidade.*

Estes são os passos principais e a estratégia em um programa experimental. O fluxo de informações, a transferência do conhecimento, e o mecanismo de governança são fatores fundamentais.

O financiamento deste programa pode ser feito através de agências financiadoras, bancos e programas de governo que promovem apoio a projetos sociais. A recuperação e manutenção da integridade dos processos nos ecossistemas é o fulcro de um programa deste porte e com esta abordagem. Isto interessa à sociedade e pode ser financiado e apoiado por programas sociais, cuja finalidade é promover educação, emprego e renda, com diversificação de oportunidades. Recuperação e manutenção de serviços dos ecossistemas são uma das oportunidades (ZALEWSKI, WAGNER-HOTKOWSKA, 2004).

As principais dificuldades para estabelecer um programa deste porte são: a) escolha da bacia hidrográfica com dimensões adequadas e posições

estratégicas; a) bacia ideal, de 50 a 100 km², com áreas preservadas, áreas urbanas e atividades diversificadas; b) financiamento do projeto; e c) mobilização de comunidade científica para participação no projeto. A participação do ministério público no projeto é fundamental.

II. DISCUSSÃO

A percepção da conservação da natureza, dos ecossistemas e da gestão ambiental têm apresentado mudanças significativas ao longo dos últimos 50 anos. A análise da evolução conceitual que ocorreu mostra que, no início da década de 1960, a ênfase era a proteção de espécies, a implantação de áreas protegidas e a conservação de habitats. A partir da década de 1980, o foco concentrou-se no gerenciamento dos recursos naturais, na redução da exploração da biodiversidade, no controle da poluição e nas perdas de habitats.

Em décadas mais recentes, a partir do ano 2000, a abordagem ecossistêmica, os serviços dos ecossistemas e a economia ambiental foram conceitos dominantes entre pesquisadores e gestores. Nos primeiros anos da década de 2010, as mudanças ambientais, a adaptabilidade, resiliência dos sistemas e a integração entre ciências sociais e ecológicas foram os focos dominantes. A evolução da gestão de recursos hídricos acompanhou as alterações de visão e conceito. O foco inicial para saneamento básico e suprimento de quantidades adequadas de água começou a ser modificado para visão mais sistêmica, interdisciplinar, que tem a bacia hidrográfica como unidade básica de governança. Tratada como sistema complexo, incluindo processos biogeofísicos, econômicos e sociais, a abordagem das bacias hidrográficas prioriza a conservação da quantidade de água para manter a disponibilidade ou produção de água e a proteção de bacias.

Houve também avanço significativo oriundo de propostas dos sistemas de governança da OECD, ao recomendar que quantidade e qualidade da água devem ser tratadas com a mesma prioridade, uma vez que a deterioração da qualidade da água tem sido destacada como um dos grandes problemas a se enfrentar no século XXI. No período de 150 anos, a deterioração da qualidade da água atingiu níveis elevados, com a presença de substâncias

orgânicas dissolvidas, metais pesados, poluentes orgânicos persistentes, os quais têm efeitos muito pouco conhecidos para a saúde humana, agravado pelo fato que tais substâncias não são removidas pelos métodos tradicionais de tratamento. Quantidade e qualidade da água estão, portanto, no centro de processo de sustentabilidade e têm relação direta com a vulnerabilidade das populações humanas tanto em relação às quantidades adequadas de água para suprimento das necessidades básicas, bem como em relação à qualidade necessária para a saúde (considerando-se as diversas doenças tradicionais de veiculação hídrica, e também doenças novas e mais complexas, ocasionadas por pesticidas, herbicidas, hormônios e outras substâncias, atualmente presentes nas águas superficiais e subterrâneas).

Ao considerar os elementos e os componentes da nova visão e paradigma para a governança da água é necessário destacar os progressos para atingir o objetivo, cujas dificuldades para implantação podem ser sintetizados no seguinte quadro/esquema.

PROGRESSO EM DIREÇÃO A UMA NOVA GOVERNANÇA	DIFICULDADES (PROBLEMAS NÃO RESOLVIDOS)
Maior número de dados, banco de informações mais confiáveis sobre a disponibilidade de água, o estado ecológico (dos ecossistemas) e os usos de água	Sistemas imperfeitos de avaliação da qualidade da água. Escassez de informações para inúmeras bacias hidrográficas, e certos tipos de dados não disponíveis (informações hidrogeomorfológicas)
Inclusão de medidas de gerenciamento da demanda (aumento de eficiência no uso da água; mercados da água)	Poucos debates sobre custos da infraestrutura e preço da água para manutenção da sustentabilidade
Necessidade de se estabelecer limites para a expansão da agricultura irrigada e de diminuir a demanda da água na agricultura, com maior eficiência da irrigação	Necessidade de maior discussão e transparência sobre os usos da água na agricultura com maior eficiência
Incrementar a participação pública na governança.	A composição das organizações existentes não reflete a participação pública mais efetiva e atuante (Comitê das Bacias)
Consideração de objetivos ambientais no processo de planejamento	Incompleta transposição destes objetivos no processo (por exemplo: água é tratada de forma marginal nos planos diretores de muitos municípios)

Necessidade de atuar com regulação e monitoramento dos usos do solo, para melhoria da qualidade da água	Cooperação administrativa difícil entre autoridades municipais, estaduais e federais e entre setores
Reconhecimento da clara interligação entre estados químicos e a qualidade e quantidade da água	Poluição difusa, difícil de mensurar e fiscalizar. Insuficiência de dados de qualidade sobre carga de poluentes e nutrientes
Definição de um sistema padrão no estabelecimento de um regime de vazão ecológica, para rios e riachos, com a finalidade de manter os ecossistemas funcionando (sustentabilidade dos ecossistemas)	Os sistemas de negociação e outorga para usos múltiplos ainda não incorporaram este processo. Enquadramento dos corpos de água para definir usos múltiplos

Quadro adaptado e modificado de De Stefano e Hernandez-Mara (2013).

O gerenciamento integrado de recursos hídricos, cuja mudança para os novos paradigmas tem sido discutida e apontada como solução, em inúmeros fóruns, (UNESCO, 2014) sofre, até certo ponto, as influências dos efeitos das mudanças climáticas que vêm ocorrendo mais rápido do que se esperava, e que atingiu países e continentes, entre 2013 e 2014, em uma proporção avassaladora (MENUH, 2014).

Isto implica na incursão e investimento em medidas de contingenciamento dos usos múltiplos, redução da demanda e **nova ética que considere segurança hídrica, cidadania da água, e água como bem comum.** Já está muito claro para a sociedade que se um autêntico processo de mobilização e participação não ocorrer, a governança e o gerenciamento das águas não terão sucesso. Esta experiência tem se repetido em muitos países.

Todos os casos de sucesso na recuperação de rios e lagos, relatados para muitos países envolveram a participação ativa da sociedade organizada e mobilizada (TUNDISI, 1990).

A nova governança da água sintetiza as realidades hidrológicas, o ciclo hidrossocial e as realidades políticas em sistemas complexos interconectados e inter-relacionados (DARGANTES *et al.*, 2012).

Duas questões para debates emergem dos novos conceitos e abordagens. A primeira se refere à quanta ênfase se deve colocar na base tecnológica e científica e o peso que se deve atribuir na relação tecnologia-participação da comunidade e dos usuários. As bases científicas e a tecnologia são fundamentais, mas não suficientes para a governança efetiva dos recursos hídricos. Tecnologia e ciência aplicada à gestão de recursos hídricos necessitam de uma decodificação para a comunidade, para compreender a complexidade do processo e das questões principais. A forma e os mecanismos de realizar a decodificação devem ser objetos de discussões, abordagens metodológicas e conceituais, e de metodologias diferenciadas de comunicação social (TUNDISI, 2011).

A segunda questão refere-se à relação zona rural/zona urbana nas bacias hidrográficas. Uma vez que a zona rural pode ser crítica no suprimento de águas de boa qualidade e em quantidade suficiente, o estímulo e incentivos aos municípios, para a proteção e a conservação de bacias hidrográficas, devem ser considerados prioritários. O exemplo de Nova York é emblemático neste sentido, especialmente levando-se em consideração que os custos para o tratamento de água do Rio Hudson eram de duas a três vezes maiores do que o investimento necessário para disponibilizar/produzir água a partir da zona rural.

Assegurar a quantidade de água suficiente com boa qualidade, preservando e recuperando as estruturas e a função dos ecossistemas é a direção da nova governança da água. Especialmente nesta questão, deve-se considerar fortemente positivo o investimento no pagamento por serviços ecossistêmicos que remunera proprietários rurais que recuperam mosaicos de vegetação e florestas ripárias. Aqui, deveria também ser incluído o pagamento por recuperação e ou proteção de áreas alagadas (wetlands), cuja função ecológica e efeito tampão já foram extensivamente demonstrados (Patten *et al.*, 1992).

A existência de conflitos entre os usuários da água pode agravar-se no futuro, principalmente em períodos de escassez hídrica.

Os usos múltiplos como produção de hidroeletricidade, recreação e a aquicultura em reservatórios têm produzido conflitos em represas do

Estado de São Paulo. Estas represas são intensivamente utilizadas para múltiplas atividades e a intermediação e resolução dos conflitos ainda é incipiente no Brasil. Esta é uma tarefa importante para os comitês de Bacias Hidrográficas, os quais, além da intermediação devem ter um relevante papel avançado no planejamento das bacias hidrográficas.

Neste problema especial, do planejamento de bacias hidrográficas, a integração das águas atmosféricas (precipitação), superficiais e subterrâneas deve, sem dúvida, receber grande ênfase. A quantidade de água disponível em uma bacia hidrográfica (em função do ciclo hidrológico); a determinação das reservas de água subterrâneas; o dimensionamento das demandas doméstica, industrial e agrícola; a identificação da distribuição da água na bacia; e o estabelecimento do mapa da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são dados fundamentais em um planejamento. A capacidade preditiva do planejamento deve ser também considerada: qual a direção do desenvolvimento industrial e agrícola da bacia hidrográfica? Como será a distribuição e o crescimento populacional? Qual a futura dimensão e impacto dos usos múltiplos nas reservas hídricas, dada a disponibilidade? E, não há dúvida que, nos cenários, as mudanças climáticas devem ser consideradas como função de força extremamente poderosa na disponibilidade de recursos hídricos.

A base científica e tecnológica, que permitirá a inclusão de maior capacidade preditiva no planejamento das bacias hidrográficas deve, entretanto, receber novos e importantes aportes: o principal deles é a compreensão mais efetiva entre os sistemas naturais e sociais e a análise mais profunda da bacia hidrográfica como sistema complexo (REID *et al.*, 2010).

» **A economia das bacias hidrográficas**

O desenvolvimento e as atividades econômicas das bacias hidrográficas dependem do ciclo hidrológico. Como água é um recurso renovável, a sustentabilidade de todos os ciclos biogeoquímicos, a biodiversidade e as atividades humanas renovam-se a cada ciclo, com a disponibilidade de água. Além da quantidade da água, a qualidade degradada pode afetar a economia, impedindo o reúso e interferindo, de forma negativa, nos serviços dos ecossistemas hídricos ofertados ao homem. Como a produção de

alimentos depende da disponibilidade da água, a segurança alimentar e a segurança hídrica estão inter-relacionadas.

O desafio é manter a economia das bacias hidrográficas em funcionamento adequado, eficiente e de forma sustentável, assegurando a quantidade de água suficiente, e uma boa qualidade permanentemente e nos padrões de potabilidade e para os usos múltiplos.

A governança da água deverá ter dois pilares como foco: quantidade e qualidade, com visão de futuro, banco de dados adequado e consistente. A governança deverá incorporar e resolver inúmeros desafios: mudanças climáticas, destruição de biomas, seca, poluição, enchentes e impactos na saúde humana.

» **As áreas urbanas**

A expansão das áreas urbanas, especialmente na América Latina, introduziu novos e relevantes desafios na governança das águas. O conjunto de problemas apresentados pelas áreas urbanas envolve a necessidade de integrar usos do solo, os serviços dos ecossistemas e a saúde humana.

Os usos diversificados do solo devem ser monitorados e quantificados, assim como os ciclos de nutrientes e materiais, juntamente com a drenagem urbana, devem ser avaliados. A acumulação de rios urbanos pela carga de nitrogênio e fósforo é problema comum a todos os municípios e regiões urbanas e metropolitanas.

As regiões urbanas são sistemas dinâmicos e com alto impacto potencial nas águas superficiais e subterrâneas. A integração de áreas verdes, parques e florestas lineares, e dos serviços dos ecossistemas, é fundamental para as cidades, pois desenvolve maior capacidade tampão contra efeitos de enchentes, drenagem excessiva, transporte e perda de solo, e adição de cargas aos rios urbanos. Adicionalmente, a evapotranspiração das florestas e parques urbanos contribui para melhorar a umidade do ar, além de funcionar como zona de recarga de aquíferos, que alimentam, em parte, os rios urbanos (TUNDISI, 2005).

A gestão da água e de saúde humana em áreas urbanas e grandes regiões metropolitanas são também de importância econômica e social. A expansão do suprimento da água e do saneamento básico a todas as comunidades urbanas e, especialmente às mais vulneráveis, é outra medida de intensa repercussão na saúde pública e econômica. Aumentar a capacidade, ainda reduzida, de estatísticas epidemiológicas da área urbana para avaliar o grau de importância, quantificar e controlar a incidência de doenças de veiculação hídrica é extremamente urgente e necessário.

O uso eficiente da tecnologia e do conhecimento científico para monitorar águas urbanas e desenvolver indicadores de regiões urbanas saudáveis para efeito comparativo é outra possibilidade que deve ser explorada.

Há, entretanto, um conjunto de problemas, dificuldades e contradições que interferem na governança dos recursos hídricos em áreas urbanas. Planos diretores de municípios não incorporam com a devida relevância a quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis e as intersecções entre bacias hidrográficas urbanas e os territórios urbanos. Muitos planos não contemplam de forma adequada o que deve ser parte de um futuro planejado à proteção de mananciais, e não incorporam programas de recuperação e proteção de áreas verdes. Outra dificuldade é a organização de comitês de bacias hidrográficas em áreas urbanas. A localização das microbacias é relativamente difícil, pela canalização e desaparecimento de rios na malha urbana. Portanto, a organização da sociedade para apoiar e participar na governança das bacias urbanas é pouco desenvolvida e, quando implantada, não é efetiva.

A rigor, o processo de tomada de decisões e apontamento das prioridades na gestão urbana de recursos hídricos deveria ser amparado pela participação ativa da sociedade, por meio das organizações da sociedade civil, da comunidade científica, do setor produtivo, de instituições governamentais e autoridades, gestores e tomadores de decisão.

A gestão territorial, a escolha das escalas que coincidem com unidades naturais, e bacias hidrográficas são fundamentais na gestão integrada de recursos hídricos em áreas urbanas.



BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional das Águas (ANA). Conjuntura, 205 pp. 2011.

Anonymous. Climate change. Evidence impacts and climates choices. National Research Council of the National Academy of Sciences, USA, 36 pp. 2012

Asano, T. Water recycling: a relevant solution? pp 261-284. In: Rogers, P.P. et al (editors). Water Crisis: myth or reality? Taylor & Francis. Marcelino Botin Foundation, 331pp , 2006a.

Asano, T. Water reuse via ground-water recharge. Int. Review for Environmental strategies. Vol 6 (2): 205-216. Inst. For Global Environmental Strategies. 2006b.

Ayensu, E. et al., International ecosystem assessment. Science, vol. 286: 685-686. 1999.

Cohen, J.P.C. Um estudo observacional das linhas de instabilidade na Amazônia. Dissertação de Mestrado 153 p. INPE, São José dos Campos, 1989.

Bobbio. N.A. A era dos direitos. Rio de Janeiro. Editora Campus. 1992.

Braga, B.P.F et al. Pacto Federativo e gestão de águas. pp 17-42. Estudos Avançados, vol 22 (63). 336 pp, USP. 2008Brasil., **Lei no 9.433**, 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o at. 1o da Lei no 8.001 de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/_ARQSlegal/Geral/Legislacao%20Federal/Lei%209433%20-%2008Jan97%20Insitui%20a%20PNRH.pdf. Acesso em: 22 dez. 2008

Cavalcanti I.F.A.; Ferreira N.J.; Justi da Silva M. C.A.; Silva Dias M.A.F (organizadores). Tempo e clima no Brasil, Oficina de textos. São Paulo. 463 pp. 2009.

Chapman, D. (editor). Water Quality Assessments. UNEP, UNESCO, WHO CHAPMAN & Hall, 585 pp. 1992.

Clarke R. Water. The International Crisis. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, 1993.

Cosgrove, W.J. Water for growth and security. pp37-42. In: Rogers, P.P. et al (editors). Water Crisis: myth or reality? Taylor & Francis. Marcelino Botin Foundation, 331pp, 2006.

Costanza, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, vol 387: 253-260. 1997.

Dargantes, B., Manaham, M.A., Moss, D. & Suresh, V. Water Commons, Water Citizenship and Water Security. Passarele, n. 606: 106-116. 2012.

Ecohydrology & Phytotechnology Manual. UNESCO; UNEP, International Centre of Ecology, Poland 246 pp. 2004.

Erlich P.R. Erlich A.H. Holdrem J.P. Ecoscience: Population, resources, environment. W.H. Freeman & Co São Francisco, 1997.

Gleick, P.H. "The Human Right to Water". Water Policy, vol 1 (5): 487-503. 1999.

Hannemann, W.M. The economic conception of water. pp 61-91. In: Rogers, P.P. et al (editors). Water Crisis: myth or reality? Taylor & Francis. Marcelino Botin Foundation, 331pp, 2006.

Hespanhol, I. Um novo paradigma para a gestão dos recursos hídricos. Estudos Avançados, IEA, USP, pp 131-158. 2008

Hupfer H. M., Figueiredo J.A.S. & Tundisi J.G. Pagamento por serviços ambientais. Entre Meios Editora. PP.219 pp. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo da população do Brasil. 2010.

IPCC (Intergovernmental on Climate Change). Climate Change 2007. Climate change impacts, adaptation and vulnerability, IPC Working Group II, 4th Assessment Report – Summary for Policymakers, 23p. 2007.

Jimenez-Cisneros B. & Tundisi J. G. (Coordenadores) Diagnostico del Agua em Las Americas. IANAS. Foro consultivo Científico Y Tecnológico. 447 pp. 2012.

Jimenez-Cisneros, B. Responding to the challenges of water security. The eight phase of the International Hydrological Programme 2014–2021. Hydrological Sciences and Jorgensen, S., Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T. Handbook of Inland Aquatic Ecosystem Management. 422pp. Taylor & Francis, CRC Press, 2012.

Loh, J. Living Planet Report. World Wildlife Fund. International. Switzerland. 2000.

Martin – Ortega J. and Markandya A. The costs of drought: The exceptional 2007–2008 case of Barcelona. BC3 Working paper series. Basque Centre for Climate change. 31 pp. 2009.

MEA – Millenium Ecosystem Assesment. Ecosystem and Human Wel Being. A framework for assessment. Island press. 245 pp 2005.

Melo, A.B.C., Cavalcanti, I.F.A. & Souza, P.P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. pp 25–41. In: Cavalcanti et al (organizadores). Tempo e Clima no Brazil. Oficina de Textos. 46 pp, 2009.

Moss B. et al. Synthesis and Conclusions: International Symposium on Ecohydrology, Biotechnology and Engineering: towards harmony between the biogeosphere and society on the basis of long term Ecosystem Research.

Ecohydrology and Hydrobiology. Vol. 14, pp. 1-13. 2014.

Nakamura, M. & Rast, W. Development of ILBM Platform Process: evolving guidelines through participatory improvement. Shiga University and ILEC., 76 pp 2011.

OECD. Improving Water Management: recent OECD experience. IWA Publishing, 128 pp. 2003.

Paerl, H.W. and Huisman, J. Blooms like it hot. Science, vol 320: 57-58., 2008.

Periotto, N.A. & Tundisi, J.G. Ecosystem services of UHE Carlos Botelho (Lobo/Broa): a new approach for management and planning of dams multiple uses. Braz. Journ. of Biol. Vol 73 (3): 471-482. 2013.

Porto, M.F.A. & La Laina Porto, R. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados. 336 pp, USP, vol.2(63):43-62, 2008.

Rogers, P.P. et al. Water Crisis: myth or reality? Foundation Marcelino Botin. Taylor & Francis. 300 pp. 2006.

Rosengrant M.W. Water Resources in the 21st century: Increasing Scarcity; Declining Quality, and implications for Action. UNU working paper, Tokyo. 1996.

Shiklomanov, I.A. World Water Resources and Water Use, present assessment and outlook for 2050. State Hydrological Institute, St Petersburg, Russia. 1999.

Somlyódy, L. & Varis, O. Freshwater under pressure. Int. Review for Environ. Strategies. Vol6 (2): 181-204. 2006.

Sorano, P.A. et al. The lake landscape-context framework: linking aquatic connections, terrestrial features and human effects at multiple spatial scale. Verh. Internat. Verein. Limnol. v. 30(5): 695-700. 2009.

Tucci, C.M.C. Urbanização e Recursos Hídricos. pp. 113-128. In: Bicudo, C.E.M. et al. (org.). Águas do Brasil – Análises estratégicas. Academia Brasileira de Ciências. Secretaria do Meio Ambiente. Estado de São Paulo. 222pp. 2010.

Tundisi J. G. et al. An evidence of the effect of climatic changes in a shallow subtropical reservoir, Brazilian Journ of Biol. (in press) 2015.

Tundisi J.G. Ecology and Development: Perspectives for a better society. *Physiol. Ecology: Ecology for Tomorrow*. vol. 27, pp. 93-129 Japan 1990.

Tundisi J.G. IAP Water Programme: bridging water research, innovation and management: enhancing global water management capacity. pp. 1-9. WAITR0, Royal Society of Jordan, IAP. 255 pp. 2009.

Tundisi J.G. Local Community involvement in environmental planning and management: The Lobo/Broa reservoir case study. *Regional Development Dialogue*. vol. 8, nº3, pp. 133-153. United Nations Centre for Regional Development – UNCRD – Nagoya Japan, 1987.

Tundisi J.G. Nature makes a difference in a city. *Letters to the Editor. Science*, vol. 309: 19-20, 2005.

Tundisi J.G. The advocacy responsibility of the Scientist. pp. 448-451. In: Dean Moore and Nelson P.M. (Editors). *MORAL GROUND. Ethical action for a planet in peril*. Trinity University Press. San Antonio, Texas, 478, pp. 2010.

Tundisi, J.G. Coupling surface and groundwater research: International Centers for Innovation, Research, Development and Capacity Building in Water Management. *Integrating Science and Technology into Development Policies: an international perspective*. OECD, pp 163-170. 2007.

Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi T. Impactos potenciais das alterações do código florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotrop*. 10(4): 67-76. 2010.

Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T. *Limnology*. Taylor & Francis, CRC Press. 864 pp, 2012.

Tundisi, J.G. & Matsumura-Tundisi, T. Recursos Hídricos no Século XXI. 328 pp Oficina de Textos, 2011.

Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T., Ciminelli, V.S. & Barbosa, F.A. Water availability, water quality, water governance: the future ahead. Hydrological Sciences and Water Security: past, present and future. Extended abstract of the 11th Kovacs Colloquium. UNESCO Publication, Paris, France, 2014.

Uvo, C.B. Influence of sea surface temperature on rainfall and runoff in Northeast South America: analysis and modelling. PhD thesis, Lund University, Sweden, 78 pp. 1998.

Wantzen et al. Towards a sustainable management concept for ecosystem services of the Pantanal wetland. *Ecohydrology & Hydrobiology*. vol. 8, n° 2, 4, pp. 115-138, 2008.

Water Security: past, present and future. Extended Abstract of the 11th Kovacs Colloquium, UNESCO Publication, Paris, France pp 7-8, 2014.

Wittogel, K.A. *Oriental despotism: a comparative study of total Power*. Randon House Inc. ,1957.

Zalewski, M. Ecohydrology in the face of the anthropocene. *Ecohydrology & Hydrobiology* 7(2): 9-100. 2007.

Zalewski, M. Ecohydrology Biotechnology and engineering for cost efficiency in reaching the sustainability of the biosphere. *Ecohydrology & Hydrobiology*. Vol. 14. 99. 14-20. 2014.

Zalewski, M. et al. (eds). *Integrated watershed management. Ecohydrology and phytotechnology manual*. UNESCO IHP, UNEP IETC. 246 pp 2004.

HUERTHAS, 2011.

ANEXOS

ANEXO A: TABELAS

TABELA I. INCREMENTO DOS USOS DE ÁGUA 2000 – 2050.

AUMENTO 2000 - 2050 %	
População	49%
Demanda Agrícola	26%
Consumo Agrícola	26%
Demanda município	61%
Consumo município	64%
Demanda industrial	13%
Consumo industrial	31%
Demanda total anual	29%
Consumo total	27%

Fonte: Shiklomanov, 1999

TABELA II. USOS DE ÁGUA POR CONTINENTE (KM³/ANO).

	1950	1960	1970	1980	1990	2000
África	56	86	116	168	232	317
América do Norte	286	411	5556	663	724	796
América Latina	59	63	85	111	150	216
Europa	94	185	294	435	554	673
Ásia	865	1.237	1.543	1.939	2.478	3.187
Total	1.360	1.982	2.594	3.316	4.138	5.189

Fonte: Clarke, 1993

ANEXO B: FIGURAS

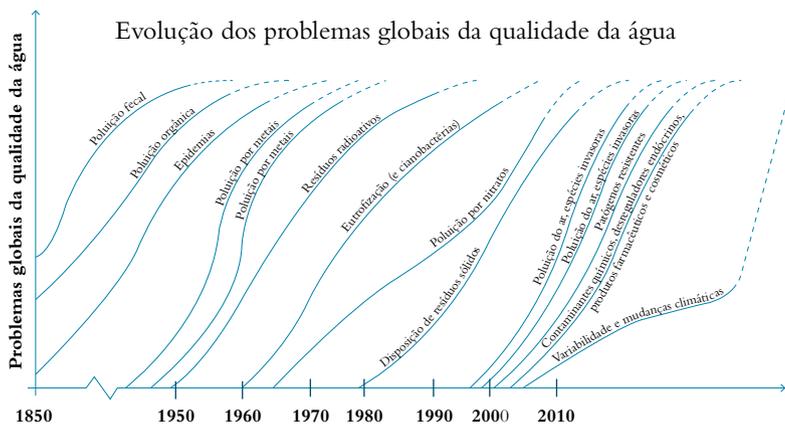


Figura 1. Tendências na evolução dos problemas da qualidade da água a partir da segunda metade do século XIX mostrando o aumento da complexidade dos processos ao longo do tempo e os problemas metodológicos envolvidos. Degani e Tundisi (2014) modificado de Chapman (1992) e Somlyódy and Varis (2006).

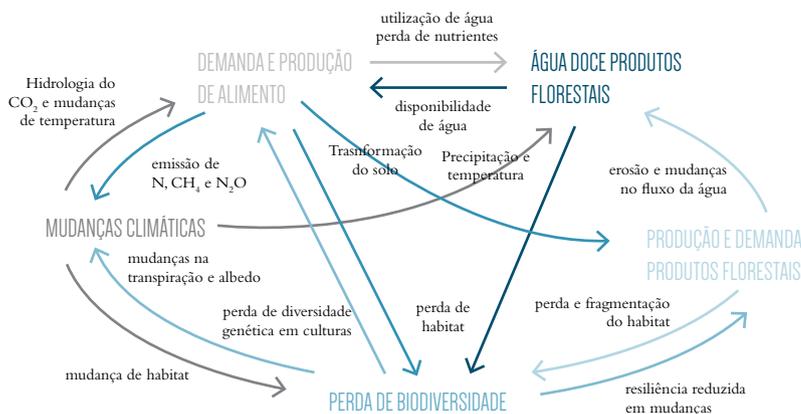


Figura 2. A integração dos diferentes componentes sob o impulso das mudanças climáticas e produção.

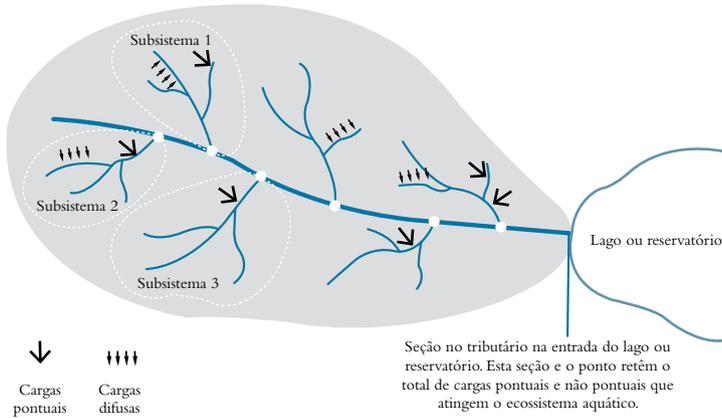


Figura 3. A bacia hidrográfica como unidade de gestão biogeofísica, econômica e social.
 Fonte: modificado de Rast et al, 1989

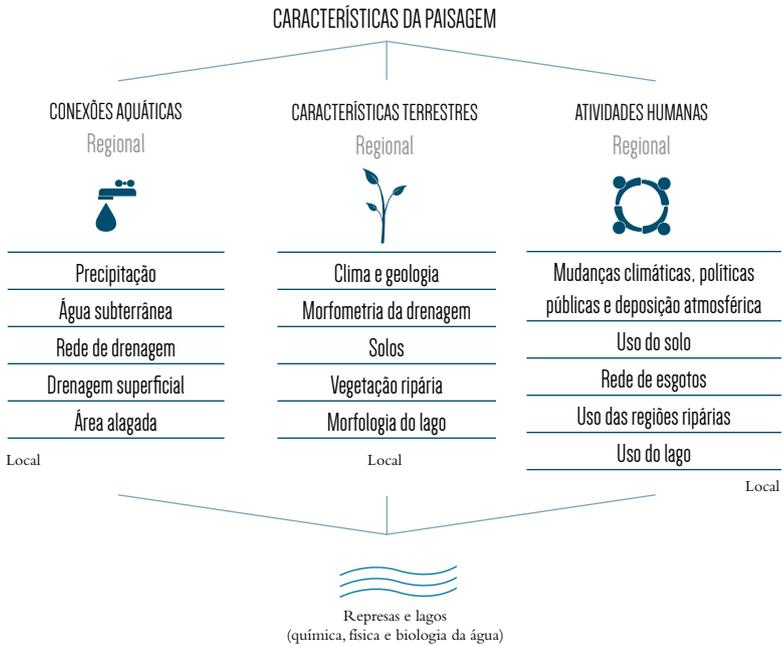


Figura 4. Conexões aquáticas terrestres e atividades humanas em uma bacia hidrográfica (Fonte: Sorano et al.) Fonte: Sorano et al, 2009



GLOSSÁRIO

Abastecimento público de água: Água utilizada para todas as atividades humanas e disponibilizada por instituições públicas ou privadas.

Acessibilidade (à água): Condição de acesso à água para a população.

Antropogênico: Que resulta de influência de atividades humanas nos ecossistemas.

Aquicultura: Cultivo de organismos aquáticos (peixes, moluscos, camarões, lagostas, plantas aquáticas) em lagos e represas “in situ” em condições controladas ou em tanques localizada em terra.

Aquífero: Uma camada de água subterrânea sob rochas permeáveis ou de material consolidado.

Aquífero confinado: Aquífero no qual a água subterrânea está confinada sob pressão maior do que a pressão atmosférica. Sinônimo: aquífero artesiano.

Área alagada: uma área que é permanentemente ou periodicamente inundada durante um ciclo estacional; sua característica principal é que o solo é permanentemente ou periodicamente saturado de água. Este solo úmido é anaeróbico ou não tem oxigênio na sua porção superior.

Bacia hidrográfica: Área de superfície drenada por uma rede de rios e riachos. A linha que junta os pontos mais altos no perímetro de uma bacia (inglês: *watershed catchment*).

Biodiversidade: Número e abundância relativa de diferentes espécies que representam a heterogeneidade do processo biológico nos ecossistemas e na biosfera. Biodiversidade pode ser genética e funcional ou estrutural (Margalef, 1994).

Carga orgânica: Carga de material orgânica descarregada em rios, lagos e represas a partir de fontes difusas ou pontuais.

Cianobactérias: Um grande e variado grupo de Bactérias que possui clorofila *a*, através do qual podem realizar fotossíntese, na presença de luz. Foi classificado no passado como “Algas azuis” devido a presença de um pigmento azulado, a ficocianina. O grupo é muito antigo (mais de 3 bilhões de anos) e é provavelmente o primeiro grupo que produziu Oxigênio no planeta Terra.

Ciclo biogeoquímico: Ciclo de elementos como carbono, fósforo e nitrogênio nos ecossistemas e na biosfera.

Ciclo hidrológico: Ciclo da água em uma *bacia* hidrográfica, nos continentes e no planeta, constituindo-se no processo e no balanço de precipitação, evapotranspiração, fluxo e reserve nos aquíferos.

Comitê das bacias: Comissão, assembleia “parlamento das águas” em uma bacia ou *unidade hidrográfica*, com funções deliberativas e consultivas, dentro da nova política das águas. Os comitês são formados por representantes do poder público- federal, estadual e municipal, dos usuários e da sociedade civil.

Desenvolvimento sustentável: Desenvolvimento com uso adequado e equilibrado dos recursos naturais, de forma que estes possam ser utilizados pelas gerações futuras. É o uso dos recursos naturais com responsabilidade social e visão do future.

Disruptores endócrinos: Substâncias que causam efeitos biológicos adversos interferindo com o sistema endócrino e causando disrupção no funcionamento fisiológico dos hormônios.

Eco-hidrologia: A subdisciplina da hidrologia que coloca foco nos processos ecológicos envolvidos no ciclo hidrológico.

Ecotecnologias: Tecnologias especiais de baixo custo que incorporam os mecanismos de funcionamento de ecossistemas na escolha de alternativas para o gerenciamento e a recuperação de ecossistemas aquáticos.

Efeito estufa: Os gases de efeito estufa absorvem radiação infravermelha que é emitida pela superfície da Terra, pela própria atmosfera e pelas nuvens. Os gases de efeito estufa absorvem calor no sistema superfície-atmosfera. Esse efeito é denominado “efeito estufa natural”. É por causa desse efeito natural que se manteve no planeta Terra uma temperatura média que permitiu a vida. O aumento da concentração de gases que produzem o efeito estufa aumenta a capacidade à radiação infravermelha, causando aumento da temperatura no sistema superfície-troposfera. Este é denominado “efeito estufa exacerbado”.

Efluente: Fluxo da água, especialmente um rio que flui para fora de um corpo de água, reservatório, lago ou área alagada. Um riacho ou rio que flui a partir de outro rio de maior porte. Água de despejo (rios), de indústrias ou de áreas agrícolas ou de águas de resfriamento de plantas industriais ou nucleares.

Eutrofização: Processo pelo qual o suprimento de nitrogênio e fósforo de um sistema aquático, continental, estuário ou água costeira é aumentado a partir de fontes pontuais e não pontuais. A eutrofização geralmente é acompanhada de aumento de biomassa, do hipolimnio anóxico e do crescimento anormal de cianobactérias. A eutrofização *cultural* é resultante da ação humana, enquanto que a eutrofização *natural* ocorre por fenômenos naturais tais como erupções vulcânicas, decomposição da vegetação que compõe as bacias hidrográficas.

Fontes difusas de poluição: Carga orgânica e inorgânica originada a partir de fontes dispersas na bacia hidrográfica.

Fontes pontuais de poluição: Carga orgânica e inorgânica que atinge pontualmente rios, lagos e represas. Geralmente é uma carga concentrada e se descarrega a partir de uma única intrusão superficial ou subterrânea (rios ou córregos).

Gerenciamento adaptativo: Gerenciamento que adapta as ações para proteção e recuperação de ecossistemas com base no conhecimento científico acumulado. Esse gerenciamento reduz incertezas nas ações de proteção e recuperação.

Gerenciamento preditivo: Gerenciamento que procura eliminar o grau de incerteza e desenvolver estimativas quantitativas para antecipar eventos e preparar respostas adequadas a impactos.

Indicadores: Características específicas de um sistema natural que podem dar condições para avaliar mudanças e efeitos de impactos. Pode ser uma espécie, um grupo de espécies, comunidade, habitats ou condições tróficas.

Mudanças climáticas: As mudanças climáticas frequentemente denominadas de *aquecimento global* referem-se a: 1) aumento das temperaturas globais; 2) aumento de extremos hidrológicos que resultam em alterações como enchentes ou secas prolongadas. O termo mudanças climáticas é utilizado de forma a incluir “aquecimento global” ou “efeito estufa”, referindo-se aos impactos de emissões de gases (metano- CH_4 , óxido nitroso- N_2O , dióxido de carbono- CO_2) que provocam o aquecimento do planeta.

POPs (poluentes orgânicos persistentes): São poluentes orgânicos que dissolvidos na água, permanecem intactos por longos períodos, tais como antibióticos, hormônios. Circulam globalmente, causando danos extensivos à saúde humana. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem essas substâncias permanecendo portanto em circulação nas águas de abastecimento. Existe uma Convenção Internacional (Convenção Internacional de Estocolmo) para combater os POPs.

Poluente: Uma substância ou elemento que direta ou indiretamente causa danos ao meio ambiente e /ou aos seres humanos.

Recarga do aquífero: Processo pelo qual a água é adicionada à zona de saturação do aquífero direta ou indiretamente a partir de fluxos horizontais.

Segurança hídrica: A capacidade de uma população garantir o acesso a quantidades suficientes de água, de qualidade aceitável para sustentar a saúde humana e dos ecossistemas nas bacias hidrográficas, e assegurar proteção eficiente da vila e propriedade contra desastres relacionados com a água: enchentes, deslizamentos e secas (UNESCO, IHP, 2012).

Tóxico: Material, substância ou elemento que pode causar dano crônico ou agudo ao tecido biológico, a partir de contato físico ou absorção. Substâncias que mesmo em pequena quantidade podem causar morte ou doença grave, quando ingerida, absorvida na pele ou inalada nos pulmões.

Toxina: Substância ou elemento que causa efeitos tóxicos.

Uso comercial da água: Água utilizada para suprir edifícios comerciais, como hotéis, facilidades comerciais, restaurantes e escritórios.

Uso industrial da água: Água utilizada para produção industrial, como aço, produtos químicos, alimento, papel e derivados, mineração, refinação de petróleo.

Vulnerabilidade (aos extremos hidrológicos): vulnerabilidade das populações humanas aos extremos hidrológicos corresponde ao risco a que estão sujeitos milhões de pessoas que dependem da água. A vulnerabilidade se refere tanto a extremos hidrológicos de alta densidade (grandes precipitações e enchentes) quanto à secas prolongadas e falta de água. Vulnerabilidade significa risco aumentado para população humana em condições extremas e, em situações físicas ambientais e econômicas que oferecem risco. A abordagem mais abrangente sobre a vulnerabilidade é a chamada vulnerabilidade multidimensional englobando aspectos físico, social, econômico, ambiental e institucional. *Vulnerabilidade não é sinal de pobreza*



ACRÔNIMOS

ANA – Agência Nacional das Águas

BCC – Basque Center for Climatic Change

CEIVAP – Comitê DA Bacia do Rio Paraíba do Sul

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ILBM – Integrated Lake Basin Management

IPCC – International Panel on Climatic Changes

MEA – Millennium Ecosystem Assessment

UNEP – United Nations Environmental Programme

UNESCO – United Nations for Science and Education

WB – World Bank (Banco Mundial)



PÚBLICO ALVO DESTE DOCUMENTO

16. PÚBLICO ALVO DESTE DOCUMENTO

O documento foi preparado com a finalidade de atender a um público alvo de amplo espectro:

- » *Tomadores de decisão do serviço público e gerentes de recursos hídricos;*
- » *Profissionais do setor de recursos hídricos: consultores independentes, diretores de firmas consultoras em recursos hídricos;*
- » *Professores universitários da área de recursos hídricos;*
- » *Professores do segundo grau;*
- » *Empresários e representantes da iniciativa privada que desenvolvem projetos na área de recursos hídricos;*
- » *Representantes da Sociedade Civil, Comitê das Bacias Hidrográficas;*
- » *Políticos: vereadores, deputados estaduais e federais, senadores e governantes nas diferentes esferas e poderes.*
- » *Advogados e promotores que atuam na área ambiental.*



COMENTÁRIOS
E COMENTARISTAS CONVIDADOS

O modelo adotado para o Think&doTank de Sustentabilidade (TdTSus) prevê a elaboração de Documento de Posicionamento, para representar a opinião do autor a respeito de tema relevante, contendo aspectos prioritários, conflitantes e proposições para o tratamento das questões, com vistas a eliminar problemas, com visão de futuro.

O interesse do TdTSus não está, necessariamente na forma, nem no estilo adotados pelo autor do texto, mas, no conteúdo, do ponto de vista de afirmações, reivindicações, fatos, contradições que possam ser aprimorados. Os comentários ao documento não são utilizados para mudar o texto original, para efeito de publicação. Visam fornecer, aos leitores, a manifestação de pessoas com a liberdade de expor o que e como pensam a respeito do texto. O leitor utiliza os comentários também com liberdade de escolha dos comentários feitos.

Comentaristas, especialmente convidados para se manifestar, nas primeiras etapas de revisão do documento, e demais interessados, após a divulgação do documento e dos comentários iniciais, são solicitados a considerar as seguintes recomendações.

- » Respeitar e demonstrar abertura para contradições e pontos de vista
- » Analisar preconceitos, evidências obscuras, falhas ou ausências para as reivindicações e contra argumentações
- » Comentar os fatos afirmados, falhos ou ausentes
- » Comentar, no que couber, a autoridade das fontes citadas
- » Verificar falhas de lógica
- » Incluir novos argumentos sólidos

Falhas, insuficiências e adições, recomendadas nos comentários devem ser vistas como elementos que contribuem para melhorar o entendimento a respeito do assunto. De qualquer forma, os comentários passam a fazer parte do documento, em benefício dos demais leitores, e servem de estímulo para que outras pessoas se interessem pelas questões abordadas e tenham oportunidade de adicionar suas contribuições pessoais.

Para isso, o TdTSus disponibiliza espaços apropriados no site (www.tdt-sutentabilidade.org), respeitadas as recomendações citadas. Manifestações ofensivas serão recusadas.

É desejo que pessoas e organizações discutam e debatam as questões, interna e externamente aos seus ambientes e, acima de tudo, implementem atividades em suas áreas de atuação, de competência e de responsabilidade, a fim de que problemas relevantes possam ser abordados, objetiva e concretamente.

Comentaristas

- » Asher Kiperstok
- » Darcy Brega
- » Glauco Kimura
- » Helton R.O. Silva e Silvia H. Bonilla
- » Juliana Cibim
- » Marussia Whately
- » Malu Ribeiro

ASHER KIPERSTOK

Os comentários foram inseridos no próprio documento de posicionamento, durante a fase de revisão do texto, e outros editados e reproduzidos, a seguir, de modo a refletir as opiniões do comentarista. Sugestões editoriais, pontuais, foram introduzidas no documento original. Os termos em negrito correspondem aos itens do documento comentado.

Introdução:

- » Eu incluíria o aumento dos padrões de consumo em geral. Parece-me muito mais relevante do que o próprio crescimento populacional na pressão sobre os recursos ambientais.

- » Sobre **políticas públicas**: incluiria os padrões de utilização, cultura, etc.
- » E **medidas de prevenção**: também dos usos, quantidades utilizadas, gestão da demanda.

2. O panorama mundial; 2.1 Usos múltiplos, demandas, disponibilidades

- » Parece-me relevante discutir a questão do consumismo vigente, no qual se assenta a economia mundial. Isto é central para a discussão da crise de recursos naturais e muito mais relevante do que o crescimento populacional.
- » Sobre **manutenção da economia e das atividades humanas**: o crescimento do consumo per capita é o principal fator de pressão sobre os recursos. Este crescimento inclui tanto o atendimento de necessidades primordiais das populações mais carentes quanto o desejo por supérfluos, influenciado pelo padrão de consumo das sociedades opulentas.
- » Sobre **produção de alimentos** para a população: o documento parece indicar que este crescimento visa atender às demandas nutricionais, deixando de lado o hiperconsumo, as perdas e desperdícios, tal qual a questão da obesidade, que se postula hoje como tão ou mais grave do que a subnutrição.
- » Sobre a **manutenção da taxa de urbanização**: como fica a manutenção do padrão de perdas e desperdícios nos sistemas urbanos e industriais? É importante considerar a preocupação com a gestão da demanda.
- » Sobre **mudanças de hábito**: vale refletir a propósito das perdas nos sistemas e domicílios.
- » Sobre os **usos atuais no mundo**: sugiro que se considerem também as águas salinas e salgadas como parte da oferta. O importante para o seu aproveitamento é considerar a distância energética para atender ao consumidor. A dessalinização da água do mar é possível com 3,6 kwh por metro cúbico, menor, possivelmente, do que as águas da transposição do São Francisco por exemplo, se considerarmos perdas e desperdícios.

- » Parte da Jordânia, pelo menos da Palestina, é hoje atendida com água do mar dessalinizada nas estações israelenses. E chega a custo menor do que é pago no Brasil. O problema é que a energia elétrica utilizada provém de termoeletrica movida a carvão colombiano, o que agrava a condição do efeito estufa.
- » Sobre os **países com disponibilidade menor do que 1.000 m³**: parece-me que há a necessidade de se superar este determinismo geográfico. Energia e tecnologia mudam completamente este quadro. É muito diferente o que se faz com um litro de água em Israel e na Amazônia. Pelo menos deve-se considerar que no futuro as perspectivas poderão ser muito diferentes. Tomara.
- » Sobre o **consumo total de água no mundo**: em meu ponto de vista, as excreções humanas não deveriam ser vistas como resíduos, mas, sim, fontes de nutrientes e energia. A chamada carga industrial são perdas enormes. Urina nunca deveria se misturar às fezes e muito menos lançado no esgoto. Até Vitor Hugo dizia isto em Os Miseráveis. O aproveitamento da urina como fonte de nutrientes para a agricultura envolve uma economia de energia maior que a despendida pelas empresas de abastecimento de água. Há um ensaio na revista DAE - Departamento de Águas e Energia, nesse sentido.

O tratamento de esgoto deveria ser visto como uma das inserções tecnológicas da gestão do ciclo da água. Visto desta forma, é muito mais econômico, energeticamente, do que dessalinizar água do mar.

3. O panorama no Brasil; 3.1. Disponibilidades hídricas, demandas e usos múltiplos

- » Sobre a **ZCAS**: Acho importante tratar o papel da floresta amazônica na circulação de água na ZCAT e ZCIT. Os “rios voadores” que Marengo cita.
- » Sobre as **alterações antropogênicas**: sou mais enfático em relação aos impactos esperados das mudanças climáticas. Até porque esta limitação deve ser considerada na quantidade de energia que se deve colocar na gestão do ciclo da água e dos nutrientes.

3.2 Principais regiões hidrográficas

- » Sobre a **distribuição das vazões**: pergunto se seria adequada a qualificação de “negativa” a uma característica da geografia.

Sobre a **Análise**:

- » A gestão da demanda já é discutida há muito tempo. Nas publicações do Prosab, por exemplo. Na UFBA/Teclim, batemos nesta tecla há mais de 15 anos. Na literatura internacional, há muito mais tempo, Buttler, Maimon, Friedler, Gleick, etc. Talvez São Paulo esteja acordando para isto agora apesar de Ivanildo Hespagnol ter batido muito nesta tecla.

Talvez caiba falar no distanciamento entre o mundo acadêmico e as decisões políticas. É fato, porém, que a sustentabilidade só será construída a partir de eventos que provoquem muita dor. Isto se aplica ao enfrentamento da mudança climática.

- » A luta do autor é muito louvável e reconhecida. Na minha concepção, deveríamos procurar informar o público sobre os ciclos dos materiais, para se evidenciar a enorme quantidade de recursos que são desperdiçados, constituindo as denominadas cargas orgânicas e inorgânicas.

A construção da sustentabilidade demanda a inserção de novas terminologias. Afinal nós pensamos com palavras. Deve se procurar reduzir o uso de conceitos como resíduos que representam apenas um estágio, por nós determinado, do fluxo dos materiais. A gestão do ciclo da água ilustra isto muito bem.

- » Sobre a **necessidade de ampliar e intensificar o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e reduzir a demanda da água no Brasil**: concordo em gênero, número e grau com o autor.
- » Sobre **tratamento de esgotos que seja incentivado** já tenho discordância. O incentivo deve ser dado à correta gestão do ciclo

da água, em todos os seus momentos. Esgoto nada é senão água com nutrientes e patógenos e, como tal, deve ser gerido e não apenas tratado e disposto.

- » Sobre o termo “**burocrática**”, tenho restrições ao uso da palavra, pois cultura não é apenas uma questão burocrática.
- » Sobre “**os usos múltiplos de água em cada bacia hidrográfica**”, destaco a importância da devida atenção para a eficiência de cada um desses usos. A propósito de “o **direcionamento das atividades econômicas das bacias**”, enfatizo o próprio desenvolvimento científico e tecnológico.
- » Sobre “**avaliação da redução das demandas**”: tenho salientado que este ponto é central para a discussão dos recursos hídricos e ambientais em geral. Acho que o tema deve ser aprofundado.
- » Sobre as **cianobactérias e cianotoxinas (neurotoxinas e hepatotoxinas)**: destaque que nos anos 80, com o fechamento da barragem de Itaparica, se não me engano, tivemos surtos de cianobactérias que levaram à contaminação de sistemas de abastecimento de água nas comunidades ribeirinhas do São Francisco.

4.1 Ameaças e impactos

- » Sobre a **vulnerabilidade das populações**: este parágrafo é muito importante. Considero que as populações mais atingidas são as da periferia social das nações.
- » **Ameaças**: é preciso considerar e se referir à população atingida em números absolutos. Se levarmos em conta os números relativos, a figura muda.
- » “**A governança da água deve ser preparada para tratar destes componentes**”: para se adaptar a estas mudanças, usando-se a terminologia corrente no tema das mudanças climáticas.

4.2 Mudanças climáticas globais

- » Sobre a citação destacada no texto, deve haver menções parecida no relatório de 2013 do IPCC.
- » Sobre “**os sistemas aquáticos que poderiam ser afetados**”: há muito mais do que isto. Modelagens hidrológicas dos efeitos

da mudança climática para a região metropolitana de Salvador, BA, por exemplo, apontam redução de mais de 90% da oferta de água de mananciais regionais, no horizonte de 60 anos. Ver autores como Tanajura e Ganz.

- » Sobre os efeitos do “**aumento da temperatura da água devido às mudanças globais**”: a alteração do ciclo dos nutrientes, nitrogênio e fósforo tem sido apontado como um limite ambiental que foi ultrapassado em maior escala do que a própria mudança climática. Vejam-se os trabalhos de Rockstrom e colaboradores na Nature 2009 e na Science 2015 (Planetary boundaries).
- » Sobre a “**Análise**”: estas medidas não são apenas de adaptação, mas, também, de mitigação das mudanças climáticas. É importante e interessante aprofundar mais as dificuldades do enfrentamento às mudanças climáticas.

5.1 Histórico e situação atual

- » Sobre “**as questões dos POPs pela Convenção de Estocolmo**”, destaco a interrogação: e os medicamentos expelidos na urina?
- » É preciso avançar no tema da contaminação orgânica nos sistemas de abastecimento de água, considerando-se que é possível, mas cujos são altos, mas, que nem a Suíça teria dinheiro para isto (palestra de cientista da EAWAG na conferencia do IWA de Busan).
- » A afirmação de manancial protegido por vegetação nativa e de áreas alagadas produzem água com custos de tratamento muito menores (R\$ 1,00 a R\$ 3,00 por 1.000m³), comparados com manancial de águas deterioradas (R\$ 200,00 a R\$ 300,00 por 1.000m³) merece reflexão e tenho reservas quanto aos números, que me parecem muito altos.

5.2 Impactos da deterioração da qualidade da água no Brasil

- » Em diferentes passagens, no documento, há situações que recomendam refletir os limites entre causas e impactos, para a melhor interpretação de questões, como, por exemplo, “O aumento da descarga não tratada de águas residuais”,

“Os principais impactos nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos”, e “Poluição atmosférica”.

5.3 Impactos econômicos; sobre a *Análise*: considero que questões etnocêntricas merecem atenção e cuidados, como ocorre com a discussão da seca no Nordeste, discutida há muito tempo. É tema complexo e gera a expectativa, do leitor, para maior quantidade de informações que o documento poderia oferecer. Por isso, é importante tema com conflitos a serem tratados.

6. Qualidade da água e saúde humana; “ampliar o monitoramento”. Minha opinião é de que monitoramento não é solução, mas requisito para se propor soluções.

7.1 Introdução ao problema; sobre a *Análise*: senti falta de maior presença da gestão da demanda.

7.2 Serviços dos ecossistemas; sobre a *Análise*: em discussão recente, no sul da Bahia com técnicos que trabalham na gestão da Bacia do rio Doce surgiu a seguinte questão. Até que ponto a sociedade está disposta a pagar pelos serviços ecossistêmicos de uma bacia se pela retirada da água não se paga mais do que um centavo por m³? Quem vai defender o direito da natureza sobre a água se a sociedade a retira pagando menos de um centavo/m³?

7.4 Água como insumo estratégico para o desenvolvimento; sobre a “*Análise*”: mais uma vez, faltou incluir gestão da demanda na bacia. Isto pode ser mais complicado e demorado do que as ações indicadas.

Sobre “*Esta tendência de implantar eco-hidrologia*”: o conceito eco-hidrologia deve se fundir com o de ecologia industrial. Temos que apreender a gerir sistemas naturais e antrópicos de forma integrada. Por isto é que tenho insistido na inclusão da gestão da demanda.

7.5 Reflorestamento por mais quantidade e qualidade da água; sobre a “*Análise*”; “*áreas onde há vida selvagem perigosa*”: a vida selvagem é peri-

gosa sempre para o homem que não aprendeu a conviver com a natureza. Mais uma oportunidade para aprender. Tem que se trabalhar a ideia equivocada da natureza dócil.

7.6 Pagamento por serviços ambientais

“**Análise**”: caberia analisar porque dos R\$ 3,00 que se paga por m³ na torneira R\$ 2,99 se referem aos serviços da concessionária e R\$ 0,01 aos serviços do ecossistema que produziu a água.

7.7 O valor econômico da água

- » Sobre “**controle central efetivo e absoluto, com uma governança baseada em uma burocracia estatal, que controlava o sistema hidráulico a distribuição de água e a produção de alimentos**”: acho conveniente esclarecer a diferença entre controle entre planejamento e controle e o de investimento e operação. Existe uma falsa dicotomia entre o esforço público, o coletivo e o privado no caso da água.
- » Sobre “**O preço da água deve considerar não só o seu valor físico, mas, sem dúvida, no futuro, o valor da escassez**”: assim como o direito da natureza a ficar com a água.
- » Sobre o último parágrafo: Perfeito. Adicionalmente traria a discussão sobre o direito humano sobre a água necessária e a água desperdiçada. Uma concessionária de abastecimento pública deveria ser priorizada nos momentos de escassez para atender as suas perdas também? Não teria o agricultor prioridade ou até a natureza a ficar com a água perdida na distribuição ou os desperdícios no domicílio?
- » Sobre a **Análise**: acho interessante entender a discussão entre o valor do lucro e o valor das perdas e desperdícios. Eu sou dos que defendem a ideia de que não existem diferenças entre a competência de instituições públicas e privadas desde que um controle social inteligente seja exercido sobre ambas. Mas porque se discute o lucro, como a justa remuneração do risco de investimento do capital e não o valor das perdas e desperdícios? Não tenho dúvida que o segundo tem uma relevância significativamente maior.

- » *“A recomendação é a de que em bacias experimentais este controle social e participação sejam ainda mais estimulados.”*: não tenho certeza que experiências piloto e bacias experimentais cumpram sua função em um país do tamanho do Brasil.

7.8 Reúso da água

- » Por uma questão de hierarquia, acho que deveria primeiro se abordar o uso racional antes do reúso.
- » Sobre *“As águas cinzas são aquelas que excluem os efluentes dos vasos sanitários. São águas originadas de lavatórios, chuveiros, pia, cozinhas, máquinas e tanques de lavar roupas.”*: muitos autores retiram as águas de cozinha das cinzas. Ver PROSAB.
- » Sobre *“A água de reúso também pode ser utilizada para irrigação, excluindo o uso de fertilizantes, pois a água de esgoto tratado tem concentrações de fósforo e nitrogênio que podem substituir a aplicação dos fertilizantes.”*: Concordo com isto, mas não é fácil. Conheço experiências de Israel onde não se leva em consideração a presença de nutrientes do esgoto. Seria demais para o leitor que se trate da segregação e aproveitamento da urina?

7.9 Gerenciamento integrado e preditivo, no âmbito do ecossistema bacia hidrográfica e gerenciamento de demanda; sobre a *“Análise”*; *“A cobrança pelos usos da água, o princípio do pagador/poluidor”*: apesar de ser o principal instrumento, não é o único para a gestão da demanda. Sugiro usar mais o conceito de gestão da demanda.

8. A governança da água; sobre a *“Análise”*: eu acho que o principal obstáculo está na disposição das pessoas a pagarem pela água de forma justa e equitativa.

8.1 A bacia hidrográfica como unidade de gestão: eu não tenho tanta segurança. A gestão da demanda implica em outro tipo de agregação de setores, mas, este é um conceito tão aceito que acho que não caberia aqui discutir.

8.2 A evolução da legislação no Brasil; sobre a *Análise “coloca-se o abastecimento público e a dessedentação animal, a meu ver, corretamente como prioridade.”*: o abastecimento público se compõe, aproximada-

mente de 40% perdas públicas, 30% desperdícios e perdas privados e 30% consumo efetivo ou desejado. A prioridade se aplicaria a todos os três componentes?

“A questão da água disponível para o funcionamento dos ecossistemas é fator limitante e a lei deveria ter explicitado melhor este aspecto”: eu seria a favor de, pelo menos conceitualmente se priorizar o direito da natureza a água em relação às perdas e consumo humano perdulário. Claro que isto é de difícil implementação na prática. Mas cabe introduzir a discussão conceitual.

8.3 Qualidade da água, quantidade e governança

- » “A mensagem principal é a conservação antes de qualquer intervenção tecnológica – proteção dos mananciais e da qualidade, tratamento de esgotos e reúso.”: concordo, no entanto conservação é mais do que isto.
- » Sobre a **Análise** “A conservação da água para aumentar a disponibilidade (produção) nas áreas rurais deve ser uma das tendências para o futuro”: incluir urbana e industrial.
- » Sobre a **Análise** “**Há, entretanto, visões que ainda apostam somente na solução de engenharia**”: isto é gestão da oferta, não engenharia.

8.4 Mobilização da comunidade

- » Mecanismos de participação e controle coletivos.

8.5 A governança ideal

- » Mais uma vez, faltou gestão da demanda.
- » Sobre os custos da água: custos ambientais incluem o valor de todos os serviços ambientais ou apenas o custo do controle da poluição?
- » Sobre a **Análise** “**bacias experimentais**”: Os comitês de bacia não tem a liberdade de desenvolver os meios de gestão que lhes pareçam mais adequados? Sendo assim, aquelas bacias com sistemas mais avançados, em função de se encontrarem em condições mais críticas, deveriam aprofundar os seus meios de gestão dentro do sugerido neste documento. Isto não teria

que ser caracterizado como um experimento, mas sim como o desenvolvimento natural dos meios de gestão. Provavelmente, estes avanços seriam aproveitados por outros comitês de bacia. De certa forma isto já está acontecendo.

9. Conclusões

- » Sobre “***A crise de recursos hídricos é mundial***”: Eu diria que é uma situação crítica em algumas regiões do planeta, mas, formularia esta criticidade a partir, não da disponibilidade per capita de água, mas da relação oferta demanda, considerando os meios praticados para o seu uso racional e o conteúdo energético de cada metro cúbico consumido.
- » Sobre “***é em parte resultado de alterações e variabilidades no ciclo hidrológico, e, em parte devido a uma governança***”: Poderia se considerar que é somente de governança já que as alterações e variabilidade deveriam estar sendo melhor consideradas pelos gestores. Em governança incluiria desde a responsabilidade das autoridades até a da coletividade e cada um dos seus indivíduos. Estou curioso para saber se a crise atual de São Paulo levará a implantação de melhores mecanismos de gestão da demanda ou apenas mais oferta. Pensaria que é isto último é o que vai acontecer de imediato até entendermos que mudança climática é um fato e os eventos extremos serão cada vez mais frequentes.
- » Sobre a ***Análise 9.1 “uma governança planejada com redução das demandas”***: esta conclusão, com a qual concordo plenamente, não está fundamentada com a devida ênfase ao longo do texto. É esta falta que tenho salientado nas minhas observações anteriores.
- » Sobre o item **9.2**: Esta abordagem é muito adequada e me parece que deveria estar mais presente ao longo de todo o documento. A expressão é utilizada no sumário executivo, no item 2, panorama mundial e por fim aqui nas conclusões. No item 7 que trata de novas tecnologias e abordagens, aspectos da demanda aparecem apenas nos subitens valor econômico e reúso. Parece-me que a gestão da demanda deveria estar mais

- presente e estruturada para que o componente disponibilidade/demanda participe melhor da condução do texto todo. Senti falta do controle de perdas e desperdícios, segregação de correntes, sistemas distribuídos de tratamento e reúso, distribuição de águas de qualidades diferentes, tratamento da água para o uso a que se destina, relações água para energia e energia para água.
- » Sobre a **Análise 9.2**, primeiro parágrafo: Isto deveria ter sido mais aprofundado no texto para poder ter esta relevância nas conclusões. “*estatal*”: Isto já é assim, a constituição define ser responsabilidade do município, logo estatal. Mas não caberia a contratação de serviços privados para sua implementação? “*qualidade*”: qualidade e quantidade? “*o sistema de governança*”: e a população em geral.
 - » Sobre o item **9.3** “*produz efeitos econômicos e na saúde pública*”: incluir efeitos energéticos. “*Somente 30% dos esgotos são tratados, impedindo o reúso*”: não impede o reúso, aumenta seu custo. Mesmo que fosse tratado, nos padrões atuais, não retiraria substâncias tóxicas nem disruptores endócrinos. Teria que haver controle na fonte e segregação de correntes.
 - » Sobre a **Análise 9.3**: reduzir e eliminar a contaminação na fonte. “*Monitoramento de mananciais*”: e das fontes de contaminação.
 - » Sobre o item **9.5**: incentivos e punições para orientar o uso racional da água. “*Para tanto, a participação e mobilização da comunidade é fundamental*”: participação que deve começar pelo uso racional da água.
 - » Sobre a **Análise 9.5**: e reduzir a demanda.

11. Discussão

- » Sobre “*a abordagem das bacias hidrográficas prioriza a conservação da quantidade de água para manter a disponibilidade ou produção de água e a proteção de bacias*”: Isto não está devidamente priorizado ao longo do texto.
- » Quadro adaptado e modificado de De Stefano e Hernandez-Mara (2013).
- » É a primeira vez que a expressão gerenciamento da demanda

aparece neste texto. Idem para eficiência no uso da água.

- » Sobre “*reservas de águas subterrâneas*”: extrapola a área da bacia hidrográfica, como gerenciar conjuntamente bacias e aquíferos, caberia algum raciocínio sobre isto.
- » As áreas urbanas “*os ciclos de nutrientes e materiais*”: também é a primeira vez que isto aparece no texto.
- » A expansão do suprimento da água e saneamento básico: esta expansão é insustentável nas bases tecnológicas e conceituais atuais. Ver o conceito de eco-saneamento ou saneamento sustentável.

DARCY BREGA

Os comentários foram reproduzidos, a seguir, de modo a refletir as opiniões do comentarista.

- » Água é tema complexo, amplo e multidimensional. Portanto, a leitura do documento de posicionamento respeita os limites estabelecidos e entendimentos do autor. Os comentários representam adicionalidades e interpretações do leitor.
- » Ao começar a leitura, recomenda-se refletir e indagar a propósito de determinadas questões. Por que, para que e para quem; sobre o que; o que motivou a iniciativa; qual a expectativa do leitor; o que o leitor espera fazer; onde estamos e para onde esperamos ir e com quem. O leitor deverá refletir se deseja participar de mudanças de alguma coisa; que tipo de mudança, com qual metodologia e tipo de controle. Se vamos juntos ou se aceitaremos rumos e direções.
- » Considero importante adotar postura crítica e indagar se estamos distinguindo água de recurso hídrico. Se separamos água como bem público de recurso com valor econômico para suprimento de usos múltiplos. Se a questão envolve falta ou excesso de água; se estamos lidando com direito humano de acesso à água. Se o problema é visto apenas como recurso, corre-se o risco de perder a capacidade de reconhecer a água

como vida, clima e demais múltiplas dimensões. Será, então, a cegueira do acerto e a perda do foco certo.

- » É fortemente recomendável – por conta de diferentes audiências – resgatar e distinguir fundamentos, conceitos e explicar certas coisas que a maioria das pessoas nada ou pouco sabe a respeito. Por exemplo, sustentabilidade. Que é isso? De que tipo de sustentabilidade está se falando? E governança, gestão, gerenciamento e administração da água? A que se referem tais funções: aos recursos hídricos, à água doce ou à do mar? À água superficial ou subterrânea? Quais são os conceitos e fundamentos envolvidos? Que há de mais urgente a ser feito? Como caracterizar e distinguir Governança nos aspectos propostos como estratégica, avançada, sustentável e preditiva?
- » O documento é fortemente alicerçado na bacia hidrográfica como unidade ou mapa para gestão. Mas, o conceito de bacia está cada vez mais frágil, mais vulnerável para tratar as questões principais. Ao tratar do conceito de disponibilidade, por exemplo, há enormes perdas de elementos importantes, do ponto de vista da gestão, se a bacia for usada como unidade de planejamento. Aqui estão presentes questões como aquíferos, rios voadores, subsolo e clima.
- » A maioria das pessoas desconhece, não percebe ou não materializa o que representam determinados termos, como disponibilidade, ecossistema e números como km³. Onde entra a questão da temporalidade dos eventos presentes na reciclagem da água na natureza? Qual é o melhor entendimento ou significado de reúso se não houver planejamento de coleta e tratamento de esgoto e os devidos tempos para diagnosticar, planejar e implantar as ações? Como caracterizar produção (natureza) em estações de tratamento.
- » Água permeia tudo: sustentabilidade, arcabouço legal, político, institucional. Passa por atribuições ou competências. No âmbito da sociedade, envolve estruturas organizacionais públicas e privadas, com e sem interesses lucrativos, acadêmicos, educacionais e de usos múltiplos.
- » O documento de posicionamento deve ser lido e continua-

mente atualizado sob o manto das leis, normas e regulamentação que, no caso da água, começa pela Constituição federal e abrange vasta diversidade de atos nas esferas federal, estadual e municipal. Além desses, é importante reconhecer os acordos multilaterais no âmbito das Nações Unidas e os documentos mais recentes no contexto dos acordos para o clima, especialmente os que tratam de modificações das condições naturais (os ecossistemas, com seus biomas) e dos impactos para a biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa. Por que não considerar os acordos comerciais e a exportação de água embutida em produtos agropecuários? Que dizer da falta de mandatos estabelecidos, de capacidade técnica, de tecnologia e de vontade para gestão? Inclusive de conflitos.

- » É recomendável, por exemplo, considerar a água sob a ótica da complexidade – como propõe a teoria da Ecologia Integral, levando-se em conta os usos da água nos domicílios, na agricultura, nas indústrias e a importância primária da água para a manutenção dos ecossistemas (provedores de bens e serviços naturais para as atividades humanas). As abordagens ao tema água não podem ser simplistas, geograficamente limitadas e temporalmente restritas, considerando-se os efeitos causados pelo aumento da urbanização e da população sobre a disponibilidade, qualidade e das questões complexas envolvidas no direito humano e de acesso ao bem difuso.

GLAUCO KIMURA

Os comentários foram inseridos no próprio documento de posicionamento, durante a fase de revisão do texto, e outros reproduzidos, a seguir, de modo a refletir as opiniões do comentarista.

Comentários gerais

- » O conteúdo do documento está muito valioso e as seções de “**análise**” decorrentes das seções temáticas trazem recomendações e reflexões muito importantes. Importante dar maior destaque às seções de análise.

- » Documento deve trazer uma apresentação com os objetivos do mesmo, a quem se destina (público alvo) que está mencionado no final do documento, deveria estar no início. O leitor deve ler no início o que se pretende alcançar com esse documento.
- » Senti falta de comentários de aspectos políticos nas seções “Análise”. Por exemplo, existe um Projeto de Lei de 2007 que prevê a criação de uma Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais que poderia estar mencionado no documento, especificamente na seção sobre serviços ambientais na pg 25. Também tivemos o Novo Código Florestal de 2012 que aumenta a vulnerabilidade que o prof. Tundisi fala bastante, mas não houve citação sobre isso. Poderia dar outros exemplos de propostas de lei que oportunizam ou fragilizam as recomendações do documento. Isso o fortaleceria.

Comentários específicos

- » A descrição do cenário nacional baseia-se fortemente na Conjuntura de Recursos Hídricos da ANA (2011). Recomenda-se incluir alguma menção ao Plano Nacional de Recursos Hídricos de 2006 e o Atlas de Abastecimento de 2011 também e explorar alguma bibliografia mais recente.
- » Conheça o Prof. Tundisi e seus posicionamentos. Ele sempre costuma defender em suas palestras e publicações:
 - » Maior ênfase na gestão da qualidade da água e não só quantidade. Ele traz dados claros da consequência disso.
 - » Maior ênfase na visão holística e integrada de recursos hídricos e não fragmentada e reducionista como é hoje. Incorporação dos serviços ecossistêmicos na gestão. Fortalecimento da eco-hidrologia como ciência.
 - » Negligência da gestão da demanda em detrimento da gestão da oferta como se tem hoje. Controle da demanda por meio de controle social, mobilização e educação da sociedade, incentivos, novas tecnologias e capacitação a gestores.

- » Crise hídrica e sua correlação com a crise social.
 - » Capacitação como chave para formar novos gestores.
- » O dado do estudo que ele fez que mostra que bacias com vegetação o custo de tratamento de água é de R\$ 1 a 3 por 1.000 m³ e em bacias sem vegetação esse custo se eleva para R\$ 200 a 300 por 1.000 m³ é **sensacional e poderoso**. Ele está no documento e eu daria mais ênfase a ele. Vale muito a pena. Demonstra na prática o valor dos serviços ecossistêmicos.
 - » Por falar em serviços ecossistêmicos eu incluiria menção a outros estudos e autores como Wilson Cabral do ITA que realizou alguns estudos sobre serviços ecossistêmicos em projetos de infraestrutura como da Transposição do Rio Tocantins e São Francisco e Unidades de Conservação, em parceria com a Conservation Strategy Fund. Também tem alguns outros estudos clássicos da UFRJ de autoria do Peter May sobre pagamento por serviço ambiental em UCs. Também tem o estudo do André Steffens Moraes de 2008, da Embrapa Pantanal, que fala sobre os serviços ecossistêmicos do Pantanal. Finalmente vale a pena mencionar a experiência de mais de 10 anos e de mais de 40 projetos demonstrativos do programa Produto de Água da ANA como um programa que já tem testado diferentes experiências de modelos de gestão de fundos de PSA pelo Brasil.
 - » A seção de impactos da qualidade da água na saúde, eu incluiria menção a estudos do Paulo Saldiva da Faculdade de Saúde Pública da USP e do Instituto Trata Brasil que publica anuários e documentos de posicionamento sobre os impactos da falta de saneamento no país, em termos econômicos, ambientais e de saúde.
 - » Na seção de valor econômico da água, tem-se o caso da SABESP como clássico que demonstra o claro conflito de interesses entre a gestão privada da água e os interesses coletivos da sociedade. Se isso não for um aspecto sensível para vocês, valeria a pena mencionar o modelo de gestão de SP como um caso e não se inspirar. Vi que ele defende a gestão estatal da água. Fica a recomendação.

- » A WWF-Brasil tem trabalhado com o tema de governança da água há 10 anos. Recentemente foi publicada análise coordenada pela FGV sobre uma proposta de indicadores de boa governança da água com base em 5 dimensões de governança. Também foi feito um workshop com especialistas e identificados vários gargalos da implementação do Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos (SINGREH).

No estudo o Prof. Tundisi dá ênfase à falta de articulação entre União, estados e municípios como um aspecto principal da fragilidade da governança. No estudo foram identificados vários outros além desse. Portanto, creio que o estudo pode enriquecer essa seção. O link direto para acesso ao estudo: http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_fgv_governanca_dos_recursos_hidricos.pdf

HELTON R.O. SILVA E SILVIA H. BONILLA

Os comentários foram reproduzidos, a seguir, de modo a refletir as opiniões do comentarista. Os termos em negrito correspondem aos itens do documento comentado.

- » A **“produção” de água, com qualidade adequada, está diretamente ligada à cobertura vegetal e à elaboração e execução de um projeto de mega reflorestamento no Brasil.**” Poderia ser colocada a priorização das APP, que são áreas vulneráveis e que muitas não estão de acordo com as exigências da legislação vigente.
- » **Serviços dos ecossistemas.** Howard T. Odum, utilizando a metodologia de contabilidade ambiental em emergia (ODUM, 1996) também calcula o valor em dólares de alguns dos principais estoques da natureza, como água, solo, ecossistemas terrestres, manguezais, etc. após os trabalhos pioneiros de Odum surgiram também outros pesquisadores na área de emergia que valoraram em termos de fluxos em emergia e dinheiro serviços ecossistêmicos e estoques naturais.
- » **O valor econômico da água.** Há também trabalhos em emergia que calculam o custo da água. O trabalho pioneiro de Buenfil

(BUENFIL, 2001) merece atenção especial porque ele calcula o custo da água e o transforma em valores monetários. Os sistemas estudados abrangem desde águas continentais até pequenos sistemas de tratamento de água convencionais.

Andrés A. Buenfil, *Emergy Evaluation of Water*. Tese apresentada na Universidade da Flórida. 2001.

Howard T. Odum, *Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley & Sons, Inc. Nova Iorque. 1996.

- » Acreditamos ainda que a falta de transparência e de um método global e científico para tarifação da água são também um dos problemas a serem resolvidos. O grupo da UNIP está trabalhando com esse objetivo no cálculo do custo global da água: custo de infraestrutura e tratamento, custo ambiental e custo de recurso.

JULIANA CIBIM

Os comentários foram inseridos no próprio documento de posicionamento, durante a fase de revisão do texto, e outros reproduzidos, a seguir, de modo a refletir as opiniões do comentarista. Os termos em negrito correspondem aos itens do documento comentado.

Introdução

“A demanda total anual em km^3 /ano deverá passar de 579 km^3 /ano (1900) para 5.138 km^3 /ano (2050)”: A tabela trata de dados de 2000 até 2050, mas o dado é de 1900.

“Existem 37 milhões de km^3 de água doce no planeta, (...) enquanto a disponibilidade na Jordânia é de 300 m^3 /per capita/ano”: É importante inserir fonte **“Tabela II, para o período de 50 anos (CLARKE, 1993)”**. Sugestão: seria interessante comentar a Tabela II e também demonstrar a relação da tabela com as informações sobre tratamento de esgoto e saneamento, colocadas nesse parágrafo seguinte.

3.1. Disponibilidades hídricas, demandas e usos múltiplos; “*Este consumo anual está por volta de 86,4m³/s*”. Sugestão: Explicitar o tipo de consumo: geral, agricultura ou outro.

3.2 Principais regiões hidrográficas; “*Análise*”: Muito bons os pontos aqui levantados. Sugestão: que tal dar destaque para as ações que precisam ser feitas? Talvez negrito ou tabela...

Sugestão: dar destaque para os impactos, detalhando-os e colocando exemplos.

4.2 Mudanças climáticas globais; “*a possível instabilidade social associada à insegurança e à vulnerabilidade hídrica*”: sugiro deixar mais claro que tipo de instabilidade social. Disputas, conflitos, etc. Se possível, colocar exemplos.

“*Análise*”; “*São inúmeras as ações possíveis*”: dar destaque. Seria interessante contar quem já fez isso e se obteve sucesso.

“*Análise*”; último parágrafo: Como sanar essas dificuldades? Seria interessante apresentar alguns caminhos por meio de iniciativas positivas.

5.1 Histórico e situação atual; “*As operações que envolvem a determinação da qualidade da água são muitas e complexas*”: como por exemplo? Seria interessante explicar a complexidade.

“*A determinação da qualidade começa por atividade de campo, abrangendo*”: sugiro destacar como se determina a qualidade da água.

“*Os numerosos POPs dissolvidos na água podem ser detectados somente com equipamentos muito caros e sofisticados, o que torna a tarefa de identificação complexa*”: sugiro incluir ilustração.

“*Equipar laboratórios para determinação dos POPs é, portanto, essencial*”: Parece que essa frase ficou perdida no contexto. Há a necessidade de explicar o que fazem os laboratórios, etc.

“*O Brasil ratificou a Convenção, tornando-se Lei Federal e o MMA*”: Não seria Decreto e não lei? O Brasil aprovou o texto da Convenção por meio do Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004, e promulgou o texto da Convenção em 2005, via o Decreto nº 5.472, de 20 de junho de 2005.

6. Qualidade da água e saúde humana: Senti falta do item análise nesse item 6.

7.2 Serviços dos ecossistemas; “*Foram identificados 20 serviços ecossistêmicos no reservatório e na bacia hidrográfica*”: Quais serviços ecossistêmicos?

7.8 Reúso da água: senti falta do item análise

MARUSSIA WHATELY

Os comentários a seguir refletem as opiniões do comentarista

O texto é excelente. A estrutura com o item Análise por tópico funciona bem. A única lacuna, a meu ver, é não tratar do novo marco legal do saneamento, que traz novos instrumentos para a gestão das águas.

INSTITUTO JATOBÁS

@ <http://www.institutojatobas.org.br/>

✉ institutojatobas@institutojatobas.org.br

THINK&DOTANK SUSTENTABILIDADE

@ <http://www.tdtsustentabilidade.org/>

✉ tdtsustentabilidade@institutojatobas.org.br

f www.facebook.com/thinktankjatobas

📍 Rua Salto, 70, Térreo

Ibirapuera

04001-130 São Paulo, SP