

# Água e desenvolvimento sustentável no Semi-Árido

BRANCA

# Água e desenvolvimento sustentável no Semi-Árido

O conteúdo desta publicação foi extraído do Seminário: Água e Desenvolvimento Sustentável no Semi-Árido, promovido pela Fundação Konrad Adenauer, escritório de Fortaleza, e pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos FUNCEME, em outubro de 2002. Os artigos aqui apresentados foram escritos para a conferência ou resultaram da adaptação pelos respectivos autores. As informações e opiniões aqui externadas são de exclusiva responsabilidade dos autores dos artigos.

*Editor responsável:* Wilhelm Hofmeister

*Redação:* Miguel Macedo e Angela Küster

*Coordenação Editorial:* Klaus Hermanns

*Revisão:* Miguel Araújo

*Capa e Projeto Gráfico:* Alfredo Junior

*Impressão:* Expressão Gráfica

---

Água e Desenvolvimento Sustentável no Semi-Árido  
Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série Debates n° 24, dezembro 2002  
ISBN 85-7504-036-7

---

Todos os direitos desta edição são reservados à  
FUNDAÇÃO KONRAD ADENAUER  
Escritório Fortaleza, Av. Dom Luís 880, sala 601/602  
60 160-230 Fortaleza/CE - Brasil  
Telefone: 0055-85-261 92 93  
Telefax: 261 21 64  
<http://www.adenauer.com.br>  
E-mail: [kas-fortaleza@adenauer.com.br](mailto:kas-fortaleza@adenauer.com.br)  
Impresso no Brasil

# Sumário

APRESENTAÇÃO	
<i>Klaus Hermanns</i> .....	06
VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO - A CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA WAVES	
<i>José Carlos Araújo</i> .....	11
ÁGUA, SOCIEDADE E NATUREZA - DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E GESTÃO DAS ÁGUAS	
<i>José Nilson Beserra Campos</i> .....	19
ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO: EXPERIÊNCIAS E DESAFIOS	
<i>Nizomar Falcão Bezerra</i> .....	35
ÁGUA: CONTROLE DO DESPERDÍCIO E REÚSO	
<i>Suetônio Mota</i> .....	53
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NAS REGIÕES ÁRIDAS E SEMI-ÁRIDAS COMO PROCESSO DE REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES SOCIAIS	
<i>Francisco Bérqson Parente</i> .....	69
INSTRUMENTOS INSTITUCIONAIS PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO SEMI-ÁRIDO	
<i>Rosana Garjulli</i> .....	87
CONSERVAÇÃO DE ÁGUA NA AGRICULTURA IRRIGADA	
<i>Eduardo Sávio</i> .....	103

ÁGUA - UM FATOR LIMITANTE PARA O  
DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE?

*João Suassuna* ..... 117

ALTERNATIVAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS PARA O  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO

*Alain Passerat de Silans* ..... 133

A OUTORGA DO DIREITO DE USO DA ÁGUA EM UM  
CENÁRIO DE INCERTEZAS:  
O CASO DO NORDESTE SEMI-ÁRIDO

*Ticiane Studart* ..... 161

# Água - uma questão de sobrevivência

Conceitos como "elixir da vida" ou "alimento número um" indicam o significado elementar da água para as plantas, os animais e o homem. É um dos elementos principais da natureza viva, sem o qual esta não poderia existir. Cerca de 60% do corpo humano consiste de água.

Em relação à história do planeta, a água é o berço da vida. Já há quatro bilhões de anos, os primeiros organismos monocelulares viveram na água marítima. Há 400 milhões de anos, as primeiras plantas conquistaram a Terra a partir das marés baixas do mar. A história dos animais terrestres iniciou há 350 milhões de anos com os anfíbios, derivando de ancestrais, que viveram no mar.

Mais de dois terços da superfície terrestre são cobertos de água. Imagens de satélites impressionam com a imagem da Terra como "planeta azul". Na Grécia antiga, a água foi considerada um dos quatro elementos principais do mundo, ao lado da terra, do ar e do fogo. Dos 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos de água na Terra, 97,5 % são águas salgadas do mar ou água salobra. 2,5 % da água total do planeta é formada por água doce, da qual 70 % são fixadas como gelo nas zonas polares e nos glaciários. O terço restante encontra-se como água subterrânea e na superfície.

A água se move num círculo gerado pela energia solar, com a evaporação, a chuva, as correntes na superfície e a infiltração. A chuva que fica infiltrando no solo e pedras rochosas leva à renovação da água subterrânea, que é o fornecedor principal da nossa água potável e da água usada na indústria e nas empresas. Desta forma, por exemplo, na Alemanha são tirados da água existente no subsolo cerca de dois terços da água potável. O restante vem da água de nascentes e das superfícies, quer dizer de barragens e do filtrado das margens de lagos e rios.

## **Água potável ameaçada**

A água chega a ter contato com os meios ambientais ar, solo e rochas durante seu circuito, e é inevitável que elementos sólidos, líquidos e gasosos

sejam levados e solvidos pela água. Quando se quer proteger águas superficiais ou subterrâneas da poluição, por exemplo, por venenosos metais pesados ou substâncias orgânicas, isto somente faz sentido quando todos os meios ambientais são considerados nos esforços de proteção.

A transformação da água bruta em água potável se torna tecnologicamente cada vez mais dispendiosa, elevando os custos. Na Alemanha, por exemplo, a remoção de resíduos de pesticidas custa cerca de R\$ 500 milhões, e os custos são pagos pelo consumidor e não por quem causa a poluição. As empresas de abastecimento de água tentam diminuir a poluição através de acordos voluntários sobre uma redução de adubos e pesticidas. Na Alemanha, o consumo privado de água diminuiu em média de 147 litros em 1990, para atualmente 127 litros por pessoa ao dia. Mas somente 5 litros de água servem para beber e preparar refeições. A maior parte da água potável é usada no banho, na descarga do banheiro e na lavagem de roupa. Os 130 litros de água potável custam ao cidadão em média R\$ 0,70. Com o mesmo valor, somente pode se comprar uma garrafa de água mineral com menos de um litro. Diante deste fato, as queixas sobre o preço alto da água na Alemanha parecem um pouco exageradas.

### **A dimensão internacional**

Nos países industriais do hemisfério norte existe uma oferta de água favorável por causa da sua situação geográfica nas zonas climáticas mais moderadas. Certamente existem influências negativas na qualidade da água pela poluição direta e difusa, mas o problema se apresenta em muitos países em desenvolvimento nas zonas climáticas mais secas de outra forma. As Nações Unidas estimam que um quarto da população mundial não tem acesso a fontes de água seguras e limpas. A Organização Mundial de Saúde chama a atenção para a relação estreita entre a qualidade de água e a saúde da população. Calcula-se que cerca de 70% de todos os casos de doença têm sua causa na contaminação da água potável com micróbios, causada, entre outras, pela falta de tratamento da água e por encanamentos danificados.

Levando em conta que mais de 80% da água é usada para a irrigação na agricultura destas regiões, também fica evidente o significado da oferta da água para a situação alimentar. Mas a irrigação exagerada pode provocar outros efei-

tos negativos. Um exemplo é a região na Ásia central em torno do lago Aral. As bases de vida de muitas pessoas em Uzbequistão, Turcomenistão e Kasaquistão não são somente ameaçadas pela diminuição drástica da superfície do lago Aral, mas também pela salinização da água potável e do solo. Na avaliação anual de 1997, o Conselho Científico do Governo Federal Alemão para Mudanças Globais do Meio Ambiente (WBGU) descreveu esse fenômeno, na relação de uma lista das "doenças da terra", como a "Síndrome do Lago Aral".

A elevação da qualidade de vida nos países em desenvolvimento também leva a um consumo maior de água. Além disso, o crescimento da população agrava em certas regiões a situação alimentar, o que pressiona para uma ampliação da agricultura irrigada. Essa espiral negativa somente pode ser rompida, caso se consiga otimizar o uso do escasso recurso água, e especialmente melhorar a qualidade da água potável. A organização do abastecimento de água precisa ser melhorada significativamente, através de uma transferência de tecnologias, especialmente de tecnologias de irrigação e de proteção ambiental preventiva na produção industrial, como também nos setores da saúde e educação. A comunidade dos povos é chamada para utilizar os recursos da água doce de forma concordada, economicamente eficiente, ecológica e social.

Para tanto, são necessários regulamentos entre as nações para o uso justo da água de lagos e rios, que ultrapassam as fronteiras, como por exemplo o Jordão, o Eufrates, o Tigre, o Níger, o Nilo, o Sambesi e o Ganges. Caso não se consiga, conflitos armados se tornam mais prováveis.

### **O livro como contribuição importante para o Ano Internacional da Água em 2003**

O livro aqui apresentado, de Nizomar Falcão Bezerra, é uma contribuição importante, para fortalecer a conscientização da população sobre a relevância do tema da água para o Nordeste do Brasil.

Para tanto, o autor optou por uma expressão bem compreensível. Relações de difícil entendimento, por exemplo, do clima, são apresentadas de forma bem ilustrada. Além dos fundamentos científicos, as relações culturais, sociais e econômicas do tema água são bem explicadas. O autor mostra também caminhos para direcionar o desenvolvimento humano pelo princípio da sustentabilidade e o uso sustentável da água a longo prazo.

No Ano Internacional da Água, promovido pela ONU, em 2003, a Fundação Konrad Adenauer reforça sua preocupação com a temática da água e sua significância política. Certamente a presença internacional da Fundação Konrad Adenauer nas regiões atingidas também pode trazer importantes contribuições para a discussão.

Dr. Klaus Hermanns  
Representante da Fundação Konrad Adenauer  
Norte/Nordeste

# Variações Climáticas e suas Implicações para o Semi-árido Brasileiro - a Contribuição do Programa Waves

JOSÉ CARLOS DE ARAÚJO\*

## 1. Introdução

Este manuscrito tem por objetivo descrever sucintamente algumas contribuições do Programa WAVES aos estudos ambientais do semi-árido brasileiro, tendo como base as mudanças globais, quais sejam, as variações climáticas e as intervenções antrópicas.

O Programa WAVES (*Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in Northeast Brazil*) é uma pesquisa integrada de instituições alemãs e brasileiras. A área de interesse tem os estados do Piauí e Ceará (para os estudos de macro-escala) e os municípios de Picos e Tauá (para os estudos de meso-escala). A pesquisa avalia os impactos regionais das mudanças climáticas para dois cenários de referência: o cenário A (RSA) pressupõe economia voltada para o mercado internacional, crescimento das áreas metropolitanas, adensamento da região litorânea e esvaziamento do campo, onde preponderariam as culturas de exportação. O cenário de referência B (RSB) pressupõe fortalecimento da economia regional, crescimento especialmente bem distribuído e maior cuidado com os recursos naturais. Na análise da vulnerabilidade do semi-árido há necessidade de se considerar aspectos sociais, além dos aspectos físicos: alta variabilidade de precipitação, baixa capacidade de retenção de umidade no solo e alto déficit hídrico para a atmosfera.

As principais contribuições do Programa WAVES incluem (i) estudo dos impactos globais sobre a disponibilidade da água e meio-ambiente; (ii) modelagem climatológica em macro e meso-escala; (iii) modelagem hidrológica e de

---

\*Pesquisador da área de Recursos Hídricos do Programa WAVES Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental Universidade Federal do Ceará Campus do Pici, bloco 713, 60.451-900, Fortaleza, Ceará Tel (85) 288.9624, Fax (85) 288.9627

uso da água; (iv) modelagem do processo migratório; (v) modelagem do processo produtivo agrícola; e (vi) avaliação da vulnerabilidade da sociedade e dos ecossistemas frente às mudanças globais. Um compêndio das diversas contribuições do Programa pode ser pesquisado em Gaiser, Krol, Frischkorn e Araújo (2003).

## 2. Estudos climáticos

A seguir são apresentados alguns aspectos metodológicos da modelagem física dos estudos climáticos, ilustrados por resultados. Inicialmente fez-se necessário realizar previsão climática regionalizada. Os resultados dessa abordagem permitem auxiliar na questão do planejamento operacional dos açudes e dos estoques de água em geral (incluindo-se aqui os estoques subterrâneos). Com base nessas análises, é possível subsidiar decisões de gestão de água, de produção agrícola, de planos emergenciais e de defesa civil.

A modelagem das previsões climáticas devidas ao aquecimento global foi coordenada pelo Instituto de Pesquisas de Impactos Climáticos de Potsdam (PIK), Alemanha. A Figura 1 mostra os resultados da simulação regional da precipitação no século XX no Nordeste Brasileiro. Após a utilização de várias décadas para calibração de sete modelos de circulação global (GCM), as últimas décadas foram utilizadas para sua validação. Observe que apenas dois modelos conseguiram prever consistentemente o comportamento tanto da precipitação anual quanto da precipitação nos meses mais secos, nominalmente os modelos ECHAM4 e HADCM2.

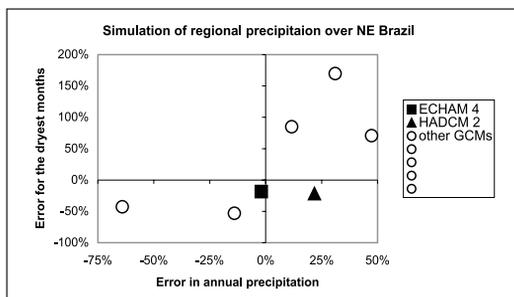
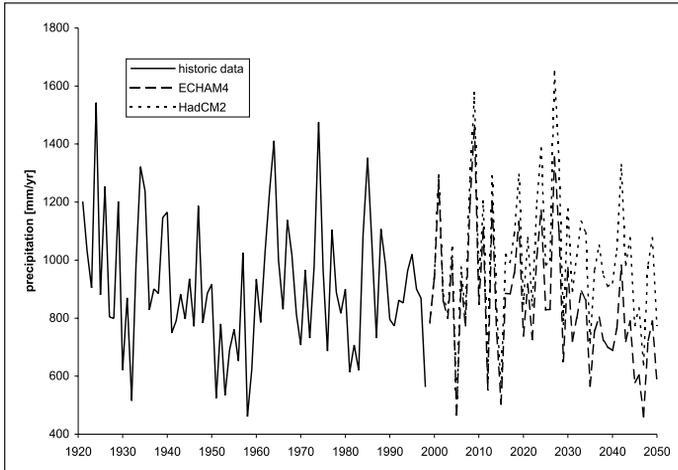


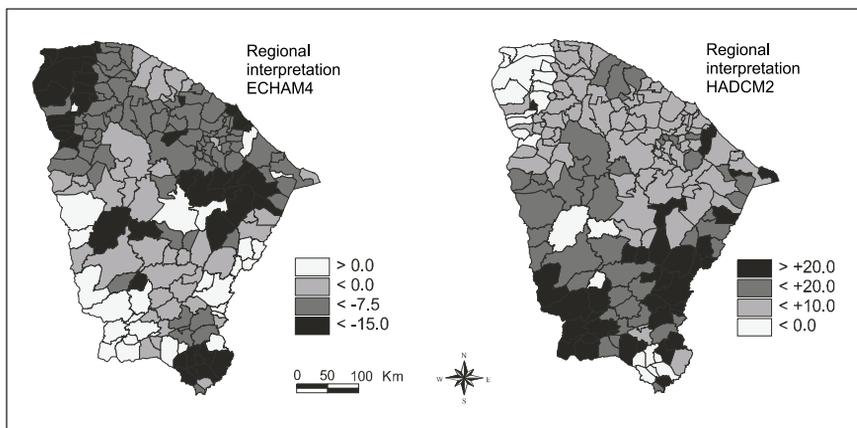
Figura 1. Avaliação de sete modelos de circulação global no Nordeste do Brasil (Fonte: extraído de Gaiser et al., 2003)

A Figura 2 revela que, embora os dois modelos tenham boa aplicabilidade para previsão de chuvas nos estados do Piauí e do Ceará, há discrepância na previsão do impacto do aquecimento global sobre a precipitação nos próximos cinquenta anos na região. Enquanto o modelo ECHAM 4 prevê decréscimo na média precipitada até 2050, o modelo HADCM 2 indica uma estabilidade com suave tendência de aumento da precipitação.



*Figura 2. Previsão das precipitações no Piauí e no Ceará até 2050 de acordo com os modelos ECHAM 4 e HADCM 2 (Fonte: extraído de Gaiser et al., 2003)*

A Figura 3 mostra a interpretação regional do aquecimento global, até 2050, para todos os municípios cearenses de acordo com os dois modelos. Observe que a tendência apontada pelo modelo HADCM 4 (redução de precipitação) é antagônica à apontada por HADCM 2. No entanto, as tendências relativas são semelhantes, isto é, as regiões que, segundo ECHAM 4, menos sofrerão redução, coincidem com as regiões que, segundo HADCM 2, terão maior acréscimo de precipitação.



*Figura 3. Interpretação regional dos modelos de circulação global ECHAM 4 e HADCM 2 para os municípios cearenses até 2050 (Fonte: extraído de Gaiser et al., 2003)*

### 3. Estudos de escassez hídrica

Após quantificação da precipitação, foram realizados estudos hidrológicos que consideraram a produção de escoamento para os dois cenários climáticos (ECHAM 4 e HADCM 2). O grupo de pesquisa da Universidade de Kassel (ver Döll et al. in: Gaiser et al., 2003) desenvolveu modelo NOWUM de uso de água na região, gerando amplo banco de dados para a demanda por água (e uso consuntivo) nos estados do Piauí e Ceará entre 1998 e 2025 para cinco setores da economia: abastecimento humano, irrigação, abastecimento animal, indústria e turismo.

Através da análise de oferta hídrica (subterrânea e superficial com e sem barragens) e das demandas municipais, pesquisadores da UFC, de PIK e da Universidade de Kassel (ver Araújo et al.) estudaram o balanço hídrico nos 184 municípios do Ceará e propuseram um índice de escassez de água (ig90), capaz de identificar o ano em que cada município terá risco acima do recomendável de escassez hídrica. O índice consiste na razão entre demanda consuntiva total e oferta (com garantia anual de 90%) total de um município. Caso o índice esteja acima do aceitável, faz-se necessário intervir no sistema (gestão da oferta e/ou da demanda) para reduzir esse risco. A Figura 4 mostra a evolução do número de municípios com risco acima de 33% de escassez

hídrica no Ceará para os quatro cenários propostos (combinação dos dois cenários de referência RSA e RSB com os dois cenários climáticos ECHAM 4 e HADCM 2) para a infra-estrutura hídrica disponível no estado em 1998. Com base nesses resultados pode-se planejar melhor a política de intervenções estruturais e não-estruturais.

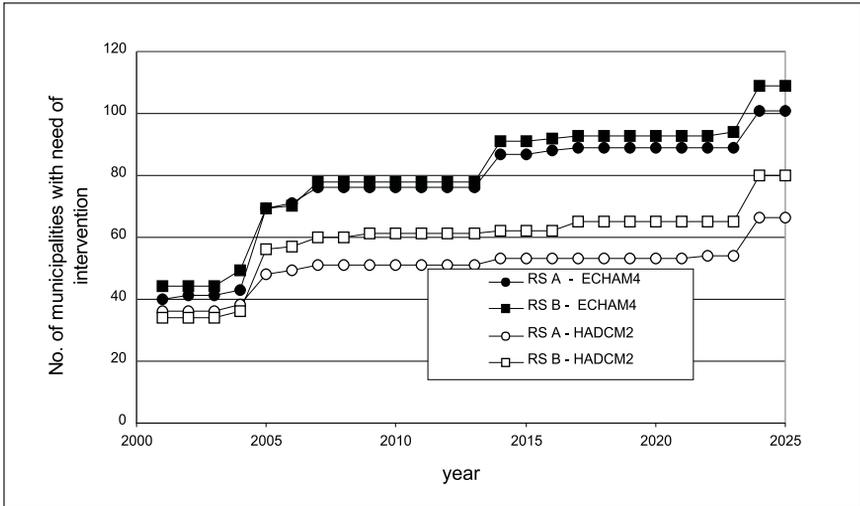


Figura 4. Avaliação da escassez hídrica nos municípios cearenses entre 2000 e 2025 para quatro cenários (Fonte: extraído de Araújo et al.)

#### 4. Estudos de erosão e assoreamento de reservatórios

Considerando-se a exposição excessiva do solo, o uso (crescentemente) indevido do espaço urbano e rural e as alterações no regime de chuvas devido ao aquecimento global, o processo erosivo tem tendência a se intensificar. Algumas das conseqüências advindas desse processo são a redução da fertilidade do solo, o impacto sobre a qualidade das águas superficiais e o assoreamento de rios e reservatórios.

Para quantificar melhor a ocorrência desse processo, pesquisadores do Programa WAVES (coordenados pela UFC e com apoio da Universidade de Kassel) desenvolveram a primeira versão do modelo HidroSed. A Figura 5

mostra a concepção do modelo. Inicialmente a bacia é dividida em células (quadrículas). Modela-se a erosão laminar localizada (bruta) de acordo com a equação Universal de Perda dos Solos de Wischmeier e Smith (ver Haan, Barfield e Hayes, 1994). A seguir modela-se o transporte difuso de sedimentos pelo conceito de SDR (*Sediment Delivery Ratio*) por Maner, por Roehl ou por Williams e Brendt. Modela-se, enfim, a retenção de sedimentos no reservatório.

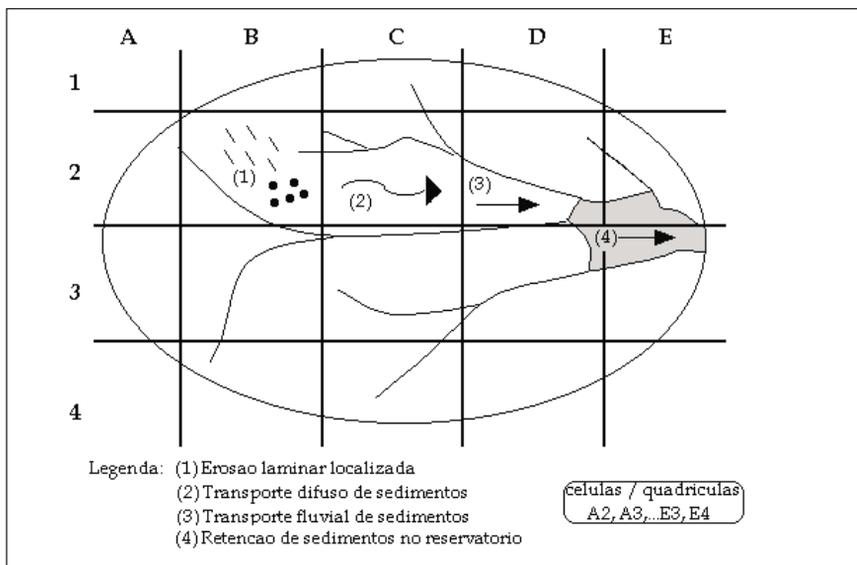


Figura 5. Concepção do modelo de erosão e assoreamento HidroSed

A Figura 6 mostra o resultado da validação do modelo HidroSed para sete bacias hidrográficas do estado do Ceará (bacias dos açudes Cedro, Várzea do Boi, Várzea da Volta, São Mateus, Santo Anastácio, Canabrava e Acarape do Meio). Os resultados (ver Araújo et al., in: Gaiser et al., 2003) mostram que o modelo tem boa aplicabilidade para o semi-árido do Brasil, tendo apresentado erro inferior a 30% para simulações de quase sete décadas em média. Observa-se, também, a nítida superioridade do modelo de Maner sobre os demais na modelagem do transporte difuso.

Desse processo de assoreamento pode-se ainda concluir que a redução da capacidade de armazenamento no Ceará é de 1,85% por década, ou 22 hm<sup>3</sup>/

ano, o que corresponde aproximadamente a uma redução anual da vazão garantida em 5 hm<sup>3</sup>/ano (160 L/s). Espera-se, ainda, aumento das perdas por evaporação nos lagos e aumento da vulnerabilidade da qualidade da água (entrada de turbidez, matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos).

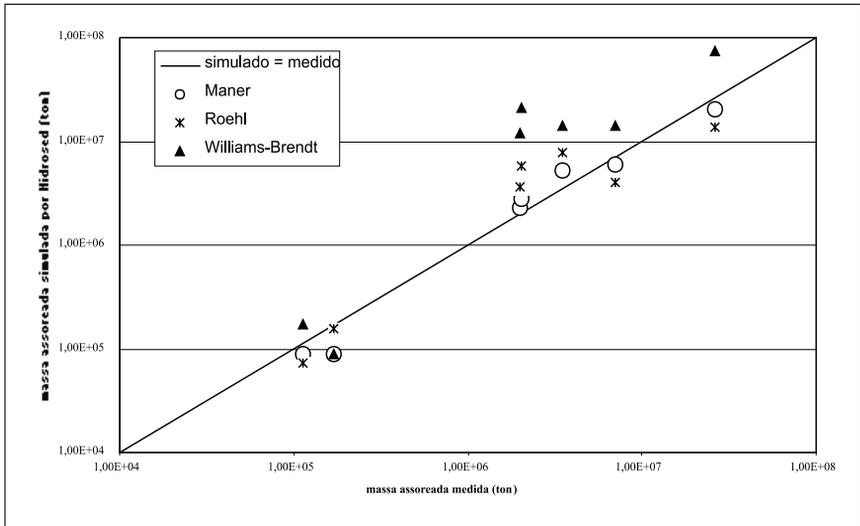


Figura 6. Resultados da validação do modelo HidroSed para sete bacias hidrográficas do Ceará (Fonte: extraído de Gaiser et al., 2003)

#### 4. Conclusão

O Programa WAVES deixou uma série de contribuições para o planejamento sócio-ambiental dos estados do Ceará e Piauí usando como ferramentas os modelos e a construção de cenários de referência. Três aspectos dessa pesquisa são apresentados neste trabalho, a saber: estudos climáticos, estudos de escassez hídrica e estudos de erosão e assoreamento de reservatórios.

Dos estudos apresentados pode-se concluir que os modelos de circulação global apresentam fragilidades (cinco dos sete avaliados não se aplicam ao Semi-árido Brasileiro) e os resultados ainda não são convergentes. Mesmo assim é possível se trabalhar com cenários, o que permite planejamento de intervenções. Exemplo disso é a aplicação do indicador de escassez hídrica ig90, apre-

sentada neste texto. Por fim, demonstra-se a magnitude do impacto da erosão sobre o sistema hídrico do Ceará. Verifica-se que, atualmente, o estado perde cerca de 22 hm<sup>3</sup>/ano de capacidade de acumulação.

Por fim cabe a recomendação da necessidade inadiável do monitoramento ambiental continuado no Ceará. Nesse sentido deve ser mencionada a grande contribuição de bacias experimentais em estudos dessa natureza. Tal monitoramento permitirá melhor compreensão das relações de nosso meio, dadas não somente por processos físicos, mas certamente também pelas intervenções antrópicas.

## 5. Bibliografia

ARAÚJO, J. C. de, DÖLL, P., Güntner, A., Krol, M., Abreu, C. B. R., Hauschild, M., Mendiondo, E. M. Global change scenarios and water scarcity in semiarid Northeastern Brazil. (Submetido para publicação em *Water International*)

GAISER, T., KROL, M., Frischkorn, H. e Araújo, J. C. de (Eds.) *Global change and regional impacts*. Berlin, Springer Verlag, 2003

HAAN, C. T., BARFIELD, B. J. e HAYES, J. C. *Design hydrology and sedimentology for small catchments*. San Diego, Academic Press, 1994

# Água, sociedade e natureza

## Desenvolvimento científico e gestão de águas

JOSÉ NILSON BESERRA CAMPOS\*

### 1 O conhecimento e as ciências

A necessidade de pesquisas e formação de novos conhecimentos em gestão de recursos hídricos e ambiental, com visão holística, embora hoje possa parecer natural, não era assim há algumas décadas. As mudanças de atitude da sociedade iniciaram com a constatação de que o modelo de gestão ambiental praticado era insustentável. Muitos desastres ocorridos no mundo motivaram essa mudança de atitude: corpos de água poluídos, áreas outrora férteis transformadas em desertos, vazamentos de usinas nucleares, etc.

O relatório Nosso Futuro Comum (CMMAD, 1987) representou o grande marco na mudança de atitude em relação à gestão das águas e do meio ambiente. O CMMAD enfatizou no documento a necessidade de aumentar a capacidade de previsão dos impactos ambientais para a implementação do novo modelo de desenvolvimento, denominado de desenvolvimento sustentável. A gestão racional dos recursos hídricos recebeu destaque especial entre os formuladores do modelo.

Em 1992 teve lugar no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92) da qual resultou a Agenda 21. O Capítulo 18 da Agenda 21 foi dedicado às águas doces. Em função dessa visão, cresceu a demanda por novos conhecimentos em gestão ambiental e de recursos hídricos.

Esse texto aborda a formação do conhecimento e os principais problemas em gestão de águas que estão a demandar pesquisas e novos conhecimentos. O texto trata do conhecimento e saber, dos tipos de conhecimentos criados pela humanidade e dos desafios para técnicos e cientistas com o gerenciamento de recursos hídricos para o século que está em seu início.

---

\* Engenheiro Civil e Mestre pela Universidade Federal do Ceará – UFC, Doutor em Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Universidade do Estado do Colorado.

## 2 O conhecimento e o saber

Considera-se saber "todo um conjunto de conhecimentos metodicamente adquiridos, mais ou menos sistematicamente organizados e susceptíveis de serem transmitidos por um processo pedagógico de ensino". O saber pode se referir ao aprendizado de ordem prática, como o saber fazer, o saber técnico, etc., e também ao saber de ordem intelectual e teórica. (Japiassu, 1992 p. 15). O conhecimento pode ser dividido em cinco classes, a saber: o empírico, o científico, o filosófico, o teológico e o mitológico, a seguir descritos.

### 2.1 O conhecimento empírico

Refere-se ao conhecimento que a humanidade adquire no dia a dia. Esse conhecimento é baseado nas experiências que nós próprios vivemos, ou que nos são transmitidas por outras pessoas que o obtiveram, também, através de experiências vividas ou transmitidas por outras pessoas. Em essência, o que caracteriza e limita o conhecimento empírico é sua origem na observação assistemática e sua incapacidade de permitir extrapolações racionais. Por ser fruto da experiência circunstancial, o conhecimento empírico não vai além do fenômeno observado.

### 2.2 O conhecimento científico

O conhecimento científico é o que resulta da observação e investigação metódica da realidade. O método científico foi formulado por Galileu Galillei (1564-1642), que é considerado o seu inventor. A ciência tem por objetivo central desvendar os segredos da realidade, explicá-los e demonstrá-los com clareza e precisão, descobrir relações de predomínio, igualdade ou subordinação entre fatos e fenômenos. Os principais produtos das ciências são leis gerais, universalmente válidas para todos os caso de uma mesma espécie (Galliano 1987).

As principais características do verdadeiro conhecimento científico são: a racionalidade e objetividade de; a capacidade de transcender aos fatos (extrapolação); a propriedade da análise; a comunicabilidade; a verificabilidade; o poder de predições e a utilidade. Por esse motivos, considera-se que ninguém pode ser cientista espontaneamente. Para se chegar a ser um pesquisador, faz-se necessário uma longa iniciação, o aprendizado da lógica da ciência, e, sobretudo, aprender a pensar cientificamente.

### 2.3 O conhecimento filosófico

No período pré-filosófico, ou místico-teológico da humanidade, que vai de tempos imemoriais até o século VI A.C., todos os livros eram sagrados. Seus autores atribuíam-se inspiração divina para escrevê-los. Aos textos escritos eram atribuídas credenciais divinas, e eram acatados, respeitados e aceitos sem qualquer análise crítica. Foi somente a partir do século VI A.C que alguns homens procuraram consultar a própria razão para procurarem respostas a questões milenares que afligiam a humanidade.

A origem da palavra Filosofia se deu com Pitágoras no século VI A.C. A palavra é composta do adjetivo *philos*, que significa amigo, e do substantivo *sophia* que significa saber. Assim, o filósofo seria aquele que usasse a razão e o raciocínio para entender os mistérios da vida.

Em resumo, a filosofia refere-se ao conhecimento que resulta da capacidade de reflexão do homem e usa o raciocínio como único instrumento. Através da filosofia, o homem transcende as ciências, pois essa não pode e não busca dar respostas a certos dilemas da vida humana.

No projeto epistemológico de Jean Piaget, o estudo filosófico pode ser visto como necessário e complementar ao estudo científico. Piaget considera que a filosofia é indispensável a todo homem completo, por mais cientista que ele seja. Afirma ainda Piaget que o "cientista que não passa pela filosofia permanece portador de um doença incurável" ( Japiassu, 1992 p. 52).

### 2.4 O conhecimento teológico

O conhecimento teológico é o que resulta do estudo de questões referentes ao conhecimento das divindades e de seus atributos e relações com o mundo, com os homens e com a verdade religiosa. Esse tipo de conhecimento é o produto da fé humana na existência de um ou mais deuses. De uma maneira geral, o conhecimento teológico supre a necessidade da humanidade de ter resposta às questões que não são respondidas convincentemente pelos conhecimentos empíricos, científicos ou filosóficos. Pode-se dizer também que o conhecimento teológico alimenta uma carência íntima (*da alma*) das pessoas.

### 2.5 O conhecimento mitológico

O conhecimento mitológico foi praticamente o único tipo de conhecimento da humanidade até o surgimento da filosofia no século VI A.C. A for-

mação desse tipo de conhecimento se dava através de narrações de significações simbólicas, muitas vezes ligadas à cosmologia e a deuses que encarnavam as forças da natureza.

As narrativas mitológicas também referem-se a fatos ou personagens reais, exagerados pela imaginação popular, pela tradição, etc. No dia a dia, a palavra mito tem também a conotação de coisa inacreditável (Hühne, 2000, p. 31). No que se refere ao exemplo de algumas experiências de previsão de secas e invernos no Nordeste brasileiro, desprovidas de lógica, pode-se enquadrá-las como *mitos* na conotação de inacreditável.

### **3 Conhecimentos e pesquisas em gestão de águas**

Transformar os produtos das pesquisas em boas práticas de gestão de água figura em um dos principais desafios para os pesquisadores e técnicos. O tema gestão de águas, por sua multidisciplinaridade aglutina questões do campo das ciências exatas e também das ciências sociais. A questão de gestão das águas está muito próxima das políticas públicas. Essas características fazem com que a demanda para a pesquisa em gestão de água tenha em seu cerne a necessidade de transformar os resultados das pesquisas em práticas de gestão.

A tecnologia, aplicação dos conhecimentos para o conforto e bem estar da humanidade, tem entre seus objetivos a busca de soluções para problemas da sociedade. As ciências e a tecnologia muito já fizeram para o bem do desenvolvimento dos povos. Há, contudo, muitos problemas que surgem com o desenvolvimento. Antecipar e criar ferramentas para resolver esses problemas é um dos desafios aos técnicos e cientistas. Essa seção classifica e analisa os desafios aos conhecimentos e às tecnologias para enfrentá-los.

#### **3.1 Problemas em recursos hídricos**

Os problemas de recursos hídricos podem ser enquadrados em três classes: 1) problemas relacionados à quantidade; 2) problemas ligados à qualidade; e 3) problemas relativos aos modelos institucionais. A seguir analisam-se esses problemas com os seus desafios para a sociedade.

### 3.1.1 Problemas ligados à quantidade de água

Prover água em quantidade suficiente para todos os possíveis usos pela sociedade tem sido um objetivo dos principais implementadores das políticas hídricas em várias partes do mundo. Na primeira parte do século XX, foi implementada uma agressiva política de construção de grandes reservatórios. Somente a partir da segunda metade do século, alguns países começaram a implementar novas visões de gerenciamento. Nessa nova ótica os principais desafios relacionados à quantidade de águas são:

- Alocação das disponibilidades entre usos competitivos;
- Manutenção de uma vazão ecológica mínima nos rios;
- Água para desenvolvimento de energia elétrica
- Suprimento de água em populações rurais e coleta das águas residuárias
- Sistemas urbanos de água
- Água para irrigação.

#### *Alocação das águas entre usos competitivos*

O problema central está em como proceder à alocação de águas entre usos como irrigação, suprimento industrial e municipal, geração de energia elétrica, recreação, navegação e outros usos. Até pouco tempo, no velho paradigma, o problema de alocação era entendido como um problema de pesquisa operacional onde se aplicavam técnicas como programação linear, programação dinâmica, etc.

Embora ainda haja uma situação onde essas técnicas podem ser aplicadas, o problema hoje é visto com maior completude e incorpora a visão de participação dos usuários nas decisões. Técnicas de alocação, como a centralizada no governo e a do mercado de água, são estudadas e debatidas. No Brasil, alguns estudos analisam e defendem, ou atacam, as diferentes técnicas. Um grande desafio para pesquisadores e teóricos de gestão das águas é a formulação de modelos de alocação dentro do contexto político, social e econômico brasileiro. A alocação do mercado de água tem sido aplicada em alguns países como o Chile, os Estados Unidos e a Austrália.

### *Manutenção de uma vazão ecológica mínima*

As razões técnicas usuais para se manter uma vazão ecológica mínima nos rios são: a manutenção das populações de peixes e animais silvestres, a recreação, a navegação, a assimilação de águas servidas e os ecossistemas. A determinação de qual seria a vazão mínima recomendável não é matéria fácil, visto envolver conhecimentos de diversas áreas como biologia, botânica, ecologia e outros, e ainda devido a grandes variabilidades dos regimes dos rios.

Por causa destas dificuldades, é possível que uma vazão mínima considerada razoável em um determinado momento, venha a ser considerada insuficiente no futuro. Para precaver-se contra esses problemas, alguns estados dos Estados Unidos já prevêm explicitamente em suas legislações a possibilidade de o estado adquirir direitos de água para essa finalidade. No Brasil, sendo a água considerada um bem público, o poder público pode, teoricamente, a qualquer momento estabelecer uma vazão para essa finalidade. Todavia, mesmo com essa aparente facilidade institucional para solucionar o problema, é importante que esse problema seja mais pesquisado e estudado.

Na região Nordeste, com rede hidrográfica formada por rios intermitentes, o problema é bem peculiar e pouco estudado. Toda a vazão mínima deve ser liberada por reservatórios. Na cultura da região, acostumada com rios secos e águas difíceis, a idéia predominante é segurar as águas em reservatórios e considerar como perda as águas que escoam para o mar. Todavia, com a construção de reservatórios e construção de sistemas de abastecimentos de água em muitas cidades ribeirinhas, há uma grande mudança ambiental e a questão da vazão ecológica deve ser reavaliada. A formação de novos conhecimentos nessa área é de grande importância para essa região.

### *A água para a geração de energia elétrica*

A energia hidráulica se constitui na forma mais limpa de produzir energia elétrica. O setor elétrico brasileiro, entre os setores usuários de água, foi o que se desenvolveu mais rapidamente. No País ainda há muito a desenvolver para a geração de hidreletricidade. Recentemente, a idéia de aproveitar água em pequenos rios e riachos para a produção da energia elétrica tem crescido em popularidade e se constitui também um campo a demandar a criação de conhecimentos.

No Brasil, uma grande parte dos conhecimentos hidrológicos e de gestão de água foram criados no âmbito do setor elétrico. As companhias geradoras e distribuidoras de energia elétrica eram estatais e operavam os grandes reservatórios do País (excetuando-se os de rios intermitentes do Nordeste brasileiro). A operação era feita com múltiplos propósitos e abrangiam também aspectos ligados ao controle de cheias.

Dentro da nova política brasileira para o setor elétrico, com a privatização de companhias estatais de geração de energia, uma nova realidade se apresenta e requer a formação de novos conhecimentos para a operação, e gerenciamento de recursos hídricos são necessários.

### *Suprir as populações rurais com água*

Uma grande parte da população rural brasileira ainda sofre constantes e graves problemas de suprimento de água potável. No Nordeste o problema é mais grave. Nessa região, no segundo semestre de quase todos os anos, o atendimento é feito através de carros-pipas.

As principais técnicas usadas no atendimento das populações rurais dispersas são: a construção de poços, cisternas, dessalinização de águas salobras de poços profundos e carros-pipas. Um problema ligado a esse tema diz respeito à otimização desse atendimento e à economia. No geral, são atendidas populações de baixa renda com pouca capacidade para pagamento da água. Então, constitui-se um desafio para o conhecimento a busca de um modelo que otimize o fornecimento de água dessas populações. Deve ser ainda considerado, que o problema do atendimento de águas das populações rurais está muito ligado ao problema do destino dos efluentes. Quando as pessoas se juntam em sociedade sem o devido cuidado com o manejo dos efluentes, a tendência é poluir as águas próximas e importar águas de locais cada vez mais distantes.

### *O gerenciamento das águas subterrâneas*

A exploração das águas subterrâneas está entre as alternativas de aumentar as disponibilidades hídricas. Atualmente, os níveis de conhecimento hidrogeológico no Brasil são bastante limitados. No Brasil, os maiores níveis de conhecimento hidrogeológico estão na região Nordeste e refletem os esforços da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) na década de 1960 (Rebouças 2000).

O conhecimento das disponibilidades hídricas também é maior nos locais de grande densidade populacional e refletem, normalmente, um excedente da demanda em relação às disponibilidades de águas superficiais. Um dos grandes riscos no manejo das águas subterrâneas decorre de um uso excessivo dos aquíferos. Para aquíferos de regiões litorâneas, há o agravante da possibilidade de intrusão da língua salina, resultando em degradação da qualidade das águas e, mesmo, da inutilização dos aquíferos.

A inserção do gerenciamento das águas subterrâneas no processo integrado de gestão de águas ainda se constitui em um grande desafio ao conhecimento. No Brasil muito pouco se tem estudado sobre a operação conjunta água superficial-água subterrânea. Há questões a responder como:

- Quais incentivos e punições podem induzir a sociedade ao efetivo uso conjunto das águas subterrâneas e superficiais?
- Quais são os maiores impedimentos ao uso das águas subterrâneas?
- Serão necessárias leis e instituições específicas para proceder ao gerenciamento das águas subterrâneas?

O monitoramento das águas subterrâneas, com instituições aparelhadas, com estratégias científicas e persistentes de medições tem sido largamente utilizado em países desenvolvidos. O processo completo consiste em monitorar, fazer previsões com modelagens matemáticas, propor, se for o caso, restrições nos usos de solos e águas. A questão da qualidade das águas subterrâneas é tratada em conjunto com o problema dos resíduos sólidos.

### 3.1.2 Problemas ligados à qualidade das águas

Há algumas décadas, especialistas em recursos hídricos diagnosticaram que grande parte das águas doces do mundo estavam ameaçadas pela poluição em consequência do mau uso das mesmas e dos solos. Nos Estados Unidos, o problema foi avaliado pelo Conselho de Qualidade Ambiental (CEQ) na década de 1980, que concluiu que apesar das medidas que vinham sendo tomadas, o nível da qualidade das águas não estava melhorando.

O problema do agravamento da qualidade das águas ainda persiste em várias partes do mundo. Diversas pesquisas são executadas no sentido de conceituar, diagnosticar, prognosticar e mitigar as consequências de ações

antrópicas na qualidade das águas. Na presente seção, abordam-se os seguintes problemas relacionados à qualidade das águas:

- Precipitações ácidas;
- Poluição das águas subterrâneas;
- Controle da qualidade das águas;
- Poluição por fontes não pontuais;
- Suprimento de água de boa qualidade para as cidades;
- Eutrofização dos corpos de água.

### *Precipitações ácidas*

A precipitação ácida tem sido reportada em várias partes do mundo, sendo hoje reconhecida como perigosa ao meio ambiente e à qualidade das águas. A precipitação ácida é causada principalmente por emissões de dióxido de enxofre de fábricas e queima de carvão vegetal em usinas e, em menor escala, por descargas de carros e indústrias.

A chuva ácida está mais associada a cidades industrializadas. Um desafio para a formação do conhecimento diz respeito à avaliação das probabilidades de ocorrências de chuvas ácidas e suas possíveis conseqüências aos mananciais hídricos de um determinado estado e de estados vizinhos.

A prevenção de chuvas ácidas é tratada nos países desenvolvidos, onde o problema é mais grave, através de regulamentação e controle com vistas a diminuir o lançamento de gases poluentes à atmosfera. Embora tecnicamente as causas e soluções possam ser apontadas, há dificuldades políticas de implementá-las, pois exigem vultosos recursos de filtração em indústrias.

No contexto da chuva ácida, as ações devem ter grande abrangência e apoio político. O segmento de recursos hídricos pode contribuir através da avaliação de possíveis conseqüências.

### *Poluição das águas subterrâneas*

A água subterrânea é uma das principais fontes de suprimento de água em muitas partes do mundo e do Brasil. Considerando-se o fato de o Brasil ser um país tropical, sujeito a altas taxas de evaporação, os mananciais subterrâneos ficam mais protegidos dos rigores da evaporação e podem ser usados, também, como reservas estratégicas para crises de oferta de águas subterrâneas.

Nos Estados Unidos, cerca de 25% de toda a água doce é oriunda de água subterrânea e 95% da população rural abastece-se a partir de poços. No Brasil, embora não tenha estatísticas precisas nesse aspecto, há exemplos de grandes cidades abastecidas por águas subterrâneas. A cidade de Natal, no Rio Grande do Norte, com população de cerca de 700.000 habitantes, é abastecida a partir de 123 poços tubulares, com profundidade média de 80 metros, produzindo até 200 m<sup>3</sup>/h (Rebouças, 2000). A contaminação das águas subterrâneas por nitrato constitui-se em uma das maiores preocupações para o abastecimento de águas da cidade. Caso o problema do esgotamento sanitário não seja resolvido, Natal corre o risco de ter que importar água (ABES, 2000).

O processo de poluição de águas subterrâneas, gerado por águas residuárias, ainda está muito presente em várias partes do País e tende a elevar o custo da água bruta. Há duas principais linhas de ação cujos estudos podem ser induzidos:

- O aspecto institucional, com formulação de modelos teóricos de gerenciamento das águas subterrâneas;
- O aspecto de monitoramento da qualidade das águas e da depleção dos lençóis com conseqüente intrusão salina.

Uma outra questão importante, e pouco estudada no País, diz respeito à poluição das águas subterrâneas por vazamentos nos postos de gasolina. O assunto é muito estudado nos Estados Unidos e pouco cuidado no Brasil. Apenas recentemente alguns estudiosos começaram a se dedicar a esse assunto. Esse tipo de estudo requer ainda muita pesquisa e produção de conhecimento.

#### *Poluição por fontes não pontuais*

Muitos dos esforços spendidos nos estudos de qualidade da água referem-se a fontes de poluição específicas e a determinados tipos de poluentes. Todavia, grande parte das cargas poluidoras de corpos de água em geral são originárias de fontes difusas ao longo dos ambientes rurais e urbanos. Estudos procedidos nos Estados Unidos estimam que as fontes de poluição não pontuais contribuem com cerca de 65 a 75 por cento das cargas de nitrogênio e fósforo que chegam aos corpos de água. Estudos estatísticos visando a avaliar esse tipo de poluição ainda não são realizados no Brasil com a frequência desejável.

A solução do problema não é simples. A poluição difusa pela ação humana está fortemente relacionada às culturas locais. A mudança cultural depende de campanhas educacionais e podem necessitar de gerações até que se chegue ao nível desejável.

Muitas técnicas disponíveis não são atrativas dos pontos de vista econômico e político, como os seguintes exemplos: 1) os custos de controle dos escoamentos superficiais são elevados; 2) as técnicas de conservação de solo agrícola não são atrativas para os agricultores; 3) campanhas educativas de longa duração, alertando sobre o problema da poluição não pontual, têm pouco apelo político.

O enfrentamento da poluição não pontual deve iniciar com avaliações mais precisas dos tipos e das quantidades de poluentes e de suas conseqüências para formular novos modelos de controle e mitigação dos impactos.

#### *Eutrofização dos corpos de água*

Define-se a eutrofização como a fertilização das águas, principalmente de lagos e reservatórios, por nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo, o que ocasiona o crescimento de plantas aquáticas até níveis que podem interferir nos usos desejáveis da água. A eutrofização dos corpos de água, embora possa ser considerado apenas como umas das conseqüências da poluição, merece um tratamento especial devido a seu avanço e sua gravidade.

Embora a eutrofização seja fenômeno natural em lagos e reservatórios, a atividade humana a acelera rapidamente, diminuindo a vida útil da *qualidade das águas* desses corpos de água. Em níveis excessivos, ela é prejudicial, principalmente por quebrar o equilíbrio natural das cadeias tróficas, alterando os ciclos químicos e biológicos no corpo d'água (Chapra, 1997).

Esse problema tem se mostrado extremamente grave nos pequenos reservatórios do Nordeste Semi-Árido, que têm seus volumes de água reduzidos na longa estação seca da região (rios sem vazão) e continuam recebendo efluentes domésticos. O número de pequenos reservatórios eutrofizados é bastante elevado e interferem no abastecimento de água das populações rurais dispersas. Muitos estudos e pesquisas são necessários ainda para permitir um melhor projeto de ocupação dos solos da região dos sertões do Nordeste brasileiro.

### 3.1.3 Problemas ligados ao modelo institucional

A constatação de que os modelos institucionais praticados não eram apropriados para gestão de águas no complexo mundo do final do século, levou a sociedade a buscar novas alternativas. O Brasil vive atualmente uma fase de importantes mudanças institucionais. Recentemente, foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA) com o objetivo de viabilizar, institucionalmente, o gerenciamento dos recursos hídricos dentro dos novos paradigmas.

Dessa forma a avaliação da eficácia e das vantagens desse novo modelo em implantação requer estudos científicos, distanciando-se, o mais possível, de interesses políticos. Há várias questões a responder, deixando-se de lado as especulações teóricas e observando-se a aplicação prática do novo modelo;

- Quais as vantagens reais desse novo modelo?
- Os instrumentos de gestão, como a cobrança pelo uso da água bruta, estão atingindo os objetivos para ele preconizados pelo modelo teórico?
- Como a sociedade está participando desse novo processo?

Muito se tem buscado aprender no aspecto institucional com o modelo francês, o modelo em implantação no Brasil. Mas há alguns cuidados a serem tomados nesse aprendizado, pois a gestão está intimamente ligada aos aspectos culturais, políticos e econômicos.

## 4 Gestão de águas: a abordagem dos anos 90

Em 1992 o Bureau de Tecnologia e Ciências das Águas, na comemoração do seu décimo aniversário, promoveu um evento, já sob o paradigma do desenvolvimento sustentável, o Sustaining Our Water Resources (Water Science and Technology Board, 1993). Nesse encontro foram abordados os seguintes tópicos:

- Justiça e equidade entre gerações.
- Paisagens, bens de consumo e ecossistemas: as relações entre política e ciências para os rios americanos.
- Ciência hidrológica: mantendo-se em paz com novos valores e percepções.
- Mudando os padrões das tomadas de decisões em recursos hídricos.
- Mudando os conceitos de gestão de sistemas.

Olhar para as paisagens como bem de consumo e ecossistemas, e buscar esse equilíbrio, aponta para uma atitude ambiental responsável. Por sua vez, a mudança nos padrões das tomadas de decisões em recursos hídricos está em curso, principalmente no campo teórico, em vários países do mundo. A aproximação entre o modelo teórico e o posto em prática por dirigentes mede o nível de avanço do País ou do Estado. Nesse aspecto há muitas tecnologias criadas nos países desenvolvidos. O método do painel de avaliação por especialistas (Expert Panel Assessment Method) pode ser tomado com uma nova maneira de tomar decisões (Swales e Harris, 1997). Também a questão da participação da sociedade nas decisões constitui-se em uma mudança na maneira de tomar decisões.

## **5 O arcabouço conceitual em expansão para o século 21**

"O arcabouço conceitual herdado do passado se mostra insuficiente para solucionar os crescentes, cada vez mais complexos, relacionados ao uso de água no amanhã" (Falkenmark, 2000).

É importante observar que o arcabouço conceitual a que se refere Falkenmark, inclui os princípios de Dublin, mais ou menos institucionalizados pela Global WaterPartnership. A autora argumenta que as políticas de recursos hídricos atuais têm se baseado demasiadamente nos princípios de Dublin. Considera um esforço a apresentação pelo Conselho de Recursos Hídricos Mundial da Visão Mundial da Água 2025, apresentada no segundo foro mundial das águas em Haia, em março de 2000.

## **6 As idéias centrais do capítulo**

Segundo Falkenmark (2000), "o arcabouço conceitual herdado do passado se mostra insuficiente para solucionar os crescentes, cada vez mais complexos, relacionados ao uso de água no amanhã". Conclui-se que novos conhecimentos em gestão ambiental e de recursos hídricos são indispensáveis para se resolver, não somente os problemas atuais, mas também aqueles que se deliniam para o futuro.

No Brasil, e particularmente no Semi-Árido, há déficit de conhecimentos e tecnologias para os problemas de água e ambientais. Há um passivo a ser pago, e um investimento a ser feito para o bem estar das futuras gerações. Tudo dentro do conceito de justiça entre gerações.

## **7 Recomendações**

Um novo mundo está se desenhando em gestão de águas. Novos conhecimentos são requeridos. Novas visões e atitudes de pesquisadores são requeridas para a busca de soluções para esse novo mundo.

### **"Mudanças nos métodos de pesquisas hidrológicas"**

"A importância da água para o sistema Terra no espaço geofísico e escala de tempo tem profundas implicações para a infra-estrutura educacional e de pesquisa das ciências hidrológicas. Nós não podemos construir o necessário entendimento científico da hidrologia na escala global a partir dos tradicionais programas educacionais e de pesquisa que foram desenhados para servir as necessidades pragmáticas da comunidade de engenharia."

A nova visão da pesquisa científica ao longo do mundo, pode ser resumida na frase acima. Se houve, e continuam havendo, mudanças substanciais na maneira de administrar e usar as águas, certamente, a conclusão e a consequência é que deve também mudar a maneira de estudar e ver os problemas. A inter e multidisciplinaridade deve ser preocupação central da pesquisa.

### **"Expansão dos conceitos em gestão de água com vistas ao futuro"**

No processo de formação do conhecimento, são consideradas as tendências mundiais em gestão de águas. A aplicação dos princípios de Dublin já se mostra insuficiente. Há uma nova visão e novos conceitos em expansão, como a competição da implementação da água doce com os serviços ecológicos nos âmbitos das bacias hidrográficas.

## 8 Referências Bibliográficas

ABES. Gerenciamento ganha espaço no Nordeste. *BIO Revista Brasileira de Saneamento*, n. 14. abril/junho 2000. p. 24.

ARANHA, M. L. de A. e MARTINS, M. H. P. *Filosofando: Introdução à filosofia*. 2. ed. São Paulo: Editora Moderna Ltda., 2000. 395 p.

CHAPRA, S. C. "Surface Water-Quality Modeling". New York: McGraw-Hill Int. Editorions, Civil Eng. Series, 1997.844p.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE. 1987. "Our Common Future". New York: Oxford University Press, 1987. 383 p.

FALKENMARK, Malin. Competing Freshwater for Ecological Services in the River Basin Perspective: An expanded conceptual framework. *International Water Resources Association Water International*, vol. 25, n. 2., 2000. p. 172-177.

GALLIANO, A. G. *O Método Científico: Teoria e Prática*. Harbra: São Paulo, 1979. 200 p.

HÜHNE, Leda Miranda. *Metodologia Científica*. 7. ed., Rio de Janeiro: Agir, 2000. 263 p.

JAPIASSU, Hilton. *A revolução científica moderna. De Galileu a Newton*. São Paulo: Editora Letras&Letras, 1997. 284 p.

JAPIASSU, Hilton. *Introdução ao pensamento epistemológico*. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1992. 199 p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *More Water for Arid Lands*. (Relatório de um Painel ad hoc). Washigton, D.C., 1974.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. *Águas Subterrâneas*. In: *Águas Doces do Brasil*. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 117-150.

SWALES, Stephen e HARRIS, Jonh H. The expert panel assessment method (EPAM): A new tool for determinning envirnmental tools in regulated rivers. In: HARPER, David M. e FERGUSSON Alastair J. D. The ecological basis for river management. East Sussex, Inglaterra, 1997. p. 125-134.

WARREN, John L. How do we know what is sustainable? A retrospective and a prospective view. In: Muschett, F.Douglas. Principles of Sustainable Development. Delray Beach, FL. USA: St. Lucie Press, 1997. p.131-149.

WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY BOARD Sustaining our resources. Washington D.C.: National Academy Press, 1993. 114 p.

# Água no semi-árido nordestino experiências e desafios

NIZOMAR FALCÃO BEZERRA\*

O principal fator limitante do desenvolvimento no semi-árido brasileiro é a água. Não propriamente pelo volume precipitado, mas pela quantidade evaporada. Circunscrita a 53,1 % do território do Nordeste, esta área corresponde a 882.081 km<sup>2</sup>, dos quais a caatinga ocupa uma área de 734.478 km<sup>2</sup>, possuindo uma biodiversidade peculiar dentro de um bioma tipicamente brasileiro.

Apresenta precipitação pluviométrica com média anual inferior a 800 mm (oitocentos milímetros). Essa pluviosidade relativamente baixa e irregular é concentrada em uma única estação de três a cinco meses caracterizada, ainda, pela insuficiência e pela irregularidade temporal e espacial.

As variações climáticas, sobretudo nos período de estiagem, agravam um conjunto de questões econômicas e sociais, que desmantelam o sistema produtivo e concorrem para sua não consolidação.

Temperaturas elevadas (entre 23 e 27°C), fortes taxas de evaporação e elevado número de horas de exposição solar (aproximadamente 3.000 horas de sol por ano) tornam essa região especial, dada as elevadas taxas de evapotranspiração e o balanço hídrico negativo durante boa parte do ano.

A semi-aridez está presente na região Norte de Minas Gerais e quase integralmente nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, e Bahia.

As características edafoclimáticas da região são semelhantes às de outras regiões semi-áridas quentes do mundo: secas periódicas e cheias freqüentes dos rios intermitentes, solos de origem cristalina, arenosos, rasos, salinos e pobres em elementos minerais e matéria orgânica, além de solos pouco permeáveis, sujeitos à erosão e, portanto, de mediana fertilidade natural.

Como referido anteriormente, a vegetação básica é a caatinga, e têm-se como explorações predominantes a pecuária extensiva e a agricultura de sub-

---

\* Engenheiro agrônomo, Assistente Técnico da Diretoria Técnica da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME

sistência. A caatinga é um bioma heterogêneo que inclui diversos tipos de paisagens e espécies, que são exclusivamente regionais.

A vegetação diversificada inclui, além da caatinga, vários outros ambientes associados, onde encontram-se catalogadas aproximadamente 1000 espécies vegetais, das quais 380 são exclusivas da caatinga.

A irrigação nos vales aluvionais e, em menor escala, em outras manchas irrigáveis, geralmente de altitudes superiores, constituídas pelos tabuleiros e planaltos, são as reservas edáficas de maior valor sócio-econômico.

### **Características climáticas e implicações econômicas**

A associação destas variáveis concorre para determinar as seguintes situações econômicas regionais:

a) exploração agrícola

- produção instável, com apenas dois a três anos de boas safras em cada dez anos de cultivo, inclusive no que se refere aos produtos essenciais à subsistência do homem;
- produtividade baixa e decrescente para a maioria dos produtos.

b) produção pecuária

- produção instável, com perda de peso dos animais durante o período seco do ano e dizimação do rebanho nas secas periódicas;
- baixa produtividade, com ganhos de 5 a 10 kg de peso por hectare/ano;
- uso crescente de concentrados (ração) na alimentação de ruminantes.

c) a desorganização social é igualmente grave, refletindo na vulnerabilidade da economia local e a exacerbação do quadro de miséria e fome na Região.

### **Aspectos sócio-econômicos**

A população do Semi-Árido corresponde a aproximadamente 36% de todo o contingente populacional nordestino. Considera-se o semi-árido uma área tradicional de expulsão populacional em decorrência das secas, das baixas

vantagens competitivas em termos econômicos e da estrutura fundiária altamente concentrada.

A zona rural do semi-árido nordestino, com cerca de 9,2 milhões de habitantes, representa aproximadamente 51,4% do total de habitantes da população do semi-árido, sendo que, deste percentual, mais 55% são considerados indigentes, na conceituação proposta pelo Mapa da Fome do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada).

Quanto à educação, a deficiência da Região Semi-Árida é flagrante, por sua elevada taxa de analfabetismo. Em 1991, 58% da população, com idade de 5 anos ou mais, era analfabeta.

O saneamento é outro fator problemático na região. A precariedade de serviços básicos é revelada nos dados censitários de 1991, onde se registra que 64% da população não possui ligação com rede pública de coleta e parte significativa do esgoto coletado não sofre nenhum tipo de tratamento. Os resíduos são despejados in natura nos cursos d'água ou no solo, contribuindo para insalubridade ambiental e proliferação de doenças, em especial as de veiculação hídrica. No Brasil, como um todo, este déficit é de apenas 40,5%.

Mais de 70% da produção dos principais alimentos é oriunda das pequenas propriedades agrícolas de menos de 100 ha, onde reside a maior parte da população rural. Estes produtores representam 91% das unidades de produção, apesar de ocuparem apenas 28% da área dos estabelecimentos. Estes dados revelam a importância econômica e social dos pequenos estabelecimentos rurais.

Assim, a realidade econômica desta região está fortemente ligada a uma cultura de subsistência, com produção de alimentos para autoconsumo, sem excedente econômico e sem alternativas de fonte de renda, reduzindo o grau de integração nos mercados e, conseqüentemente, caracterizando a vulnerabilidade destas populações e de suas atividades econômicas ao fenômeno das secas.

### **Aspectos hidrográficos**

A Região Nordeste compreende dois contextos hidrogeológicos distintos, de extensões quase iguais: o domínio das rochas de substrato geológico cristalino pré-cambriano, praticamente impermeáveis e subflorantes, e os das rochas sedimentares, nas quais ocorrem importantes horizontes aquíferos. Es-

tes últimos abrangem, principalmente, os Estados do Maranhão, 80% do Piauí e cerca de metade dos Estados do Rio Grande do Norte e da Bahia.

Apesar da densa rede hidrográfica existente, ela é subutilizada, mal distribuída e dispendiosa. Além disso, a eficiência hidrológica dos açudes no Semi-Árido é estimada em 1/5 do volume estocado, em função das altas taxas de evaporação, o que leva a intensos processos de salinização cíclica das águas armazenadas.

### **Ações estimulantes**

Uma série de ações tem procurado estabelecer as bases para um sistema de convivência com o semi-árido nordestino, notadamente com relação aos aspectos legais dos recursos hídricos. Constata-se que houve uma evolução neste aspecto, a partir da aprovação do Código de Águas, no ano de 1934, reafirmado com a aprovação de Lei 9433/97. Anteriormente, o Código não poderia ser aplicado na sua totalidade, pois muitas de suas disposições não tinham sido regulamentadas.

Percebendo a premência de atualizar nossa legislação e fortalecer as instituições relacionadas com os recursos hídricos, alguns Estados nordestinos, sendo pioneiro o Ceará, a exemplo de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina, se anteciparam à União e legislaram sobre a matéria.

A Constituição federal, em seu artigo 21, inciso XIX, preceitua ser competência da União "instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso". Obedecendo a esse comando, o Governo Federal e o Congresso se mobilizaram e produziram uma lei federal que atende ao preceito constitucional (Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997).

O sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, segundo a nova Lei, tem como órgão colegiado de cúpula o Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Junto a ele atuam sistemas similares de âmbito estadual. No novo sistema, a unidade de gestão passa a ser a bacia hidrográfica.

Um colegiado de usuários de água, de agentes governamentais - que atuam na bacia - e de representantes das comunidades envolvidas, constituem-se em um verdadeiro "parlamento das águas". Esse corpo decide sobre o uso múltiplo dos Recursos Hídricos, aprova um plano de longo prazo de desenvolvimento das utilizações setoriais, estabelece as tarifas a se-

rem cobradas dos setores usuários e resolve os conflitos de interesse que eventualmente se instalem.

Paralelamente ao conselho deliberativo da bacia atua um órgão executivo, que efetua a cobrança do uso da água, coleta as informações e prepara os planos de utilização para exame da plenária. Esse órgão executivo é a "agência de água", inspirada no modelo que funciona na França, há mais de três décadas, com muito sucesso.

Um novo conceito, introduzido na gestão moderna dos recursos hídricos, constante na Lei 9.433, é a cobrança pelo uso da água. A cobrança tem por objetivo:

- reconhecer o valor econômico da água;
- dar a todos os usuários, de toda e qualquer modalidade de uso, uma indicação de seu real valor;
- incentivar a racionalização do uso da água e gerar recursos financeiros para a viabilização daquelas intervenções necessárias à garantia de que a água continuará disponível. Isto é, estudos, obras e atividades de manutenção.

Vários programas federais foram implantados no Nordeste para a captação, o armazenamento e o uso da água, com vistas a se estabelecer o desenvolvimento sustentável no semi-árido. Entre os programas federais implantados no Nordeste ao longo do tempo, destacou-se o PROHIDRO, que objetivava instalar no semi-árido um suporte hídrico permanente para a sustentabilidade das atividades agrícolas.

O Programa buscou alcançar o aumento da produção de alimentos e de matérias primas, visando assim criar oportunidades de emprego e uma maior segurança econômica e social à população da região nordestina.

Para alcançar os objetivos propostos pelo Programa, foi estabelecida uma estratégia de ação que envolveu a utilização de recursos para investimentos públicos, a fundo perdido, e uma linha especial de crédito rural subsidiado.

Através desses dois instrumentos de ação, adotou-se um conjunto de medidas, compreendendo a construção de açudes públicos e a perfuração, recuperação, instalação, operação e manutenção de poços tubulares. Estas medidas visavam ao atendimento às comunidades rurais.

Além das medidas acima mencionadas, foram também adotadas as seguintes: realização de obras para a perenização de rios intermitentes do Nor-

deste, perfuração e instalação de poços particulares em propriedades rurais, através de linha especial de crédito e alocação de recursos aos Estados para aquisição de perfuratrizes.

O Programa deu uma contribuição efetiva, no sentido de elevar a disponibilidade de água para o consumo humano e animal e de aumentar o suporte hídrico à irrigação, ampliando assim a infra-estrutura hídrica.

O Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP), implementado a partir de 1985, procurou aumentar a produtividade, a produção e a renda das famílias dos pequenos produtores rurais. Também, promoveu o acesso à terra e à água, às tecnologias de produção, ao mercado de insumos e produtos e ao crédito rural. Um dos instrumentos de ação mais importantes do PAPP foi o de Recursos Hídricos, que objetivava proporcionar o acesso à água, promovendo a sua utilização no conjunto de atividades básicas nos imóveis rurais dos pequenos produtores.

O Programa considerou o aumento da produção e da produtividade, mediante o acesso aos recursos naturais (terra e água), bem como o aporte de capital (insumo e implementos), contando também com a utilização de tecnologias adequadas.

O Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste (Projeto Sertanejo) objetivou a organização e a consolidação da pequena e média propriedade agrícola do Nordeste. Deu ênfase a uma política de água ao nível da unidade de produção (pequena e média açudagem e poços), orientando-a para o seu aproveitamento econômico em atividades produtivas e para o cumprimento da função social de benefícios a um maior número possível de famílias.

Sua estratégia foi orientada para as seguintes linhas de ação:

- formação de reservas de água, através da implantação de infra-estrutura hidráulica nos imóveis rurais, com a construção de açudes ou a captação de água subterrânea, visando a sua utilização em atividades produtivas;
- intensificação da produção irrigada com a implantação nas pequenas e médias propriedades agrícolas de uma área de 2 a 3 ha;
- prestação de assistência financeira associada à assistência técnica através de uma linha especial de crédito.

Em termos estratégicos, o impacto do Projeto Sertanejo foi mais significativo; principalmente quanto à contribuição para a melhoria da resistência às

secas e para a geração de empregos. Outra contribuição do Sertanejo, na área de recursos hídricos, foi a ampliação da capacidade de acumulação de água e da implantação da área irrigada.

No que se refere à irrigação, o Projeto Sertanejo conseguiu, em cinco anos, criar condições para ampliação da área irrigada de um terço da área que o DNOCS e a CODEVASF tinham implantado até aquele ano. Como vários outros projetos, o Sertanejo tinha estrutura administrativa dispendiosa e concorria com outros projetos de mesmos objetivos.

O Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE) teve sua execução apoiada principalmente em dois órgãos federais:

- a CODEVASF, que promove e articula as ações para o desenvolvimento sustentável da Bacia do São Francisco, com ênfase no aproveitamento dos recursos de água e solo; e
- o DNOCS, com atuação no restante do semi-árido e funções de desenvolvimento e gerenciamento dos recursos hídricos, com vistas ao aproveitamento hidroagrícola, de desenvolvimento da pesca e aquicultura de águas interiores, bem como de programas de engenharia rural.

Estes programas se notabilizaram por lançamentos estrepitosos, execução paralela (e concorrência pelos mesmos recursos), altos gastos com administração, paternalismo e interferências políticas com violação de normas, falta de seriedade e, finalmente, descontinuidade, com resultados bem abaixo do que seria de se esperar numa relação custo benefício.

Não se pode negar o êxito de alguns e, a partir de seus enganos, hoje temos condições de não repetir os erros.

### **Irrigação e desenvolvimento**

Vários fatores têm retardado o desenvolvimento da agricultura irrigada no semi-árido brasileiro. Entre outros fatores, destacamos:

- Inexistência de uma política fundiária, voltada para promover o acesso dos produtores sem terra;
- Inexistência de um banco de solos;

- falta de eletrificação rural em locais onde existem solo e água: crédito insuficiente e inoportuno;
- baixa eficiência dos sistemas de irrigação adotados;
- ausência de uma política de comercialização dirigida para as áreas irrigadas;
- falta de capacitação técnica em tecnologias de irrigação e drenagem.

Da análise, especula-se a necessidade de um conjunto de ações nas áreas de planejamento, execução de obras, acompanhamento e controle de recursos hídricos. Essas ações devem fazer parte de um contexto mais amplo de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Nordeste para um desenvolvimento sustentável.

A estratégia a ser adotada para atender à sinalização acima deve apontar para a garantia do desenvolvimento sustentável, notadamente naquilo em que os recursos hídricos são considerados insumos básicos, seja no setor produtivo ou no consumo humano e animal.

Essa estratégia deve buscar atender aos seguintes objetivos:

Quanto à demanda difusa:

- Dotar os imóveis rurais, coletivos ou individuais, de infra-estrutura hídrica que garanta, em caráter permanente, o abastecimento para consumo humano e animal;
- incorporar os pequenos produtores ao processo produtivo, mediante a irrigação e a piscicultura.

Quanto à demanda concentrada:

- Desenvolver um processo permanente de planejamento de médio e longo prazos, garantindo a oferta de água como resposta às demandas crescentes;
- Implantar uma política de manejo e preservação dos recursos de água e solo;
- Estruturar um sistema de gestão dos recursos hídricos para planejar, coordenar, implantar, acompanhar e avaliar os projetos de aproveitamento dos recursos hídricos.

### **Faróis de desenvolvimento**

Os faróis de desenvolvimento são uma iniciativa do Banco do Nordeste, que tem como finalidade criar um espaço de discussão e viabilização de solu-

ções, objetivando potencializar o desenvolvimento dos municípios, dentro de uma visão de negócio empresarial.

É um movimento em que o Banco do Nordeste se põe a serviço da sociedade nordestina, como elemento catalisador das ações de desenvolvimento, disponibilizando sua experiência em termos de planejamento, execução e articulação com os diversos segmentos da sociedade organizada. É um esforço de promover o desenvolvimento.

As ações do Banco do Nordeste, integradas às de outras instituições públicas e organizações não governamentais, visam a:

- Ensejar a articulação local para garantir a interação da comunidade com seus dirigentes estratégicos, visando à sua participação na tomada de decisões sobre prioridades econômicas e de infra-estrutura social e produtiva;
- Viabilizar as vocações econômicas do município, fortalecendo a integração dos elos das cadeias produtivas;
- Estimular a integração dos municípios em meso-regiões, visando à superação de gargalos estruturais;
- Ensejar a geração de negócios e promover a inserção do município e seus agentes produtivos no contexto estadual, regional, nacional e internacional.

São considerados membros em potencial desse fórum de discussão todos os agentes que atuam visando o desenvolvimento econômico e social do município:

- Banco do Nordeste, na condição de coordenador dos Faróis do Desenvolvimento;
- Poder Executivo Municipal;
- Poder Legislativo Municipal;
- Poder Judiciário;
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural;
- Os sindicatos, cooperativas e associações de trabalhadores da agropecuária, da indústria, do comércio e do setor de prestação de serviços;
- Os sindicatos e associações patronais da agropecuária, da indústria, do comércio e do setor de prestação de serviços;
- Os clubes de serviços;
- As denominações religiosas existente no município;

- As empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos;
- Os serviços sociais e de aprendizagem das categorias econômicas;
- As organizações não-governamentais com atuação no município;
- Os órgãos do Ministério Público lotados no município;
- Associações de Moradores;
- Governo Estadual, por intermédio de representantes das Secretarias de Estado;
- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas;
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária;
- Companhia Hidrelétrica do São Francisco;
- Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco;
- Quaisquer outras entidades representativas da comunidade, que forem convidadas pelo Farol do Desenvolvimento.

No sentido de viabilizar as soluções relativas ao desenvolvimento sustentável dos municípios, o Farol do Desenvolvimento, atua no sentido de:

- Elencar as vocações econômicas locais;
- Estruturar as cadeias produtivas;
- Integrar os municípios em meso-regiões para a solução de gargalos estruturais;
- Promover a inserção competitiva dos Agentes Produtivos no contexto econômico, nacional e internacional;
- Consolidar parcerias para soluções de problemas de infra-estrutura social e econômica;
- Propiciar condições de sustentabilidade aos empreendimentos;
- Identificar oportunidades e concretizar negócios para o Banco do Nordeste;
- Integrar as diversas intervenções locais praticadas pelo Banco - Capacitação dos Agentes Locais, Institucionais ou Privados, em matérias necessárias ao desenvolvimento das atividades econômicas, transferencia de metodologias de capacitação aos parceiros, visando à multiplicação das ações de capacitação;
- Desenvolver uma visão compartilhada do município, dentre outros interesses da região.

## AGROPOLOS

Nos últimos 10 anos, um novo modelo de desenvolvimento vem sendo trabalhado com a denominação de Agropolos. Trata-se de uma rede de empresas e instituições (públicas e privadas), trabalhando sistematicamente, com o objetivo de atender à demanda de uma determinada parcela de consumidores. Ele pode ser entendido como uma maneira alternativa e eficiente para organizar determinado complexo ou cadeia produtiva agroindustrial.

Agropolo é uma área geograficamente delimitada, envolvendo um número variável de municípios, com potencial para desenvolvimento da agricultura irrigada, onde existe clima e situação de parceria entre governo e sociedade, trabalhando harmonicamente para o desenvolvimento de uma região (SEAGRI, 2002).

Um dos mais promissores agropolos, e em plena ascensão, é o de Lot-y-Garona. Situada no sudoeste da França, essa região é respeitada na Europa na produção mundial de patos, queijo de ovelha, passas, entre outros produtos.

Possuidora de solos adequados, clima ameno e variado e reservas hídricas que permite a irrigação de amplos territórios, tem contribuído para o desenvolvimento de uma poderosa agropecuária, produtora de cereais, oleaginosas, frutas e verduras, vinhos e carnes.

Os maiores grupos industriais, franceses e europeus, encontraram nessa região condições favoráveis para sua expansão. Eles contribuem para a implantação de laboratórios de pesquisa, públicos e privados, e de pessoal especializado na concepção e fabricação de máquinas especiais.

Os dirigentes do agropolo acompanham o desenvolvimento tecnológico das empresas, participam da concepção e do desenvolvimento industrial de novos processos de automação, conservação e embalagens, entre outros.

O ensino superior orienta a formação de profissionais especializados na transformação, comercialização e gerenciamento a partir das escolas de Engenharia Agrônômica e Agrícola, com especializações em fruticultura e olericultura, vinicultura e tecnologias de transformação de carnes.

De acordo com Burba (2002), na Argentina, o Instituto Nacional de Tecnologia propôs a instalação de sete Parques de Inovação Tecnológica, para atender as empresas, com bases tecnológica e agroindustrial ou agroalimentar, sediadas nesses Agropolos. Uma delas está localizada na Estação Experimental de Mendoza.

Essa unidade é especializada na pesquisa e desenvolvimento de espécies hortícolas, cultivadas com baixa lâmina de irrigação, com especial ênfase naqueles cultivares destinados ao mercado externo. É uma unidade pequena, com profissionais de elevada formação técnica.

O agropolo definiu três grandes unidades para o desenvolvimento da base tecnológica, com exclusivo enfoque hortícola, que vão se aperfeiçoando com o tempo: Unidade de Acondicionamento de Bulbos, Unidade de Engenharia de Cultivos e a Unidade de Melhoramento Genético e Produção de Sementes. Uma Unidade de Serviços Técnicos Especializados (software, seguros, serviços bancários, certificação de qualidade, entre outros) completa o Parque de Inovação Tecnológica.

Este é um caso de conjugação da fortaleza institucional com debilidades empresariais, com grande reflexo econômico e social nas pequenas unidades de produção agrícola. Foi idealizado um sistema integrado de colheita mecânica, acondicionamento das condições controladas de temperatura e umidade, corte, limpeza, armazenamento, embarque e transporte, que garantam qualidade do produto nas gôndolas dos supermercados dos países mais exigentes.

No Estado do Paraná, a implementação e organização do Agropolo Oeste, numa parceria entre o Governo do Estado e os Governos Municipais da Região Oeste, é tido como um dos mais promissores pólos regionais do sul do Brasil. Inicialmente, foi identificado que a região possuía uma significativa base agropecuária e um grande potencial agroindustrial, devidos, essencialmente, à excelente composição de seu solo e à origem cultural européia de seus moradores.

Além dessas condições, a região também possuía uma boa infra-estrutura educacional, incluindo aqui instituições de pesquisa e desenvolvimento. Diante dessas vantagens comparativas locais, imaginou-se, através do agropolo, otimizar a estrutura existente, de modo a atender as demandas espontâneas, já identificadas, de micro e pequenos empresários.

Para assegurar o atendimento dessa busca e obter um aproveitamento eficaz na execução, foram priorizados, por possuírem um grande potencial na região, os seguintes setores:

- Erva-Mate;
- Olerícolas;

- Frutas (produtos naturais);
- Panificação e Derivados de Amidos;
- Laticínios;
- Derivados de Carnes e embutidos.

Também no Paraná, o Agropolo da Região de Maringá reúne várias entidades em torno da industrialização da produção agrícola.

Embora o significado do agropolo ainda não esteja muito bem claro para muitas pessoas, deverá beneficiar pequenos e médios produtores rurais e trazer o desenvolvimento para os trinta municípios que compõem a Associação dos Municípios do Setentrião Paranaense. O agropolo nada mais é do que a delimitação geográfica que integra a região para desenvolver ações integradas.

### **Agropolos do Ceará**

No bojo do esforço que o Estado do Ceará vem fazendo no sentido de criar uma infra-estrutura de irrigação, o que daria ao Estado uma sustentabilidade frente às adversidades climáticas, esse modelo de desenvolvimento regional constituiu-se num dos elementos aglutinadores das ações públicas.

Nessa perspectiva foram idealizados os seguintes Agropolos:

- **Agropolo Baixo Acaraú**

O agropolo do Baixo Acaraú localiza-se no noroeste do Estado, compreendendo os municípios de Cruz, Acaraú, Bela Cruz, Marco, Morrinhos, Santana do Acaraú, Sobral, Forquilha, Massapê, Cariré, Groaíras, Meruoca, Reriutaba e Varjota. Apesar de chamado "Baixo Acaraú", o mesmo abrange praticamente toda a bacia hidrográfica do Acaraú. Procurou aglutinar todas as intervenções existentes na bacia hidrográfica, como os Perímetros Irrigados Araras Norte, Forquilha e Jaibaras. Além do Projeto em implantação Baixo Acaraú.

A fonte de suprimento para sustentabilidade dessas áreas está baseada nos Açudes Araras (Paulo Sarasate), Serrote (Edson Queiroz), Jaibaras (Ayres de Sousa) e Forquilha.

Obviamente, é preciso construir o Açude Taquara, sem o qual não existe garantia de suprimento hídrico para as áreas irrigadas, pois muito da água

atual já encontra-se comprometida com o abastecimento humano das cidades situadas ao longo do rio Acaraú.

- Agropolo Baixo Jaguaribe

O agropolo do Baixo Jaguaribe abrange os municípios de Limoeiro do Norte, Morada Nova, Russas, Jaguaruana, Itaiçaba, Aracati, São João do Jaguaribe, Quixeré, Banabuiú, Ibicuitinga, Icapuí, Jaguaratama, Jaguaribara, Palhano e Tabuleiro do Norte. Dotados de recursos naturais de solo e água, os municípios dessa área se especializaram nas atividades agropecuárias, destacando-se a cultura do arroz, a fruticultura, a olericultura e a pecuária leiteira. Um grande salto qualitativo dessa região ocorreu por conta da implantação do Perímetro Irrigado de Morada Nova na década de 1970.

O ponto de logística positivo se concentra na existência de acesso aos grandes mercados consumidores de Fortaleza, Mossoró e Natal, e na distância relativamente pequena para os portos do Mucuripe e Pecém (200 e 250 km, respectivamente), no Ceará, Suape (600 km), em Pernambuco, e Natal (350 km), no Rio Grande do Norte.

- Agropolo Cariri

O agropolo Cariri está situado no Sul do Estado, no Vale do Cariri, situado entre as serras do Araripe e do Caririáçu. Com solos de formação sedimentar, esta região é possuidora de grande atividade econômica e social, abrangendo os municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Milagres, Mauriti e Brejo Santo.

A peculiaridade dessa região ocorre por conta da existência de cursos d'água que são alimentados por diversas fontes naturais perenes oriundas da serra do Araripe.

Os solos são profundos e têm aproveitamento agrícola intenso com a cultura da cana-de-açúcar na parte aluvional e uma diversidade de culturas no âmbito da fruticultura, olericultura e produção de grãos. A região é rica em solos podzólicos, latossolos e vertissolos.

A unidade estruturada, tecnologicamente, âncora indutora desse agropolo, é o Perímetro Irrigado de Quixabinha, localizado no município de Mauriti.

- Agropolo Centro-Sul

O agropolo Centro-Sul está localizado no semi-árido central do Estado, compreendendo os municípios de Iguatu, Quixelô, Icó e Orós. É uma porção diferenciada do Sertão Central por apresentar uma bacia sedimentar, onde se destaca os solos de tabuleiros da Chapada do Moura e a Chapada do Barro Alto, além das áreas aluvionais e os vertissolos. Os recursos hídricos são absolutamente abundantes e relativamente escassos.

Os açudes Orós, Lima Campos, Trussu, Sussuarana e Muquem são as principais fontes hídricas da região e concentram a maior capacidade de acumulação do Estado, até a plena operação da Barragem do Castanhão. Entretanto, a maior parte dessa água já está comprometida com usuários tradicionais da região.

O Comitê da Bacia Hidrográfica tem constantemente sido acionado no sentido de mediar conflitos de interesse, haja visto os Recursos Hídricos estarem sujeitos a um rígido controle de Gerenciamento. Essa limitação pode ser atenuada quando o Açude Castanhão atingir seu nível máximo de acumulação.

- Agropolo Ibiapaba

O agropolo da Ibiapaba localiza-se na região oeste do Estado e compreende os municípios de Viçosa do Ceará, Tianguá, Ubajara, Ibiapina, São Benedito, Guaraciaba do Norte, Carnaubal e Ipú.

Trata-se de um maciço montanhoso em forma de planalto, que se eleva a uma altura aproximada de 800 metros. As correntes de ar quentes e úmidas que passam pelos sertões, ao atingirem os contrafortes da Ibiapaba, se elevam e se esfriam formando um microclima especial.

Quando associado aos solos profundos da parte costeira, esse microclima propicia o surgimento de uma vegetação densa e exuberante, do tipo subperenifólia, que abrange uma área média de aproximadamente 200 km de comprimento por 15 km de largura. Uma série de pequenos riachos são perenes, o que favorece a utilização na irrigação de frutíferas e olerícolas.

- Agropolo Metropolitano

O agropolo da região metropolitana localiza-se na região norte do Estado. Compreende os municípios de Fortaleza, Caucaia, São Gonçalo do Amarante, São Luis do Curu, Pentecoste, Paraipaba, Paracuru, Aquiraz, Cas-

cavel, Eusébio, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba e Pindoretama.

O sistema agrícola propulsor desse pólo agrícola é o Perímetro Irrigado de Paraipaba, que vem passando por uma transformação profunda na sua forma gerencial e de cultivos (coco, acerola, banana e cana-de-açúcar, entre outras).

O grande aliado estrutural é a proximidade dos Portos de Pecém e do Mucuripe (30 e 50 kms, respectivamente) e vias de acesso satisfatórias. Um enorme mercado consumidor com aproximadamente 2.500.000 pessoas, formado pela região metropolitana de Fortaleza.

É um desafio imenso, no qual necessita um esforço muito grande do setor público, no sentido de viabilizar a integração do potenciais existentes com as deficiências de infra-estrutura nos agropolos do Estado do Ceará; especialmente, nas áreas de Ciência e Tecnologia, Extensão Rural e Inovações Tecnológicas (software), seguros, serviços bancários, certificação de qualidade, entre outros. É necessário, ainda, aperfeiçoar os sistemas de colheita, acondicionamento em condições controladas de temperatura e umidade, limpeza, armazenamento, embarque e transporte, que garantam qualidade dos produtos.

## Referências Bibliográficas

BURBA, J. L. Agropolos. Um enfoque "diferenciado" de Parque de Inovacion Tecnológica de base hortícola. Disponível: <http://www.ideb.mp.gba.gov.ar>. Acesso em 01 de Novembro de 2002.

FUNDETEC. Agropolo Oeste do Paraná. Disponível: <http://www.fundetec.org.br>. Acesso em 01 de Novembro de 2002.

O QUE É O FAROL DO DESENVOLVIMENTO BANCO DO NORDESTE. Disponível: <http://www.faroldodesenvolvimento.gov.br>. Acesso em 01 de Novembro de 2002.

PLAN OPERATIVO DEL CONVENIO. Disponível: <http://www.ciel-47.com/espagnol>. Acesso em 01 de Novembro de 2002.

SAMPAIO, Y.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VASCONCELOS, R.; ORTIZ, R. A.; MOTA, R. S. da; CAMPELLO, M. S.; SILVA, F. B. R. da; SILVA, F. H. B. B. da. Quanto vale a caatinga? Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002.

SEAGRI. Agropolos. Disponível: <http://www.seagri.ce.gov.br>. Acesso em 01 de Novembro de 2002.

SUDENE. A seca nordestina de 1998-1999: da crise econômica a calamidade social. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1999.



# Água: controle do desperdício e reúso

SUETÔNIO MOTA\*

## Disponibilidade de água

Se considerarmos em seu valor total, a quantidade de água disponível em nosso planeta é muito superior à necessária aos diversos usos da população. No entanto, a distribuição de água é muito desigual e, na maioria das vezes, não está de acordo com a distribuição da população.

No Brasil, por exemplo, enquanto cerca de 80% da água existente localiza-se na região amazônica, onde vivem 5% da população, o restante dos recursos hídricos (20%) destina-se a abastecer 95% dos brasileiros. A situação é mais grave na região Nordeste, onde a disponibilidade de água, por habitante, é ainda menor.

Segundo Setti (1994), a quantidade de água livre sobre a Terra atinge 1.370 milhões de km<sup>3</sup>. Dessa quantidade, apenas 0,6% de água doce líquida se torna disponível, naturalmente, correspondendo a 8,2 milhões de km<sup>3</sup>. Desse valor, somente 1,2% se apresenta sob a forma de rios e lagos, sendo o restante (98,8%) constituído de água subterrânea, da qual somente a metade é utilizável, uma vez que a outra parte está situada abaixo de uma profundidade de 800m, inviável para captação pelo homem. Assim, restam aproveitáveis 98.400 km<sup>3</sup> nos rios e lagos e 4.050.800 km<sup>3</sup> nos mananciais subterrâneos, o que corresponde a cerca de 0,3% do total de água livre do planeta.

---

\*Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental pela Universidade de São Paulo. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Autor dos livros: "Preservação e Conservação de Recursos Hídricos", "Introdução à Engenharia Ambiental" e "Urbanização e Meio Ambiente". Organizador do livro "Reúso de Águas: A Experiência da Universidade Federal do Ceará".

Além da distribuição irregular e das perdas, deve ser considerada a crescente degradação dos recursos hídricos, resultado da ação antrópica, tornando parte da água imprópria para diversos usos. Assim, muitas regiões do mundo apresentam problemas relacionados com a água, seja pela escassez ou pela qualidade inadequada da mesma.

Dias (1995), comentando um documento elaborado pelo Banco Mundial, intitulado "Em Direção ao Uso Sustentável dos Recursos Hídricos", diz que, enquanto o século XX viu guerras causadas por diferenças ideológicas, religiosas e políticas, ou pelo controle de reservas de petróleo, o século XXI poderá ser dominado por conflitos provocados pela escassez de outro líquido: a água.

De acordo com o Relatório do Banco Mundial, em 1995, 250 milhões de pessoas, distribuídas em 26 países, já enfrentavam escassez crônica de água. No ano 2025, esse número deverá saltar para 3 bilhões, em 52 países. A demanda mundial por água tem dobrado a cada 21 anos.

Conforme Horst Otterstetter (BIO, 2001), "entre 1900 e 1990, a demanda mundial de água multiplicou por seis, enquanto a população apenas duplicou no mesmo período. Estas demandas incluem uma diversidade de usos - desde municipais, agrícolas e industriais, até recreativos e de navegação - e o aumento reflete a crescente sofisticação tecnológica na produção de bens e serviços destinados a melhorar nossa vida".

## **Desperdício de água**

Estima-se que na agricultura são consumidos cerca de 70% da água, nas atividades industriais são utilizados em torno de 20 a 25 %, sendo o restante de uso doméstico e outros.

O consumo de água poderia ser bem menor, se não ocorressem tantas perdas e desperdícios, que acontecem devido a falhas nos sistemas de abastecimento de água para os diversos fins, e por causa do comportamento, nem sempre adequado, dos usuários.

Antes da década de 90, as perdas totais estimadas em sistemas operados pelas companhias estaduais de saneamento excediam às faixas, quase sempre, superiores a 45%, atingindo, em alguns, valores superiores a 60%. Em termos de irrigação, as perdas e desperdícios chegavam a ultrapassar, muitas vezes, a 80 % (MORAIS, 1998).

Há necessidade de que sejam adotadas medidas de controle de perdas e desperdícios, de uso racional e de reaproveitamento da água, como forma de garantir a sua disponibilidade, hoje e sempre.

### **Controle de perdas e desperdícios**

O controle de perdas e desperdícios deve ser feito pelo poder público, por empresas privadas e pela população em geral.

Várias medidas de controle podem ser adotadas, destacando-se:

- Controle de vazamentos, nos sistemas públicos de abastecimento e nas edificações. Redução do consumo de água na rega de jardins. Em regiões com carência de água, deve ser incentivado o plantio de vegetais que consomem menor quantidade, bem como adotadas práticas para reduzir a evaporação, como, por exemplo, promovendo-se a cobertura do solo com folhas e palhas, para manter a umidade junto às plantas.
- Utilização de equipamentos de uso racional da água, tais como:
  - bacias sanitárias e dispositivos de descarga com baixo consumo de água;
  - torneiras com fecho e abertura automatizados;
  - torneiras eletrônicas;
  - válvula de fechamento automático para chuveiro elétrico;
  - chuveiros com limitadores de vazão;
  - mictórios com caixas de descarga de fechamento periódico e automático, ou com sensores que acionam a descarga automaticamente.
- Desenvolvimento de eletrodomésticos de baixo consumo de água (máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar prato, etc.). Incentivo à substituição ou à adaptação de aparelhos e equipamentos em uso, por outros que consomem menos água (Ver Quadro 1). Ampliação da micromedição, colocando-se hidrômetros nas edificações onde os mesmos não existem.
- Adoção de medidas de redução do consumo e controle de desperdícios, tais como:
  - fechar a torneira enquanto se escova os dentes ou faz a barba;
  - utilização do mínimo de água necessária, no banho;

- evitar usar mangueiras e utilizar balde e pano, na lavagem de carros;
- usar somente o necessário, na lavagem de roupas e na preparação de alimentos;
- manter as torneiras, descargas, chuveiros, bóias de caixas d'água e tubulações sem vazamentos.

Com o uso de equipamentos que propiciam economia de água pode-se conseguir significativas reduções no consumo, como mostra o quadro 1.

**Quadro 1 - Equipamentos Economizadores de Água**

Equipamento	Redução em relação ao equipamento convencional
- Torneira automática	25 %
- Torneira eletrônica	40 %
- Válvula de descarga automática para mictório	50 %
- Válvula de fechamento automático para ducha / água fria ou pré-misturada com restritor de vazão de 8 litros por minuto	32 %
- Bacia sanitária com caixa acoplada de 6 litros por descarga	50 %
- Bacia sanitária com caixa acoplada de acionamento seletivo (3 ou 6 litros por descarga)	50 a 75 %

Fonte: SABESP (2002)

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2002) vem obtendo ótimos resultados em termos de redução de consumo de água, através do PURA - Programa de Uso Racional de Água.

Por exemplo, o desenvolvimento do PURA no Campus Universitário da USP, em São Paulo, iniciado em 1999, conseguiu obter uma redução de consumo de água de 142.247,00 m<sup>3</sup>/mês para 105.377,00 m<sup>3</sup>/mês, através de ações como:

- Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede externa, nos reservatórios e nas instalações hidráulicas e prediais.

- Troca de equipamentos convencionais por outros economizadores de água (3900 pontos).
- Campanha educacional.
- Estudo para reaproveitamento de água dos destiladores.

Com um investimento aproximado de R\$ 2.000.000,00, conseguiu-se uma economia mensal de R\$ 705.053,76 nos gastos com o abastecimento de água. Em menos de três meses o valor investido foi recuperado, obtendo-se economia significativa nos meses subsequentes.

### **Reúso de águas**

A utilização de esgotos tratados compreende uma medida efetiva de controle da poluição da água e uma alternativa para o aumento da disponibilidade de água em regiões carentes de recursos hídricos.

A tendência atual é se considerar a água residuária tratada como um recurso hídrico a ser utilizado para diversos fins. O reúso de águas constitui, assim, uma prática a ser incentivada em várias atividades humanas.

Segundo Lavrador Filho (1987), apud Brega Filho e Mancuso (2003), reúso de água é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original.

São várias as formas de reúso, como indicado na figura 1.

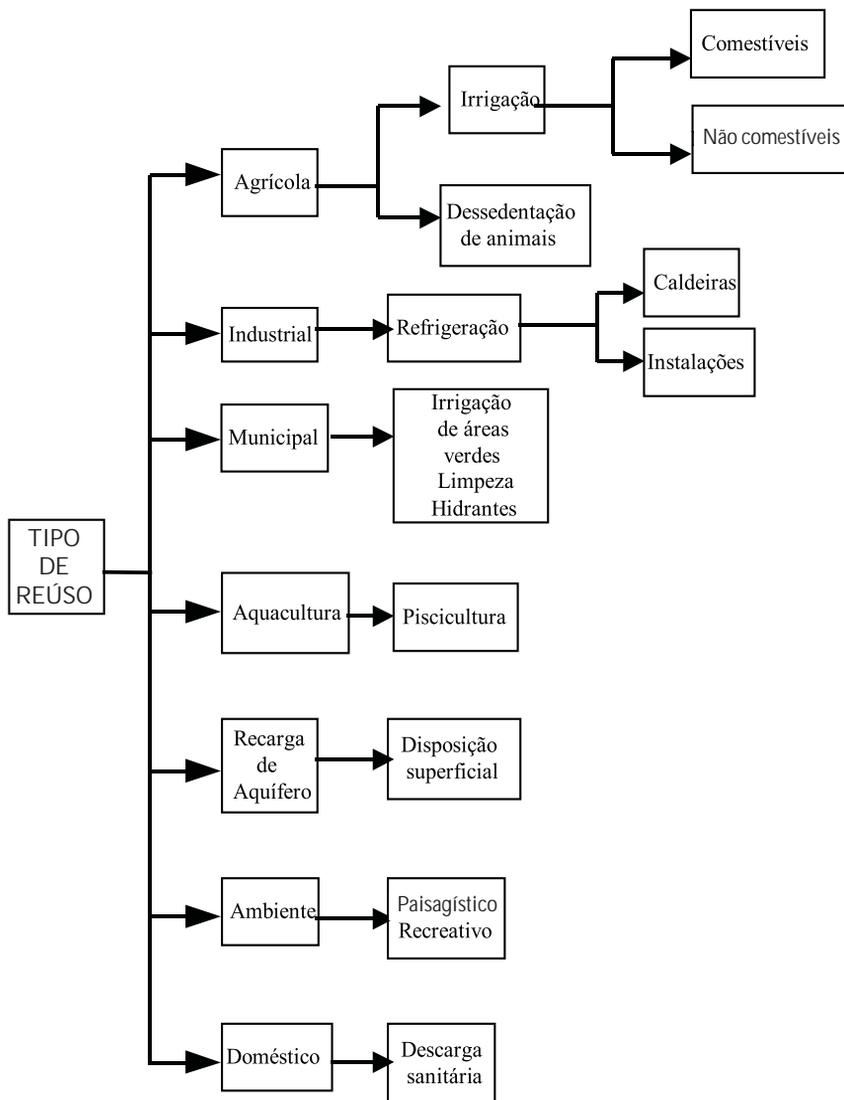


Figura 1 - Diversos tipos de reúso de águas (ESCALERA, 1995).

O réuso de águas pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.

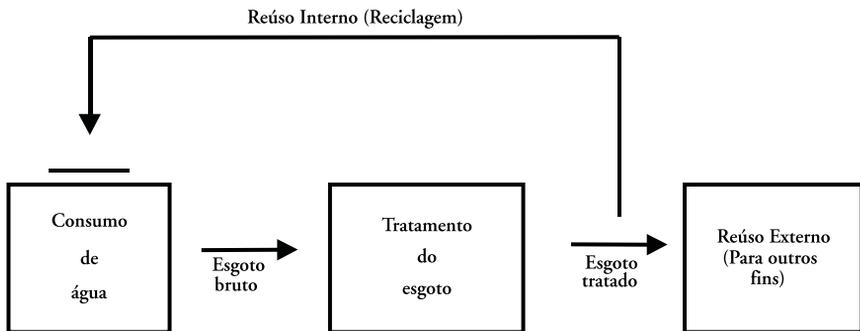
O réuso direto planejado de água ocorre quando os efluentes, após serem devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de réuso. Assim, sofrem, em seu percurso, os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não são, em momento algum, descarregados no meio ambiente.

A reciclagem da água é o réuso interno da mesma, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular de réuso direto.

A figura 2 indica como ocorre o réuso direto planejado de água, incluindo a reciclagem.

O réuso indireto não planejado de água acontece quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.

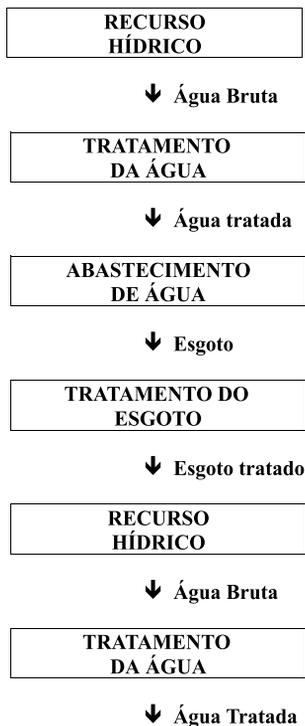
Já o réuso indireto planejado de água ocorre quando os efluentes, depois de serem convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água superficiais e subterrâneos, para serem utilizados a jusante, em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico (ver figura 3).



*Figura 2 – Réuso Direto Planejado de Água*

Pode-se apontar como vantagens do reúso de águas:

- Aumento da disponibilidade de água.
- Suprimento de água durante todo o ano.
- Liberação da água disponível para utilização em usos onde há necessidade de melhor qualidade, como o abastecimento humano.
- O esgoto reutilizado não é lançado em corpos d'água, evitando-se a poluição, principalmente de mananciais com baixas capacidades de depuração.
- A irrigação com esgotos domésticos tratados proporciona a adição de matéria orgânica e nutrientes ao solo, reduzindo o uso de fertilizantes artificiais.
- Produção de alimentos, quando usado em irrigação ou piscicultura, resultando em benefícios econômicos e sociais.



*Figura 3 – Reúso Indireto Planejado de Água*

As formas mais usuais de reúso de águas são: em irrigação, na indústria, em piscicultura e em usos urbanos não potáveis.

O reúso de águas em irrigação é uma prática adotada em várias partes do mundo, como indica o quadro 2.

**Quadro 2 – Reúso de água em irrigação em diversos países**

País	Área irrigada (ha)
México	250.000
Peru	4.300
Estados Unidos	14.000
Alemanha	28.000
Israel	10.000
Índia	73.000
Austrália	10.000
Tunísia	7.350
Kwait	12.000
Sudão	2.800
China	1.330.000
Chile	16.000
Arábia Saudita	4.400
Argentina	3.700

Fonte: TSUTIYA (2001)

O reúso de água na agricultura, no Nordeste brasileiro, resultaria na irrigação de extensas áreas, como estima-se no quadro 3.

Quadro 3 – Áreas a irrigar com esgoto tratado (em hectares) para diferentes percentuais de atendimento com rede de esgoto, à população urbana do Nordeste brasileiro.

Ano	População Urbana <sup>1</sup>	Área a irrigar, para nível de Atendimento de:			
		25 %	50 %	75 %	100 %
2.000	35.158.000	21.387	42.775	64.163	85.551
2.010	41.731.000	25.385	50.772	76.159	101.502
2.020	46.920.000	28.432	57.086	85.629	114.172

Observações:

1. Estimativa da população: Projeto ARIDAS. 1994.
2. Produção "per capita" de esgoto: 120 l / hab./ano.
3. Consumo de água para irrigação: 18.000 metros cúbicos por hectare por ano.

A qualidade da água a ser utilizada na irrigação depende do tipo de cultura, das características do solo, do tipo de sistema de irrigação a ser usado e dos riscos ambientais que podem resultar da utilização de esgotos tratados.

A Organização Mundial de Saúde estabeleceu, em 1987, diretrizes para a qualidade microbiológica das águas residuárias a serem utilizadas na irrigação, em função dos tipos de culturas, das condições de reúso, dos grupos de pessoas expostas e dos sistemas de tratamento de esgoto (HESPANHOL, 1997).

Para irrigação irrestrita, inclusive de culturas consumidas cruas, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que o esgoto tratado deve ter:

- Média aritmética de ovos de helmintos: no máximo, 01 ovo por litro.
- Média geométrica do Número Mais Provável de Coliformes Fecais: no máximo, 1.000 por 100 ml.

O tratamento em lagoas de estabilização, bastante utilizado no Brasil, e em especial na Região Nordeste, pode resultar em efluentes com qualidade

que atende às exigências da OMS. De acordo com Hespanhol (1997), sistemas integrados por lagoas de estabilização anaeróbia, facultativa e de maturação, com um tempo de detenção variando de 10 a 50 dias (dependendo da temperatura), podem produzir efluentes que alcançam as recomendações da Organização Mundial da Saúde, em termos de bactérias e helmintos.

Experiências realizadas no Estado do Ceará mostraram que efluentes de lagoas de estabilização em série, com quatro ou mais unidades, têm qualidade satisfatória em termos bacteriológicos, para uso irrestrito em irrigação. Com relação aos helmintos, sistemas com três ou mais lagoas de estabilização forneceram efluentes com ausência total dos mesmos (BRANDÃO et al, 2002).

As principais formas de reúso de água nas indústrias estão indicadas na figura 4.

Algumas indústrias aproveitam a própria água utilizada em seus processos industriais. Neste caso, diz-se que há a *reciclagem da água*. Outras usam esgotos domésticos tratados ou águas residuárias tratadas, provenientes de outras indústrias, caracterizando o *reúso da água*.

A qualidade do esgoto tratado a ser reutilizado depende do tipo de indústria a que se destina. Para cada indústria, e em cada instalação, os requisitos de qualidade podem variar substancialmente.



Figura 4 - Principais formas de reúso de águas nas indústrias (MOTA, 2000)

O estabelecimento de padrões de qualidade deve levar em consideração aspectos inerentes à proteção do produto fabricado, como contaminações químicas e biológicas, manchas, corrosão, fatores ligados à proteção dos equipamentos industriais, bem como fatores voltados para a eficiência dos processos, tais como formação de incrustações e depósitos, espumas, etc. Assim sendo, dependendo do processo, os padrões podem ser mais ou menos exigentes, podendo-se citar casos como água para caldeiras, onde os requerimentos de qualidade são mais restritivos que para água potável (MANCUSO, 1988).

Os resíduos orgânicos existentes nos efluentes de estações de tratamento de esgoto são fontes riquíssimas de nutrientes e energia, de forma que podem ser reutilizados na piscicultura. Esta prática já é bem difundida em outros países, pois, além de atenderem às exigências, quanto ao controle de poluição, aumentam as fontes de proteínas animais, principalmente das comunidades mais carentes, suprimindo, assim, algumas das necessidades alimentares (HORTEGAL FILHA, 1999).

Segundo Strauss, apud Léon & Cavallini (1996), certos resultados sugerem que há pouca acumulação de organismos entéricos e agentes patogênicos no interior do tecido comestível do peixe, quando a concentração de coliformes fecais na água é inferior a 1.000 CF / 100 ml.

Lagoas de maturação secundárias, em sistemas com quatro ou mais lagoas, localizados na região Nordeste do Brasil, têm apresentado teores de coliformes fecais inferiores a 1.000 CF / 100 ml, sendo indicadas para a criação de peixes.

Diversas são as formas de reúso não potável de água nas áreas urbanas: irrigação de áreas verdes, combate a incêndios, lavagem de vias, refrigeração de edificações, rega de jardins, descargas sanitárias.

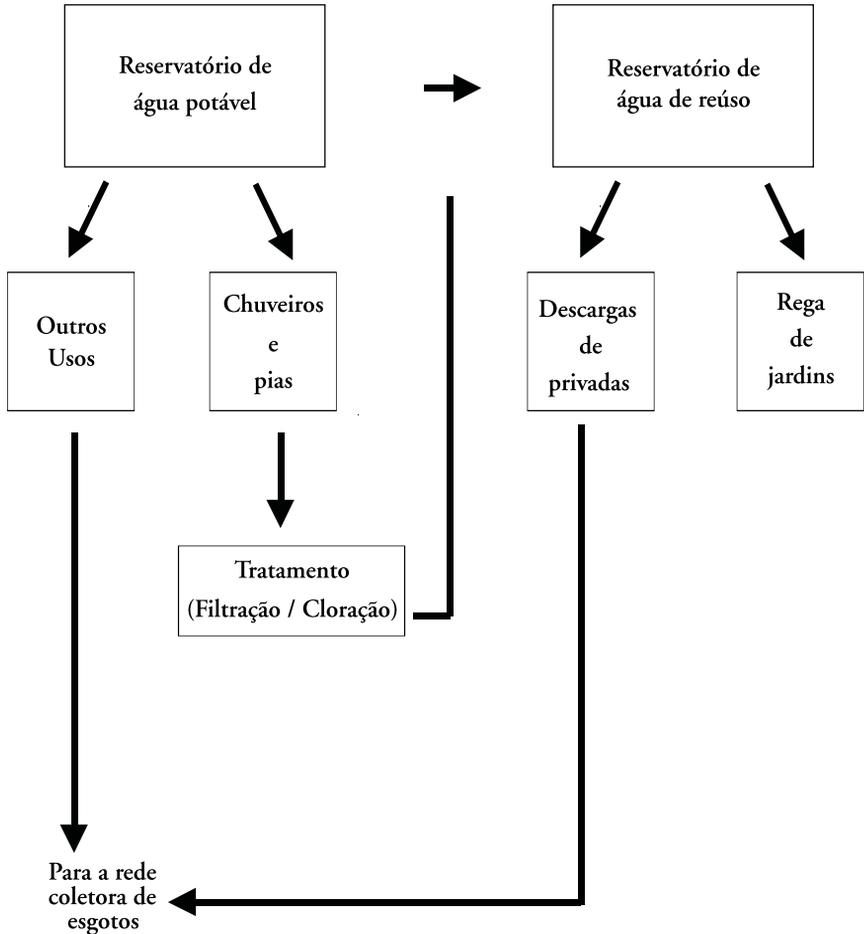
Segundo Okum (1991), estão sendo utilizados em vários locais, sistemas duplos de distribuição de água, sendo um para água potável e outro para água recuperada não potável. A água não potável é utilizada, principalmente, para irrigação urbana, descarga de vasos sanitários, torres de refrigeração, lavagem de veículos e limpeza pública.

Uma forma que vem sendo adotada em vários lugares é o reúso das águas provenientes de ralos de chuveiros, de lavatórios e de lavagem de roupas, nas descargas sanitárias.

As águas provenientes de pias, lavanderias e ralos de chuveiros, são destinadas a um tratamento, geralmente por filtração e desinfecção, e conduzidas a

um reservatório separado, de onde é distribuída, através de uma tubulação exclusiva, para as descargas dos aparelhos sanitários.

Um esquema de como pode ser feito o reúso de águas em uma edificação está indicado na figura 5.



*Figura 5 - Reúso de Águas em Edificações*

Nas descargas, são consumidos cerca de 30 % da água utilizada em uma residência e não há necessidade de que a mesma, para este fim, tenha qualidade potável.

Assim, em vez de se utilizar uma água tratada, potável, de custo geralmente alto, para afastar dejetos, pode-se usar águas servidas, após passarem por um simples tratamento. O excesso dessa água pode ser utilizado na rega de jardins ou em combate a incêndios.

### **Considerações finais**

A escassez e a distribuição irregular dos recursos hídricos têm conduzido à necessidade do uso racional da água e de que sejam buscadas outras formas de obtenção da mesma, inclusive através do reúso.

O uso racional, o controle de perdas e desperdícios e o reúso da água são tão importantes quanto a construção de reservatórios, de poços ou de outras obras hídricas, pois significam, também, aumento na oferta desse escasso líquido.

É necessário que mais estudos e pesquisas sejam desenvolvidos, de modo a determinar-se as melhores e mais seguras formas de reaproveitamento das águas residuárias.

## Referências Bibliográficas

BIO. REVISTA BRASILEIRA DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE. Quanto é necessário de água por dia? Rio de Janeiro: ABES, v.11, n. 19, jul/set, 2001.

BRANDÃO, L. P., MOTA, S. & FREIRE, L. Perspectivas do uso de efluentes de lagoas de estabilização em irrigação. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (6º:2002:Vitória). Anais, BES, 2002.

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. IN: MANCUSO, P. C. S. & dos SANTOS, H. F. (ed.) Reúso de Água. Barueri, SP: Manole, 2003.

DIAS, O. Escassez pode levar à guerra da água. Folha de São Paulo. São Paulo, 01 de outubro de 1995, Caderno 1, p.27.

ESCALERA, O. A. N. Reúso planejado de águas residuárias municipais tratadas: uma forma de conservação da água. 1995. Exame de Qualificação. Universidade Estadual de Campinas.

HESPAÑHOL, I. Wastewater as a resource. In: HELMER, R. & HESPAÑHOL, I (ed.), Pollution Control. Londres: E & FN Spon, 1997.

HORTEGAL FILHA, M. do S. R. Perspectivas do uso de lagoas de maturação na piscicultura. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, 1999.

LEON G. & CAVALLINI, J. M. Curso de tratamento y uso de aguas residuales. Lima: OPS / CEPIS, 1996.

MANCUSO, P. C. S. Reúso de Água. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 1988.

MORAIS, J. de A. Conservação e uso racional da água: diretrizes de planejamento e análises de casos na Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, 1998.

MOTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 2ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

OKUN, D. A. Water reuse: potable or nonpotable? There is a difference! In: Municipal wastewater reuse. Selected readings on water reuse. Washington, D. C.: EPA 430/09 - 91-022, sep. 1991.

SABESP. Programa de Uso Racional da Água - PURA. Disponível em: <[www.sabesp.com.br/pura](http://www.sabesp.com.br/pura)> Acesso em: 25 nov. 2002.

SETTI, A. A. A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos. Brasília: IBAMA, 1994.

TSUTIYA, M. T. Uso agrícola dos efluentes das lagoas de estabilização do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (21º:2001:João Pessoa). Anais. ABES.

# Gestão de Recursos Hídricos nas Regiões Áridas e Semi-Áridas como um Processo de Redução das Desigualdades Sociais

FRANCISCO BERGSON PARENTE FERNANDES\*

## **Apresentação**

O presente documento, sob o título "Impactos Sociais da Disponibilidade de Águas e Estratégias para Convivência com o Semi-árido", elaborado para apresentação no Seminário "Água e Desenvolvimento Sustentável no Semi-Árido", tem o seu foco na gestão de Recursos Hídricos nas regiões áridas e semi-áridas como um processo de redução das desigualdades sociais.

Nesse sentido, concentramos nossa discussão sobre um dos nossos grandes problemas - a seca -, mas incorporando esse problema nas estratégias de convivência desse fenômeno com o semi-árido, admitindo que, nos temas anteriores a este, tenham sido dissertados os aspectos ambientais, econômicos e sociais do semi-árido nordestino.

Após uma reflexão sobre as estratégias até então implementadas no Nordeste, relataremos uma experiência vivida na seca de 1998 com o programa de abastecimento de água a comunidades rurais.

## **O problema da "seca"**

José Nilson Campos (1994), em seu trabalho "Vulnerabilidade do Semi-árido às secas, sobre o ponto de vista dos recursos hídricos" comenta que o conceito de seca está intimamente relacionado ao ponto de vista do observador. Embora a causa primária das secas resida na insuficiência ou irregularidade das precipitações pluviais, existe uma seqüência de causas e efeitos. Para

---

\*Engenheiro Agrônomo, com Mestrado em Irrigação e Drenagem e Especialização em Extensão Rural e Irrigação

citar as mais comuns, pode-se definir as secas como climatológicas (causa primária ou elemento que desencadeia o processo), edáficas (efeito da seca climatológica), seca social (efeito da seca edáfica) e seca hidrológica (efeito dos baixos escoamentos nos cursos d'água para cidades e usos agrícolas diversos).

A seca edáfica tem como causas básicas a insuficiência ou distribuição irregular das chuvas e pode ser identificada por uma deficiência da umidade no sistema radicular das plantas, o que resulta em considerável redução da produção agrícola. Esse tipo de seca, associado à agricultura de sequeiro, é a que maiores impactos causa no Nordeste Semi-Árido. Os efeitos são severas perdas econômicas e grandes transtornos sociais como fome, migração, desagregação das famílias, etc. É importante ressaltar que, embora em termos econômicos a agricultura no Ceará tenha participado com 6% do PIB (1997), empregou mais de 1 milhão e 200 mil pessoas.

Por sua vez, "a seca" hidrológica, ou de suprimento de águas, pode ser entendida como a insuficiência de águas nos rios ou reservatórios para atendimento das demandas de águas já estabelecidas em uma dada região. Essa seca pode ser causada por uma seqüência de anos com deficiência no escoamento superficial ou, também, por um mau gerenciamento dos recursos hídricos acumulados nos açudes. O resultado desse tipo de seca é o racionamento ou colapso, em sistema de abastecimento d'água das cidades ou das áreas de irrigação.

As secas são o principal obstáculo ao crescimento e à melhoria do bem-estar das populações do semi-árido. O fenômeno provoca grandes desequilíbrios econômicos, sociais e ambientais, afetando a pequena agricultura de sequeiro, predominantemente de subsistência e fortemente associada a situações de extrema pobreza.

Donald Wilhite (1991), em sua publicação "Lidando com secas - Em busca de um plano de ação", considera a seca como uma característica normal e decorrente do clima que, de certa maneira, afeta praticamente todos os países. Afirma ainda que, no mundo, os desastres naturais induzidos pela seca aumentaram significativamente desde os anos de 1960, os quais, em sua maioria, mais motivados pela vulnerabilidade crescente diante de períodos prolongados de escassez de precipitações do que propriamente pelo aumento da frequência de secas meteorológicas. Esta preocupação é intensificada pela ocorrência em vastas áreas de longas secas, que geraram sérias conseqüências socioeconômicas e ambientais em escala global.

Há muito reconhece-se que as secas periódicas que castigam a zona semi-árida do Nordeste são catástrofes naturais, assumindo dimensões de calamidade pública por causa da situação de pobreza em que vive a maior parte dos seus habitantes (Brasil. GTDN, 1967: 67; Duque, 1973: 33). A diminuição drástica e a concentração, em certos períodos, da precipitação pluviométrica anual, observadas quando da ocorrência de uma grande seca, frustram as safras agrícolas, debilitam ou dizimam a pecuária e exaurem as reservas de água de superfície. Nessas condições, as camadas mais pobres da população rural ficam inteiramente vulneráveis às secas, passando a depender de ajuda emergencial para sobreviver, ou tendo de emigrar para as áreas urbanas do Nordeste ou para outras regiões do país. Em alguns casos o impacto da seca é tão forte que ainda permanece o efeito residual forçando famílias a se desfazerem de parte de seus bens móveis.

Dentre estas ocorrências, na seca de 1998, a falta de água e a perda das lavouras foram consideradas como os maiores problemas enfrentados pelos entrevistados nas frentes de serviços, bem como pelos grandes fazendeiros.

### **A vulnerabilidade do Semi-Árido**

Utilizando-se do conceito literário da palavra "vulnerável", designada como lado fraco de um assunto, questão ou sistema, ou ainda como o ponto onde uma pessoa ou sistema podem ser atacado ou ferido, podemos considerar a vulnerabilidade como o estado de fragilidade geral de valor sistêmico. A vulnerabilidade pode estar tanto dentro como fora do sistema, dependendo do ponto de vista referencial do observador.

Colocando-se o Nordeste como um grande sistema, verificam-se vulnerabilidades extrínsecas e intrínsecas que o tornam uma região-problema dentro do sistema chamado "Brasil". Este, também engajado, por sua vez, no Processo de Globalização Mundial, apresenta vulnerabilidades, que estendem-se ao Nordeste (vulnerabilidades extrínsecas). Somando estas vulnerabilidades verifica-se a complexidade das interrelações e a dificuldade na elaboração de estratégias e sua operacionalização na busca de solução para todos estes problemas.

Dessa forma, a identificação destas vulnerabilidades apresenta-se como o ponto crítico a ser vencido, sendo portanto o "Alvo principal" das políticas e estratégias que visam a atingir o desenvolvimento pretendido. A sustentabilidade

das alternativas de soluções para as vulnerabilidades identificadas devem, no entanto, estar sempre associadas ao problema da seca, ou seja, as atividades econômicas e sociais ali desenvolvidas deverão continuar dinâmicas, independentemente da existência ou não de uma seca

O Projeto Áridas (1995), em sua publicação "Uma estratégia de desenvolvimento sustentável", segmenta as vulnerabilidades em quatro grandes classes: as vulnerabilidades geoambientais, econômico-sociais, científico-tecnológicas e político-institucionais. Alerta ainda que várias delas vêm se manifestando secularmente, como é o caso de sua resistência às secas, constituindo portanto, uma grande ameaça ao processo de desenvolvimento do Nordeste semi-árido.

Contudo, muitas dessas vulnerabilidades já estão sendo atenuadas e outras resolvidas definitivamente, como demonstraram os avanços já alcançados nos últimos anos.

No entanto, o desconhecimento das diversas formas de vulnerabilidades, aliado à grande diversidade dos ecossistemas (incluindo-se as cidades e suas populações) existentes no Nordeste semi-árido, certamente tem dificultado o direcionamento das políticas e estratégias governamentais.

Otomar de Carvalho e outros, avaliando a seca de 1993, citam que as soluções "genéricas" até então adotadas para os problemas do Nordeste semi-árido têm produzido resultados insatisfatórios.

A identificação dessas vulnerabilidades com clareza, participação e discussão com a sociedade local tem apresentado resultados satisfatórios nas estratégias implementadas em pequenas escalas nas diferentes localidades e setores do desenvolvimento no Nordeste. A ampliação dessa nova abordagem metodológica na concepção de estratégias apresenta-se como uma ferramenta perfeitamente utilizável pelas diversas esferas governamentais para a realização de suas políticas de desenvolvimento sustentável, para a melhor convivência com o semi-árido do Nordeste brasileiro.

### **As estratégias de convivência com o Semi-Árido**

Na busca de soluções para o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino, várias foram as estratégias idealizadas, sugeridas e implementadas nestes últimos 100 anos, sem, no entanto, serem capazes de modificar signifi-

cativamente o quadro da insustentabilidade e pobreza em que ainda hoje vivem as famílias que habitam esta região, como bem mostram os números e quadros apresentados por aqueles que me antecederam neste seminário.

Em análises ao longo da história sobre a questão das incertezas, e procurando resposta à questão de as políticas públicas não terem encontrado ainda soluções para a convivência com o semi-árido, a Câmara dos Deputados, através da bancada federal do Nordeste, em livro lançado em 1999, com o título de "Seca, o homem como ponto de partida", apresenta algumas razões apontadas por estudiosos no assunto:

- Uns buscam na natureza a causa maior da crise; questões de natureza climática e meteorológica, limitações hidrológicas e irregularidade pluviométrica estariam na raiz do problema. Essa razão, ao predominar por muitos anos, deu origem à política hidráulica. Se o problema era disponibilidade de água, a solução estaria na acumulação de água.
- A questão demográfica passou a ser apontada, por outros, como a razão maior da crise; nenhum espaço semi-árido no mundo tem a elevada densidade de ocupação humana do semi-árido do Nordeste brasileiro. Segundo Celso Furtado, a forma como se deu o desenvolvimento econômico e as altas taxas de natalidade que predominaram por muitas décadas no interior contribuíram para agravar o quadro social.
- Já Otamar de Carvalho destaca que os efeitos negativos de natureza econômica e social acarretados pela seca não são devidos a questões climáticas, mas "à fragilidade da estrutura econômica implantada na região". A seca, como fenômeno físico, continuará a aparecer, mas suas repercussões econômicas (queda brusca de produção) e sociais (dificuldade de sobrevivência) só desaparecerão quando os sistemas produtivos e sociais forem modificados.
- Por sua vez, Gustavo Maia Gomes alerta: a agricultura tradicional continua expandindo-se em termos de área plantada, em toda a região. Mais terras e mais famílias dedicam-se ao cultivo de produtos, cujo rendimento econômico é continuamente decrescente. Não seria fácil encontrar uma receita mais eficiente do que essa para aprofundar a pobreza de tantos nordestinos do campo, conclui ele. A agricultura no semi-árido, dependente das condições climáticas, não é a mais indicada.

As atividades econômicas ali desenvolvidas têm de ser eficientes e sustentáveis. Não se pode mais pensar em subsistência.

- Há os que apontam a crise do algodão como a que mais afetou os pequenos que tinham nesse produto a mercadoria que garantia a sua sobrevivência até o próximo inverno. Hoje, o pequeno produtor vende o seu pequeno excedente alimentar da agricultura de sequeiro (milho, feijão e mandioca). A falta dessa reserva de alimentos tem acarretado fome crônica e subnutrição. Diante dessa realidade, pode-se entender a incapacidade que a economia nordestina sempre teve de gerar excedentes em nível capaz de dar origem a um processo de desenvolvimento inter-regional equilibrado.
- O primitivismo da agricultura e da pecuária explica também a pobreza e a miséria existente. Utilizou-se o sistema extensivo da lavoura, segundo Guimarães Duque, "sem auxiliar a restauração das associações vegetativas, espontâneas, após a colheita; fazia-se a abertura do roçado em qualquer ponto, indistintamente, com as queimadas, ampliando as superfícies nuas e expondo o solo cada vez mais à erosão". Novos sistemas de produção, a partir da capacitação do homem, fazem-se necessários, para que, à luz das condições ambientais, ele possa utilizar melhor o solo, gerenciar seus recursos hídricos e aplicar com eficiência os insumos adequados.
- E, finalmente, há os que defendem a tese de que o problema do Nordeste é estrutural e situa-se, também, nos anos de bom inverno. Nesses, o pequeno produtor, o rezeiro e o parceiro produzem, mas não conseguem acumular. São expropriados por vários mecanismos. Descapitalizados, ao final de cada ciclo produtivo são incapazes de enfrentar um ano seco. Por isso é que a seca hídrica se transforma em crise social.

Finalizando, comenta que a seca é uma regra, e não uma exceção. A sociedade nordestina deve encontrar meios de convivência com esse fenômeno. Por isso, devem ser identificadas as ações mais efetivas na redução dos impactos econômicos, sociais e ambientais e, daí, na diminuição da vulnerabilidade a longo prazo. As ações de curto prazo devem guardar compatibilidade com as de longo prazo.

## **Reflexões sobre as estratégias de convivência com o semi-árido**

Como mencionado anteriormente, as estratégias implementadas nos últimos 100 anos não foram suficientes para modificar o quadro que ainda hoje persiste, embora muito se tenha evoluído. Neste sentido, procurar-se-á fazer algumas reflexões sobre as estratégias, como contribuições ao aumento de sua eficiência e melhorias de uma melhor convivência com o semi-árido nordestino.

- **Foco principal no meio ambiente, economia, tecnologia, agricultura tradicional e estrutura física, esquecendo o homem como agente de transformação e de mudanças do meio.**

Neste caso, pode-se empregar a pergunta: qual o sucesso da implantação de uma tecnologia, se a grande maioria da população é analfabeta? que resultado teremos de políticas, se não se modifica o principal e primeiro recurso pela luta de uma melhor convivência? O resultado de estudos realizados pela Fundação Joaquim Nabuco, através da Sudene, na seca de 1998, mostra que da população inscrita nas frentes de serviços, apenas 40% sabiam ler e escrever, 30% não sabiam ler nem escrever e igual percentual apenas assinavam o nome. Isso mostra claramente por que em muitas políticas implementadas o êxito não foi totalmente atingido. Em outros casos, quando estas políticas foram direcionadas a uma parcela dessa população, cujo nível educacional era mais elevado, o percentual de êxito foi significativamente mais elevado, como foi o caso de determinadas políticas de crédito rural aos proprietários rurais.

- **Ações genéricas, desconhecendo as diversidades e desigualdades das diferentes unidades geoambientais.**

Aqui, fica claramente evidenciado o desconhecimento e a falta de estudos complementares da região nordestina, como apoio aos elaboradores das políticas setoriais. Resultado de pesquisa da EMBRAPA mostra que existem no Nordeste cerca de 172 unidades geoambientais diferenciadas. Se adicionarmos a estes a cultura local, a estrutura física e política e ainda as diferentes vulnerabilidades locais, teremos ao final uma matriz diferenciada de proble-

mas, que dificilmente uma ação genérica e setorializada apresente uma boa eficiência nos seus resultados. Nestes casos, pode-se considerar como satisfatórias aquelas políticas que, pelo menos, consigam minimizar ou resolver algumas das vulnerabilidades locais. O atendimento apenas parcial nunca alcançará a desejada sustentabilidade do convívio com o semi-árido nordestino. A satisfação de todas as vulnerabilidades será capaz de potencializar ações sinérgicas, mantendo o equilíbrio do desenvolvimento local.

- **Políticas setorializadas e desintegradas no tempo e no espaço dificultando a intersectorialidade.**

As experiências acumuladas com estratégias e programas de desenvolvimento têm demonstrado que as ações isoladas, implementadas de forma geograficamente pulverizadas, não causam fortes impactos no meio que se deseja transformar. Tal fato ocorre, principalmente, porque esses modelos de intervenção pública em prol do desenvolvimento carecem de força suficiente para gerar outras iniciativas que venham a se somar com as ações inicialmente implementadas pelo governo. À medida que haja a concentração de ações coordenadas sobre uma dada localidade e em um dado tipo de produção, nascem, espontaneamente, outros investimentos e iniciativas de produção de outros produtos ou serviços. Isso ocorre porque, em desenvolvimento econômico e social, a aritmética funciona de forma distinta, ou seja, dois mais dois somam mais que quatro. Em outras palavras, a superposição de ações cria uma determinada "massa crítica" que acaba por "animar" o surgimento de várias outras ações complementares por parte dos agentes produtivos e da comunidade de forma geral. Dessa forma, os efeitos das intervenções se multiplicam, produzindo fontes indiretas de crescimento que contribuem para aumentar a eficiência das ações desenvolvimentistas iniciais. A uma certa altura, as intervenções podem inclusive recuar ou desaparecer sem que isso, contudo, suste o processo de desenvolvimento e geração de riqueza nas localidades. Essa resistência deve-se às ações complementares que permanecem a produzir seus efeitos.

Quando, ao contrário, os programas de desenvolvimento alcançam, de forma pulverizada, várias localidades, os efeitos se diluem e, devido a essa fragmentação, tais programas não conseguem criar a "energia" necessária para promover o desencadeamento de atividades ou investimentos complementares

por parte de outros agentes ou instituições. Dessa forma, os impactos decorrentes de tais estratégias e programas de desenvolvimento limitam-se aos diretamente causados por essas intervenções. Quase nada ocorre indiretamente, e assim são perdidas fontes importantes de apoio ao processo de desenvolvimento. Torna-se necessária então a disponibilidade de volumes elevados de recursos tendo em vista causar os impactos desejados nas localidades subdesenvolvidas. Por essa razão, sobretudo em ambientes onde prevalece a escassez de recursos, deve-se procurar aumentar a eficiência dos investimentos públicos na promoção do desenvolvimento. Dentro de um quadro de austeridade fiscal, a estratégia de concentrar um conjunto de ações em determinadas regiões se configura em uma opção racional para obtenção de resultados rápidos, de grande impacto e sustentáveis, e, ao mesmo tempo, possíveis de serem alcançados com a aplicação de recursos modestos.

- **Ações de curto prazo nem sempre compatíveis com as de longo prazo.**

A sustentabilidade de uma ação, principalmente em ambientes de grandes vulnerabilidades e escassos recursos humanos e financeiros, só se viabiliza, no longo prazo, com planejamento estratégico, com ações bem definidas e com uma segurança na continuidade dos diversos programas e projetos implementados. Para isso, a identificação exata das vulnerabilidades, e principalmente no caso do semi-árido do Nordeste, dos possíveis impactos de uma seca nestas áreas, é de fundamental importância para que ações corretivas visando à redução destas vulnerabilidades no longo prazo sejam atendidas. No entanto, para que sejam alcançados os resultados esperados, ações de curto prazo devem guardar a compatibilidade com as de longo prazo.

- **Descontinuidade das políticas, dos programas e dos projetos.**

Como já comentado anteriormente, é necessário o desenho de um planejamento estratégico pelos governos e pela sociedade a fim de se guardar uma maior compatibilidade com as ações de curto prazo realizadas pelos diferentes e sucessivos governos futuros.

- **Elaboração, execução e análise dos programas / projetos sem o devido compartilhamento e envolvimento com a sociedade local.**

Durante muito tempo e ainda persistindo em muitas áreas nas diversas esferas governamentais, o planejamento e a elaboração de políticas sem o devido envolvimento da sociedade têm levado a que determinadas políticas se apresentem totalmente distorcidas dos problemas, elevando com isto o desperdício dos escassos recursos do governo. Muitas vezes o próprio direcionamento destas a alguns setores da sociedade também tem contribuído como mais uma dessas distorções de políticas não construtivas e adequadas a uma melhor convivência com o semi-árido nordestino.

Portanto, o compartilhamento e o envolvimento da sociedade se faz imprescindível para a construção de uma melhor estratégia sustentável de convivência com o semi-árido nordestino.

### **Abastecimento de água à população rural.**

#### **A experiência da seca de 1998/1999.**

Em 1998, a situação enfrentada por parte significativa da população residente no território cearense, no que se refere aos efeitos das estiagens, levou o Estado a desenvolver uma série de ações governamentais, tendo em vista a calamidade instalada nas diversas localidades.

Dentre estas, o programa de abastecimento de água a pequenas localidades rurais teve prioridade absoluta, já que parte das principais reservas hídricas encontravam-se em nível já bastante crítico.

O programa de utilização de carros-pipa, lançado pelo Governo Federal, juntamente com os Estado e Prefeituras, destinado a prover, como ação imediata, água às comunidades rurais, tem sido utilizado nas últimas secas, mas no entanto sem obter uma solução racional que leve a sua eliminação.

Além disso, o uso de carros-pipa induz a práticas de expedientes políticos fisiológicos, proporcionando o transporte de água de qualidade duvidosa, podendo acarretar o aparecimento de enfermidades, e como conseqüência, o aumento do risco de óbitos, principalmente, nas crianças.

Contra esse problema crônico no Estado, foi elaborado um programa permanente de abastecimento de água, com ações de longo prazo, para as

grandes cidades e distritos, para as indústrias, áreas irrigadas e pequenas comunidades rurais.

Neste contexto, para o projeto de abastecimento d'água permanente a comunidades rurais, foram projetadas soluções que buscavam, definitivamente, aumentar a oferta d'água e, em decorrência, a eliminação do uso de carros-pipa. O projeto teve como ponto de partida, o banco de dados construído através das informações obtidas no planejamento das ações imediatas, as quais foram utilizadas como subsídio para as ações operacionais de médio e longo prazo, visando o atendimento daquelas comunidades que se apresentavam vulneráveis no ano em curso.

Duas grandes fontes de dados foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho. Os dados e informações da CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), com os quais foi possível a projeção de medidas técnicas operacionais de médio e longo prazo, e os dados e informações da Defesa Civil Estadual, indicando a necessidade de desenvolverem-se ações imediatas com critérios de prioridade quanto ao atendimento.

### **Dados da CPRM**

As informações da CPRM referem-se a todo o Estado do Ceará e são plenamente representativas da realidade encontrada nos municípios abastecidos pelos carros-pipa, representando percentualmente uma parcela territorial significativa do Estado.

Estes dados constam de informações de natureza quantitativa e qualitativa que possibilitam expressar de maneira transparente a situação operacional atual dos poços tubulares e amazonas do Estado do Ceará. Retratam ainda os poços tubulares existentes, detalhando-os como em uso, desativados, abandonados e não instalados. Somando-se os percentuais dos poços desativados e não instalados, chega-se a um percentual de 31% do universo total de poços levantados.

Esta constatação leva a que sejam projetadas ações destinadas à recuperação e instalação de poços tubulares com maior rapidez, promovendo, de imediato, significativo aumento de oferta de água.

De igual modo, as informações sobre os poços amazonas mostram que, para certas comunidades, principalmente próximas aos aluviões, sua implementação deve ser imediata, a baixos custos de execução e de manutenção simples.

Quanto aos aspectos qualitativos, as informações dão conta de que o embasamento cristalino apresenta indiscutivelmente águas com maior teor de sólido total dissolvido, parâmetro indicador da necessidade de instalação de dessalinizadores, de forma criteriosa e pontual, em algumas comunidades, onde o parecer técnico recomendar.

### **Dados da Defesa Civil**

Os dados fornecidos pela Defesa Civil foram trabalhados e analisados pela SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas) considerando 3 (três) variáveis básicas: Comunidades, Famílias e Custos (Anexo I).

Na análise inicial, considerando as variáveis relacionadas acima, procedeu-se à distribuição das famílias em 21 classes, partindo-se do estrato de 1 a 4 famílias, até o estrato de 100 a mais.

A primeira variável analisada permitiu a quantificação do número de "comunidades" atendidas por classe de família, verificando-se que nas 8 classes correspondentes ao estrato de 1-40 estão concentradas 69,11% das comunidades atualmente atendidas por carro-pipa.

Correlacionando-se as informações das variáveis número de comunidades e número de famílias, até a classe de 1-40 famílias, chega-se a uma primeira conclusão de que existe uma dispersão muito grande na localização das famílias atendidas, pois 69,11% das comunidades atendidas concentram apenas 24,32% das famílias.

Da mesma forma, correlacionaram-se as variáveis comunidade, famílias e custos.

Considerando as informações anteriores, optou-se por reduzir a estratificação inicial de 12 classes, para apenas 3 classes: 1-40, 40-100 e > 100, tendo tal fato permitido a obtenção de indicações mais claras, que permitirão a implantação de ações localizadas, em que estará presente a questão temporal, ou seja, por onde devem ser começadas as ações.

Com base nestas informações, foram desencadeadas ações, agrupadas num primeiro momento, em dois níveis: ações imediatas e de médio e longo prazo.

## **Ações imediatas**

Resultante da análise das informações da Defesa Civil Estadual, inicialmente a equipe técnica entendeu ser fundamental promover um recadastramento de todas as rotas dos carros-pipa, através de visitas a todo o universo de comunidades beneficiadas, efetivando uma análise criteriosa do problema vivenciado por cada uma, identificando a demanda atual e futura de água potável, bem como as possíveis alternativas de solução para o problema.

A partir disso, pôde-se racionalizar e melhor planejar não só as ações imediatas, como as de médio e longo prazos, com uma redução significativa de desembolso pelos Governos Federal e Estadual.

## **Ações de médio e longo prazo**

As ações de médio e longo prazo foram quantificadas à medida que as ações imediatas iam sendo concluídas em cada município.

Foram previstas para os poços tubulares e amazonas públicos, com base no conhecimento da equipe técnica, preponderante nas informações da CPRM, as seguintes ações:

- Recuperação de sistemas de bombeamento;
- Instalação de chafarizes;
- Instalação de dessalinizadores em poços com boa vazão e alto teor de sólidos totais dissolvidos;
- Instalação de sistemas de captação de água com utilização de energia solar;
- Execução de ações voltadas para o gerenciamento das obras destinadas à captação de água subterrânea.

Neste primeiro momento, verificou-se, como ponto frágil do programa, a inexistência de pequenas estruturas organizacionais de manutenção e gestão dos poços, fato este detectado pelos constantes problemas encontrados nos sistemas de abastecimento de água recentemente implantados.

Neste contexto, foi idealizado o Programa de Monitoramento Hídrico de Água Subterrânea e Abastecimento - PROMASA, que abrange, dentre outros, o Projeto Água Doce, o qual contempla ações voltadas para a eliminação de carros-pipa.

O Projeto Água Doce foi criado com o objetivo de resolver o problema da escassez hídrica em pequenas comunidades rurais do Estado do Ceará, através da implantação e operação sustentável de pequenos sistemas de abastecimento, tendo como fonte os recursos hídricos subterrâneos.

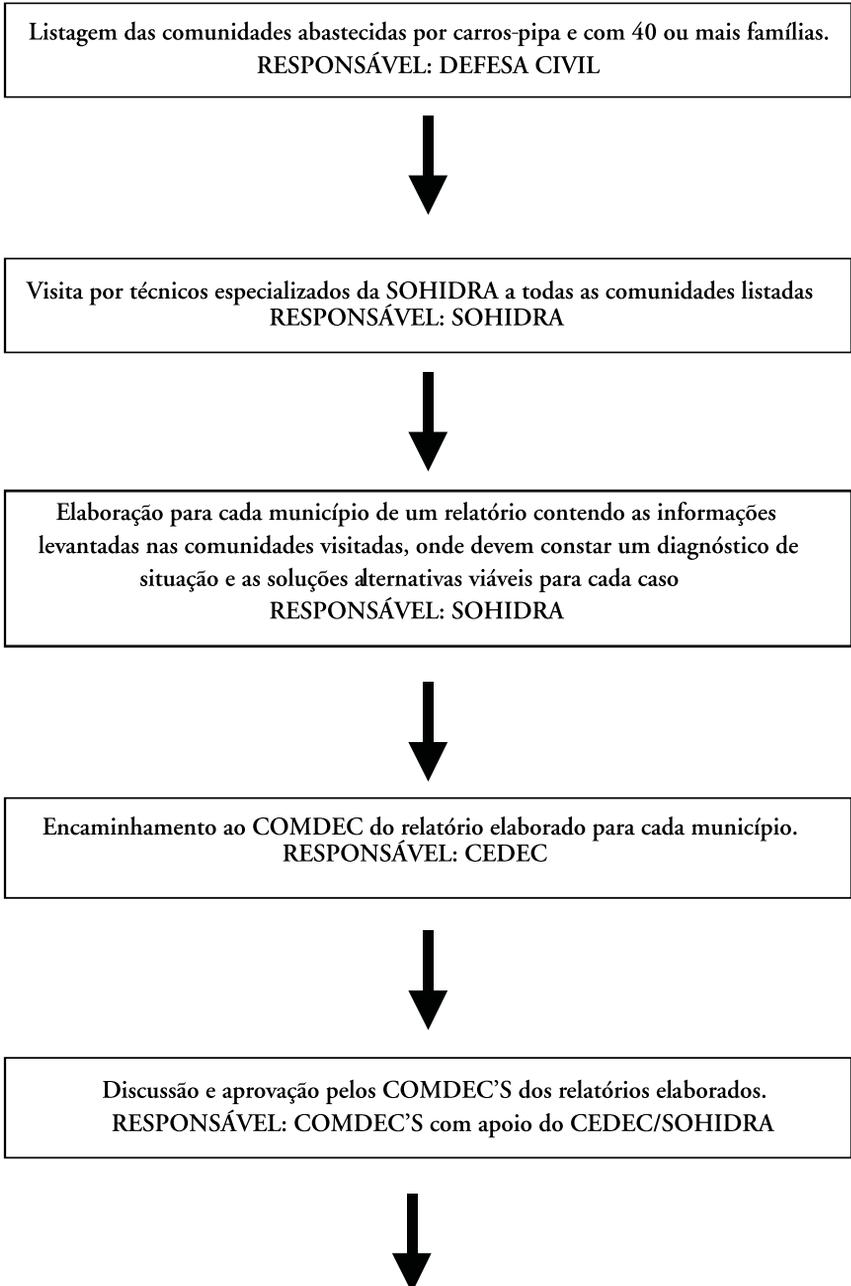
### **Crítérios de seleção**

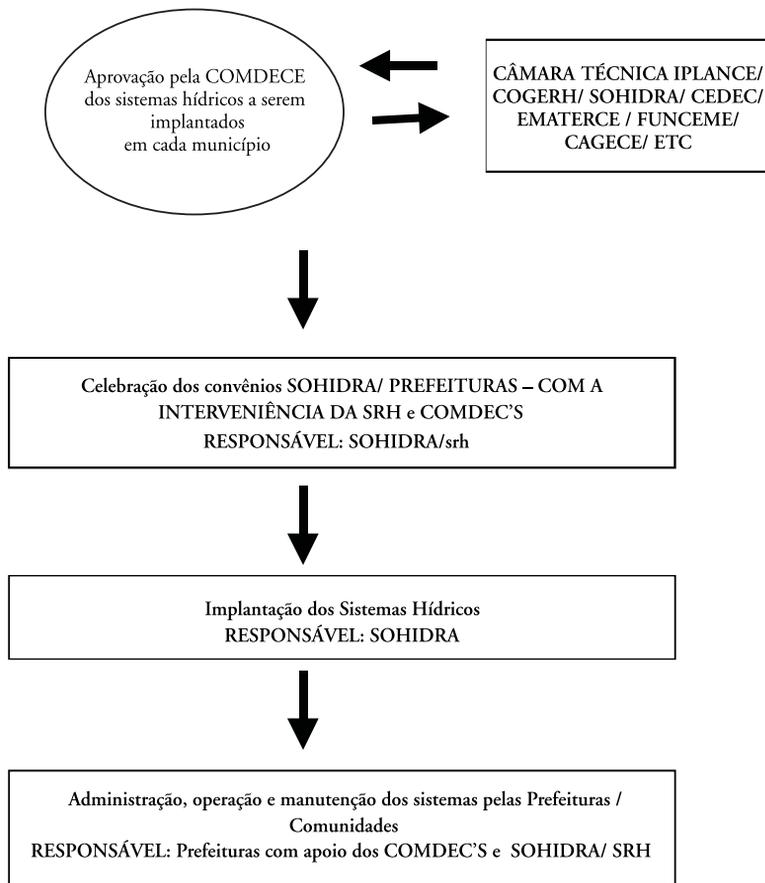
A seleção das comunidades rurais, objeto de alteração do Projeto Água Doce, obedece a critérios rígidos cumulativos, de forma a garantir que a determinação governamental explícita no projeto seja seguida e não sofra desvios por interesses de qualquer outra natureza. Os critérios são os seguintes:

- Comunidade ter sido abastecida por carros-pipa nas últimas secas;
- Comunidades com 40 ou mais famílias;
- Relatório técnico da SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas), precedido por visita in loco de técnico especializado, contendo um diagnóstico sumarizado de situação vigente e propostas alternativas de solução para a questão levantada.

### **Estratégia de ação**

O fluxograma a seguir mostra, de forma resumida, a idéia básica preconizada pela estratégia.





Atualmente, o Projeto Água Doce vem sendo aperfeiçoado e integrado com outros programas e projetos, objetivando acelerar uma ação conjunta de resultados.

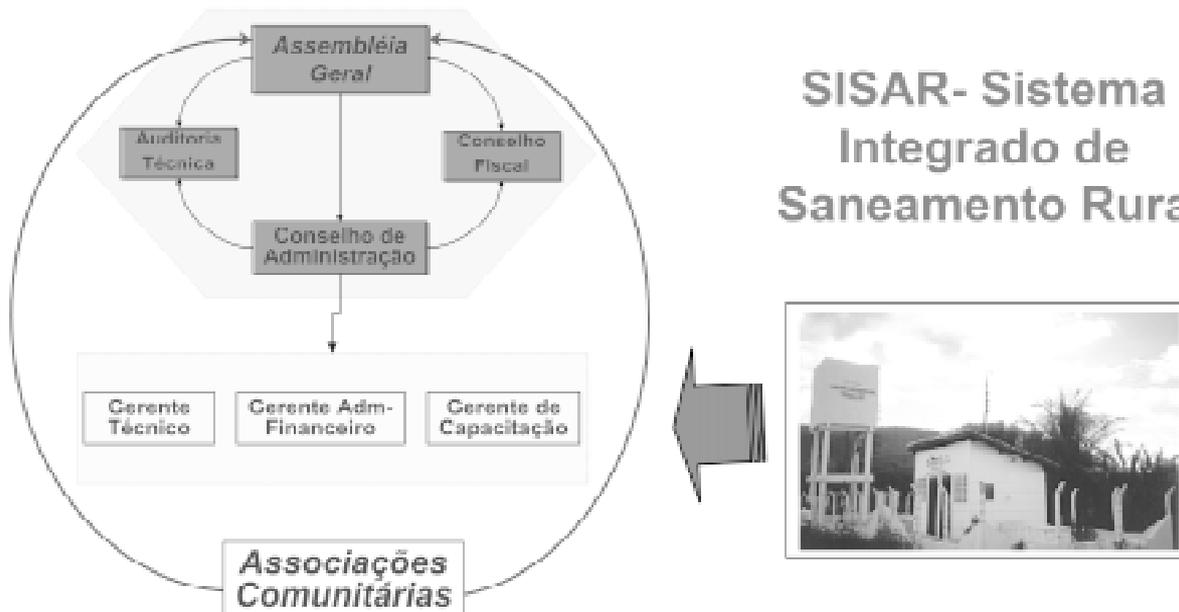
Merece destaque a integração desses programas com o de Redução da Mortalidade Infantil, executado pela Secretaria da Saúde, com boas perspectivas de êxito no alcance dos resultados projetados.

Como visão de futuro, espera-se que o modelo da gestão simplificada, implantado pelo projeto Água Doce, possa ser definitivamente absorvido pelo SISAR (Sistema Integrado de Saneamento Rural) e assumido pelas associações comunitárias dentro do modelo de gestão para sistemas completos, como mostra o fluxograma no anexo II.

## ANEXO I

Classe de Famílias	Distribuição									
	Comunidades	%	Acum.	% <sub>acum.</sub>	Custos	%	Acum.	% <sub>acum.</sub>	Famílias	%
1 - 5	161	3,12	161	3,12	7.412,67	0,44	7.412,67	0,44	541	0,1
5 - 10	526	10,19	687	13,31	45.634,54	2,71	53.047,21	3,15	3.989	1,3
10 - 15	695	13,46	1.382	26,77	84.128,22	4,99	137.175,42	8,14	8.664	2,9
15 - 20	625	12,11	2.007	38,87	96.763,13	5,74	233.938,55	13,88	11.105	3,8
20 - 25	564	10,92	2.571	49,80	102.318,11	6,07	336.256,66	19,95	12.797	4,4
25 - 30	373	7,22	2.944	57,02	93.823,64	5,57	430.080,30	25,51	11.053	3,8
30 - 35	401	7,77	3.345	64,79	104.070,26	6,17	534.150,56	31,68	13.643	4,6
35 - 40	223	4,32	3.568	69,11	74.047,94	4,38	608.198,50	36,08	9.005	3,0
40 - 45	272	5,27	3.840	74,38	90.233,75	5,35	698.432,25	41,43	13.085	4,5
45 - 50	114	2,21	3.954	76,58	43.470,70	2,58	741.902,95	44,01	6.012	2,0
51 - 55	191	3,70	4.145	80,28	74.332,97	4,41	816.235,92	48,42	10.451	3,5
55 - 60	74	1,43	4.219	81,72	36.119,66	2,14	852.355,58	50,56	4.823	1,6
60 - 65	150	2,91	4.369	84,62	64.767,32	3,84	917.122,90	54,40	10.113	3,4
65 - 70	62	1,20	4.431	85,82	32.752,43	1,94	949.875,32	56,34	4.753	1,6
70 - 75	61	1,18	4.492	87,00	22.403,02	1,33	972.278,34	57,67	5.008	1,7
75 - 80	32	0,62	4.524	87,62	20.937,00	1,24	993.215,34	58,92	2.897	1,0
80 - 85	64	1,24	4.588	88,86	42.057,87	2,49	1.035.273,21	61,41	5.877	2,0
85 - 90	26	0,50	4.614	89,37	16.019,47	0,95	1.051.292,68	62,36	2.579	0,8
90 - 95	39	0,76	4.653	90,12	36.849,42	1,83	1.082.142,10	64,19	3.815	1,3
95 - 100	19	0,37	4.672	90,49	16.400,56	0,62	1.092.542,65	64,81	2.020	0,6
100 -	491	9,51	5.163	100,00	593.287,35	35,19	1.685.830,00	100,00	148.837	51,1
<b>Total</b>	<b>5.163</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.685.830,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>291.067</b>	<b>100,0</b>

## MODELO DE GESTÃO PARA SISTEMAS COMPLETOS



# Instrumentos Institucionais para Gestão de Recursos Hídricos no Semi-Árido

ROSANA GARJULLI\*

## I – Introdução

A escassez de água em muitas regiões está gerando a necessidade de se transportar água de lugares cada vez mais distantes, para garantir o abastecimento humano dos grandes centros urbanos e o desenvolvimento das atividades produtivas. A escassez já é uma realidade não apenas nas regiões semi-áridas. No mundo todo, o crescimento populacional aliado à intensificação das atividades de caráter poluidor, ao uso irracional, às secas, às erosões do solo, à desertificação, tem gerado problemas relacionados à falta deste recurso, para o atendimento das necessidades mais elementares da população.

A partir da década de 1980, inicia-se em nível mundial a discussão de um novo modelo de desenvolvimento que tem como princípio central o conceito de sustentabilidade. Inicialmente tratava-se de uma discussão restrita a pequenos grupos ambientalistas que pareciam estar na contramão da história; entretanto, o modelo desenvolvimentista em vigor, agravou rapidamente os desequilíbrios ambientais e já na década de 1990, em especial após a realização da Eco 92 no Rio de Janeiro, representantes das principais nações do mundo aprovaram e se comprometeram a cumprir uma agenda mínima de preservação e recuperação do meio ambiente.

É no contexto desta agenda que os estados brasileiros passam a discutir e fundamentar seu arcabouço jurídico/institucional sobre recursos hídricos, através dos quais definem suas políticas para o setor, que em geral fundamentam-se nos seguintes princípios: gestão descentralizada, integrada e participativa dos recursos hídricos; a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento; a água

---

\*Socióloga- Agência Nacional de Águas - rosana@ana.gov.br

é um bem público e econômico; os planos estaduais e de bacia, a outorga e a licença para construção de obras hídricas são instrumentos de gestão.

Esta política prevê ainda, como forma de garantir a participação social no sistema de gestão, a criação de organismos colegiados, tais como os comitês de bacia hidrográfica e os conselhos estaduais de recursos hídricos. É com base nestes princípios que em 1997 é promulgada a Lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 08/01/97), a qual reflete em boa medida as experiências de gestão que vinham se desenvolvendo nos estados.

O que estas iniciativas legais e institucionais têm demonstrado é que diante da ameaça concreta de um quadro cada vez mais grave de escassez de água, uma outra mentalidade vai se delineando neste setor, a qual vem influenciar a forma de conceber a política de recursos hídricos, substituindo a simples execução de obras, para garantir a reserva de água em períodos críticos, pelo planejamento e pela gestão destes recursos de forma integrada, participativa e descentralizada.

Neste contexto gerenciar de forma eficiente os recursos hídricos passa a ser concebido como a associação de medidas jurídicas, institucionais, administrativas, técnicas e de organização social, que, articuladas a medidas estruturais de realização de obras, têm como objetivo o ordenamento e a definição de regras conjuntas dos usos e da preservação dos recursos hídricos, que visam a assegurar sua sustentabilidade.

Devido às suas próprias características dinâmicas de se mover e de se apresentar em vários estados a água possibilita uma multiplicidade de usos que somando-se a sua escassez em uma determinada bacia hidrográfica, impõem a adoção de regras a serem respeitadas por todos os usuários. Tal fato evidencia a função estratégica, como instrumento de gestão, que passam a ter os Comitês de Bacia e demais instâncias de interlocução com a sociedade e com os usuários de água.

Vale destacar que esta nova postura frente à problemática hídrica encontra inúmeros desafios em sua implementação, pois muda de forma significativa o enfoque sobre o setor e se contrapõe a práticas historicamente estabelecidas, em especial no Nordeste semi-árido, tais como: a cultura de “privatizar” o uso da água; as decisões governamentais tomadas de forma centralizada; as ações assistenciais que caracterizam os períodos de seca; o desinteresse e a ausência de iniciativa dos usuários e da sociedade na busca de alternativas para gestão sustentável dos recursos hídricos.

O Estado brasileiro, em particular na região semi-árida, tem uma longa

tradição de intervenção no setor hídrico, de caráter centralizador e fragmentado, através da construção de barragens, que perenizam rios, assegurando água para o abastecimento humano e a dessedentação dos animais, a produção agropecuária e o funcionamento das agroindústrias, durante todo o ano. Recentemente outras obras hídricas que buscam viabilizar uma maior movimentação das águas tem sido construídas (as adutoras), e até mesmo já se discute o projeto e a construção de eixos de transposição de bacias.

O que está sendo denominado de Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, não é apenas um conjunto de medidas burocráticas/institucionais, mas traz em seu bojo uma concepção de mudança de mentalidade, de comportamentos e de atitudes, muitas vezes historicamente cristalizados, devido a uma prática conservadora. Trata-se de democratizar a gestão dos recursos hídricos, de compartilhar o poder de decidir, e isto requer sem dúvida, decisão política e um longo processo educativo.

## **II - Gestão participativa**

Nas últimas décadas, em especial após a promulgação da Constituição Federal de 1988, alastraram-se pelo país os discursos e as experiências de incorporação da participação social, quer seja no planejamento ou na gestão das políticas públicas. A proposta de gestão participativa dos recursos hídricos não é portanto uma exceção a regra; ela é parte deste processo histórico, político e cultural em que o conceito e à prática da participação social estão inseridos em nosso país.

Tanto o conceito como as experiências práticas estão emergindo nos setores mais diversos e sob as mais diferenciadas colorações políticas e ideológicas. Justamente devido a esta diversidade, registram-se muitas formas de compreender o que é participação social.

### **1. Resgate Histórico da relação Estado e Sociedade no Brasil<sup>1</sup>**

Ao resgatar historicamente a luta da sociedade brasileira por uma maior participação política nos destinos do país é fundamental destacar que este es-

---

<sup>1</sup> A retrospectiva da história recente das relações entre o Estado e a sociedade no Brasil aqui apresentada tem como referência o trabalho de Maria do Carmo Carvalho, intitulado Participação social no Brasil hoje.

paço vem sendo conquistado por setores mais conscientes e organizados muitas vezes a partir do embate com um Estado que, por tradição, é conservador, autoritário, excludente e privatista.

Nos anos de 1990, generalizou-se o discurso da “participação”. Hoje os mais diversos atores sociais reivindicam e apóiam a participação social, a gestão participativa, o controle social sobre o Estado, a realização de parcerias, etc. Entretanto, vale destacar que, já nos anos de 1950 e 60, o país foi marcado pela intensa mobilização social do movimento sindical, das ligas camponesas, da ampla reivindicação por reformas de base de cunho democrático e nacionalista.

O regime autoritário que se instalou no país após 1964 e perdurou durante vinte anos foi marcado pela pesada repressão, pelo fechamento de todos os canais democráticos de participação (sindicatos, partidos, congresso, banimento de lideranças, tortura, censura a imprensa). Podemos afirmar, como Maria do Carmo Carvalho, que o país assistiu a uma verdadeira “destruição da cidadania e da democracia”<sup>2</sup>.

A sociedade, entretanto encontrou formas de reagir e de buscar novos canais de participação. Os anos de 1970 foram marcados por profundas mudanças econômicas e políticas no país, que fizeram emergir novas demandas sociais e, junto delas, novas formas de se organizar foram nascendo e tomando corpo no seio da sociedade.

A intensificação da política de industrialização, e com ela, a crescente urbanização e o êxodo rural mudaram rapidamente a face do país. Problemas como o da moradia, o da saúde e o da escola pública, o do transporte, o da carestia, o da segurança e o da reforma agrária passaram a fazer parte do cotidiano da população, que teve que “inventar” novos espaços para canalizar suas reivindicações e propostas.

Com os sindicatos fechados, ou com sua atuação limitada, e a proibição dos partidos políticos, novos espaços para ação política da sociedade foram surgindo e se fortalecendo; e é neste contexto que as organizações sociais de bairro, os clubes de mães, a luta por direitos humanos, pela moradia, por saúde e escola de qualidade, pela reforma agrária e contra a carestia desempenharam

---

2 CARVALHO, Maria do Carmo. Participação social no Brasil hoje. Instituto Polis, mimeo, São Paulo, 1998

um papel fundamental, não apenas de aglutinação de pessoas, mas de reflexão sobre que tipo de sociedade estava se querendo construir.

Papel fundamental, neste período, foi desempenhado pela educação popular, apoiada na concepção de Paulo Freire e implementada por setores da Igreja no processo de formação deste novo cidadão, o qual passa a desejar construir a sua própria história ou, pelo menos, a fazer parte desta construção.

Nos anos de 1980, o desgaste do regime autoritário e o avanço do processo de organização da sociedade desaguaram num rico momento de exercício da cidadania que foi a queda da ditadura e a elaboração da constituição federal, denominada “constituição cidadã”, quando as experiências da fase anterior, predominantemente reivindicativa, de ação direta ou de rua, foram sistematizadas e traduzidas em propostas políticas, em emendas de lei.

Este processo de inserção das reivindicações da sociedade, através de emendas, inicialmente na Constituição Federal e posteriormente nas constituições estaduais, inaugurou uma nova fase nas relações entre o Estado e a sociedade no Brasil. Assim os movimentos sociais conquistaram o direito de ter direitos, de participar da redefinição dos direitos e da gestão da sociedade.

*“A participação na gestão da sociedade altera o ‘tom’ do debate político, tornando-o mais público e transforma também os movimentos sociais, trazendo-os de seu papel tradicional de captadores de novas demandas e reivindicações em ‘estado bruto’ para uma participação mais complexa e qualificada no processo dessas demandas em instâncias políticas decisórias”<sup>3</sup>*

A partir da constituinte e durante toda a década de 1990, os movimentos sociais não reivindicam apenas obter ou garantir direitos mas participar da definição e da gestão desses direitos, não apenas ser incluído na sociedade mas participar da definição do tipo de sociedade em que querem ser incluídos.

As políticas públicas, em especial na área de saúde, educação e assistência social, trazem a marca do exercício desta cidadania, através da constituição e do funcionamento de conselhos paritários, de sistemas de co-gestão e das câ-

---

3 idem, op cit. CARVALHO, Maria do Carmo.

maras setoriais. Os orçamentos participativos, desenvolvidos em especial por algumas gestões municipais, são outro exemplo do exercício desta forma de participação social.

É evidente que estas experiências não ocorrem de forma perfeita e acabada. O que se quer destacar nesta contextualização é que o processo histórico possibilitou o surgimento de formas diferenciadas de organização social que conquistaram, inclusive, um espaço garantido constitucionalmente de participação<sup>4</sup>; mais do que isso, desenvolveu-se neste período uma cultura participativa, que admite, reivindica e valoriza a participação direta e o controle social por parte dos usuários e de outros segmentos interessados nas políticas públicas.

Entretanto, vale destacar que esta mudança cultural ainda está se processando e não atingiu a sociedade como um todo. Evidencia-se apenas nos segmentos mais organizados, e este é o desafio que se coloca, ao se procurar definir uma metodologia de gestão participativa de uma política pública, como a de recursos hídricos. Dentre os muitos desafios a serem superados, destacam-se os seguintes:

- tradicionalmente os espaços institucionais de governo ou de gestão não são reconhecidos como lugares do movimento social; a estrutura institucional é ainda muito hierárquica e burocrática;
- os movimentos sociais, em muitos casos mais reivindicativos que propositivos, têm dificuldades de participar da definição e da implementação de políticas públicas mais amplas (dificuldade de transcender o local);
- os representantes da democracia representativa (parlamentares nas mais diversas instâncias) sentem-se “incomodados” com a abertura destes novos espaços de participação e de democracia direta.

Contudo a consolidação democrática depende de uma relação complexa entre as esferas civil e pública e, mais ainda, de uma sociedade ativamente participante. As experiências de descentralização das políticas públicas têm demonstrado que os canais institucionais de gestão participativa contribuem para desprivatizar a gestão pública, alterando os arranjos institucionais e as

---

4 A Constituição Federal em seu Art 1º Parágrafo único. Explicita “Todo poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente, nos termos desta Constituição”.

relações tradicionais entre o Estado e grupos de interesse particulares, ampliando a publicização e democratização das políticas sociais.

Tornar real essa nova concepção de democracia ou possibilitar uma efetiva partilha do poder de gestão com a sociedade é um processo lento, complexo e descontínuo, exige mudanças culturais da sociedade, de seus movimentos sociais e do próprio Estado.

## **2. Equívocos sobre a gestão participativa**

Qualquer Estado, mesmo os ditatoriais e autoritários, necessita de alguma forma de legitimação. A “oferta” de participação social por parte do Estado brasileiro historicamente ficou restrita e geralmente vinculada a grupos privilegiados. A democracia parlamentar nunca conseguiu fazer da política uma coisa pública; o compadrio, o autoritarismo hierárquico, a impunidade, o populismo e o clientelismo são marcantes no cenário político nacional.

Após a promulgação da Constituição Federal de 1988, ocorreu uma apropriação generalizada pelos mais diversos setores das propostas da gestão participativa e do controle social formuladas pela sociedade; multiplicaram-se as ofertas de canais institucionais de participação (em especial os conselhos para repasse de verbas federais aos municípios e às associações, para viabilizar a implementação de programas governamentais financiados por organismos internacionais).

A concepção neoliberal de Estado que vem tomando um espaço político cada vez maior, desqualifica-o como promotor de políticas sociais redistribuidoras de renda. Este movimento de desobrigar o Estado de certas obrigações transfere responsabilidades às instâncias locais, ao mercado e à sociedade.

O que muitas vezes ocorre, é que, sob a égide da gestão participativa e da descentralização, são transferidas responsabilidades para o nível local sem a devida contrapartida de recursos e, até mesmo, de decisões mais amplas sobre as políticas sociais.

Emerge, desta forma, um significado neoliberal de cidadania, aquele entendendo esta como a inclusão das pessoas ao conjunto de consumidores ou usuários, esvaziando-a do seu significado instituinte, que garante e alarga continuamente o escopo dos direitos e que afirma, acima de tudo, o direito a participar da definição e da gestão pública.

### 3. Desafios para efetivar a gestão participativa

O estímulo à constituição de uma infinidade de entidades e organizações associativas, em muitos casos formalmente constituídas, que não correspondem na prática às formas mais consistentes de organização social, tornou-se uma constante no universo social brasileiro.

Em grande parte estimuladas pelo próprio Estado, que, na ânsia de garantir alguma legitimidade a suas ações e, muitas vezes pressionado por organismos multilaterais de financiamento, incentivou e até mesmo apoiou de forma direta a criação de associações e conselhos, para efetivar o repasse de recursos de programas governamentais.

Esta prática resultou na criação de entidades que não representam uma forma mais efetiva de organização social, gerando o descrédito da sociedade na possibilidade de gestão coletiva de bens públicos e na participação social autônoma e consciente. Existe, por parte da sociedade organizada, um grande receio de cooptação.

De um modo geral, os canais de participação são muito burocratizados, tecnocráticos e esvaziados de conteúdo deliberativo; o movimento mais abrangente de abertura democrática do país não atingiu da mesma forma as diversas estruturas do aparelho de Estado; prevalece a pouca vontade política de dividir, de fato, o poder, e isto “se esconde”, muitas vezes, sobre o manto do tecnicismo e da burocracia.

Por outro lado, os movimentos sociais encontram-se despreparados para este diálogo mais efetivo com o poder estatal e têm pouca capacitação técnica e política para proposição e negociação das políticas públicas, seu acompanhamento e fiscalização.

Entre os desafios que se colocam para implementação de uma política de gestão participativa no Brasil e, em especial na região Nordeste, está uma herança cultural de práticas historicamente arraigadas na relação entre o Estado e a sociedade.

O clientelismo, por exemplo, se estabelece como uma relação histórica de privatização da coisa pública, “privatização que não se restringe à ação de grupos empresariais, como também as formas localizadas e imperativas com que o movimento popular tem trabalhado as necessidades ime-

diatas, numa visão parcial dos problemas, ou reproduzindo uma mercantilização da política”<sup>5</sup>.

No caso da região do Nordeste semi-árido, a postura paternalista/autoritária permeia praticamente toda a relação entre o Estado e a sociedade, inclusive através das formas emergenciais de intervir no “combate à seca” e até mesmo quando das intervenções mais estruturais, com a realização das grandes obras de infra-estrutura hídrica ou na implementação dos projetos públicos de irrigação.

O desafio de promover a participação social em uma sociedade impregnada pela prática clientelista é imenso, pois como produto de um Estado autoritário onde os direitos de cidadania foram subtraídos, o cidadão passa a ser sinônimo de cliente de beneficiário. O que este “cliente” ou “beneficiário” cobra da gestão pública é que ela seja distribuidora de benefícios, quer sejam individuais, quer sejam coletivos.

### III - Especificidade da gestão participativa dos recursos hídricos

#### 1 - A legislação e os canais de interlocução e participação social

A legislação brasileira de recursos hídricos, redefinida a partir da lei n° 9.433, em janeiro de 1997, assim como as leis estaduais sobre as políticas estaduais de recursos Hídricos, prevêm não apenas de uma forma discursiva a participação social mas criam, na estrutura de seu sistema institucional, canais descentralizados de participação, com atribuições consultivas e deliberativas de suma importância para a gestão dos recursos hídricos.

Estes canais de participação institucionalizam-se através da criação dos Conselhos Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos, compostos com a participação de instituições que atuam em setores correlatos aos recursos hídricos, entidades da sociedade civil e setores usuários, que têm entre suas competências:

- reformular a própria legislação de recursos hídricos;
- estabelecer princípios e diretrizes para o planejamento de recursos hídricos;
- aprovar os Planos Estaduais de Recursos Hídricos;

---

5 COELHO, Franklin. “Poder local, gestão democrática e publicização dos serviços urbanos”. In: PROPOSTA - Experiências em educação Popular – FASE, agosto de 1992, Rio de Janeiro.

- aprovar as propostas anual e plurianual de investimentos referente ao setor de recursos hídricos;
- aprovar critérios gerais para outorga de direitos de uso dos recursos hídricos e para a cobrança pelo seu uso;
- aprovar a criação de comitês de bacias hidrográficas;
- atuar como instância de recursos nas decisões dos Comitês.

Já os Comitês de Bacia Hidrográfica são organismos colegiados compostos por representantes dos usuários, da sociedade civil organizada, do poder público municipal, estadual e federal com atuação em uma bacia hidrográfica e têm entre suas competências:

- aprovar a proposta referente ao Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica;
- arbitrar conflitos entre usuários, atuando como primeira instância de deliberação;
- estabelecer critérios e normas sobre a cobrança pelo uso da água, no âmbito da bacia hidrográfica;
- aprovar o plano de aplicação dos recursos arrecadados, pelo uso da água na bacia hidrográfica;
- aprovar a criação das agências de bacia, seu regime contábil, seu quadro dirigente e os requisitos para a constituição de seu quadro de servidores.

Fica explicitado e garantido legalmente o espaço de participação social nas definições da política de recursos hídricos nos seus mais diversos níveis.

## **2 - A interdisciplinaridade da gestão de recursos hídricos**

A gestão integrada dos recursos hídricos traz em seu bojo uma especificidade que é a necessidade da interdisciplinaridade e a intervenção multisetorial para se efetivar a gestão das águas.

A questão da interdisciplinaridade é muito bem explicitada por Rubem La Laina Porto<sup>6</sup>, ao destacar as características especiais da gestão de recursos hídricos, descritas a seguir:

---

6 PORTO, Rubem La Laina. Capacitação de Pessoal para o Setor de Recursos Hídricos. Mimeo. Outubro/1995, Brasília.

- A água é essencial à vida e necessária para quase todas as atividades humanas, sendo fator importante do desenvolvimento econômico e social, além de ser componente fundamental da paisagem e do meio ambiente.
- É um recurso natural renovável através dos processos físicos do ciclo hidrológico, e sua ocorrência é variável no tempo e no espaço, em função de condições geográficas e climáticas.
- A hidrologia - ciência que estuda a ocorrência da água na natureza, em que pesem os significativos avanços que vem alcançando, está longe de ser considerada uma ciência exata. Toda e qualquer variável hidrológica (vazão, chuva, evaporação, etc.) estará sempre associada a um risco ou probabilidade de ocorrência.
- Os corpos de água, superficiais ou subterrâneos são partes indissociáveis do ciclo hidrológico, sendo as recargas transitórias dos aquíferos, a origem do escoamento básico dos cursos de águas superficiais.
- Há eventos extremos, as grandes cheias e as estiagens prolongadas, com repercussões econômicas e sociais importantes.
- Os rios são importantes meios de transporte não só do ponto de vista da navegação, mas também, mais comumente, como responsáveis pelo afastamento de resíduos indesejáveis.
- Os corpos de água podem assimilar esgotos e outros despejos através de processos físicos, químicos e biológicos, funcionando, portanto, como “tratadores naturais de esgotos” através da autodepuração. Esta capacidade de assimilação, porém, é limitada, podendo ocorrer situações de comprometimento da qualidade das águas de difícil (e onerosa) regressão.
- Há também substâncias conservativas, tóxicas e organismos patogênicos, cujo lançamento nos corpos de água pode resultar em poluição, por vezes irreversível, dos recursos hídricos.
- O aproveitamento racional da água permite atender a múltiplas finalidades, como o abastecimento de água das populações, das indústrias, a irrigação de culturas agrícolas, o suprimento de populações rurais, a dessedentação de rebanhos, a geração hidrelétrica, a navegação, a pesca, a piscicultura, a recreação e o lazer.
- Frequentemente, entretanto, estes usos são conflitantes e, às vezes, excluem-se mutuamente. Os conflitos decorrentes extravasam o campo

puramente técnico e costumam apresentar sérias conseqüências sociais e políticas.

- A otimização dos benefícios sociais e econômicos do aproveitamento dependem de sofisticadas metodologias que abrangem campos diversos como a hidrologia, economia, engenharia, pesquisa operacional e outros. Não se prescinde, no entanto, da experiência, do bom senso e da sensibilidade política das equipes envolvidas.

A este rol de peculiaridades poderia se acrescentar muitas outras de caráter sócio-econômico e político que se acentuam na região Nordeste, em especial no semi-árido, onde a escassez provoca constantes conflitos pelos múltiplos usos da água e onde a sua “posse” representa o controle de um elemento essencial à produção nos mais diversos setores econômicos.

Esta complexidade de fatores técnico-científicos, ambientais, sociais, econômicos e políticos que permeiam a gestão de recursos hídricos pode ser vista, em termos metodológicos, como um aspecto facilitador ao desenvolvimento da gestão integrada, haja visto que nenhuma especialidade, instituição ou entidade tem condições de realizá-la de forma isolada. O desafio que se coloca é como integrar as diversas formas de saber (e principalmente o saber empírico da população) numa metodologia que viabilize esta integração de saberes.

A articulação institucional e a capacitação multidisciplinar, em todos os níveis (dirigentes, técnicos, usuários, sociedade civil e representantes políticos), serão certamente os pilares para a concretização da gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos.

### **3 - Dependência do consenso ou da conscientização/participação para implementação da política**

Ao definir a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, a legislação atendeu a uma lógica hidrológica do ponto de vista natural e técnico. Este conceito, entretanto, tem se evidenciado como eixo central da política de gestão, ora como elemento facilitador para a compreensão da necessidade da gestão compartilhada, ora como um grande desafio para que esta gestão se efetive.

Ainda que fatores sociais, econômicos e culturais, muitas vezes não identifiquem entre si os usuários e a realidade vivenciada em cada município ou

região que compõe uma bacia hidrográfica, as características da água como elemento natural dinâmico que não tem uma função estática, que se move, que se transforma e que serve a múltiplos usos, têm sido o eixo motivador para o processo de planejamento e de gestão participativa dos recursos hídricos em algumas das bacias hidrográficas.

A necessidade de tomadas de decisão conjuntas sobre uso e preservação das águas de uma bacia hidrográfica levam a sociedade a assimilar o conceito de gestão compartilhada por bacia hidrográfica, tendo em vista que estas águas não podem ser tomadas isoladamente ou por trechos, pois o elemento água, que compõem uma bacia hidrográfica, é o mesmo, das nascentes até a foz dos rios, e tanto a quantidade como a qualidade das águas podem ser afetadas pela ação do homem.

A prática tem demonstrado que o processo de capacitação em gestão de recursos hídricos e de tomada de decisões conjuntas, para que os usuários, a sociedade civil e os representantes do poder público com atuação mais local passem gradativamente a conceber a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e gestão e se sensibilizem para exigir do Estado o seu desenvolvimento integral.

A dependência que os usuários situados a jusante dos cursos d'água tem dos usuários a montante para ter garantia de água em quantidade e qualidade suficiente, extrapola suas diferenças e interesses locais, pois passam a ter um objetivo em comum que é cuidar do desenvolvimento sustentável daquela bacia hidrográfica.

Contudo o conceito de gestão por bacia hidrográfica tem enfrentado uma discussão legal de difícil assimilação, quando se trata de rios de domínio da união, pois as diversidades legais e institucionais, entre os sistemas de gestão estaduais, tem se mostrado como um sério entrave à implantação de um sistema nacional de gestão de recursos hídricos compartilhado entre os diferentes estados e a União, num mesmo comitê de bacia.

Outra característica marcante da Política de Gestão de Recursos Hídricos que se apresenta também como um desafio, mas que contribui de forma positiva para o processo de participação social, situa-se na esfera da implementação de seus instrumentos de gestão; em especial, a outorga, a licença e a cobrança pelo uso d'água.

O fato é que a implementação destes instrumentos de gestão de recursos hídricos exige mudanças de concepção e de práticas culturalmente arraigadas na população, as quais podem transformar-se em resistências e podem inviabilizar a sua efetiva implantação. Portanto, seja por estarmos vivendo num regime democrático ou pelos desafios que significam a assimilação desta nova relação entre a sociedade e a gestão dos recursos hídricos, o exercício da tomada de decisões negociadas e o exercício da cidadania passam a ser elementos imprescindíveis.

#### **IV - A gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido**

A necessidade da água como um bem vital e econômico é ainda mais evidente numa região semi-árida, onde as chuvas se concentram em alguns meses por ano. A dependência que os usuários a jusante dos açudes tem dos usuários a montante para ter garantia de água em quantidade e qualidade suficiente, é um forte elemento motivador para o estabelecimento de regras de uso e preservação destes mananciais, entre seus usuários.

Ocorre que, historicamente, as oligarquias rurais, que detinham também o controle dos órgãos de implementação das políticas de combate à seca, reforçaram a vinculação da propriedade privada da terra e da água. Muitos açudes foram construídos com dinheiro público em suas propriedades, são os chamados açudes em cooperação. Não é raro na paisagem nordestina identificarem-se grandes extensões de terras improdutivas com belos açudes igualmente ociosos.

É evidente, entretanto, que a imensa maioria de pequenos e médios açudes privatizados espalhados por todo o Estado poderiam garantir um significativo aporte ao desenvolvimento local e regional, se o uso de suas águas fosse democratizado.

Uma característica marcante no semi-árido cearense é que, devido à não existência de rios perenes, as águas das chuvas dos primeiros meses do ano são acumuladas em reservatórios que irão garantir o abastecimento humano e animal, a agricultura, a pesca, o uso industrial, o lazer e os demais usos, no mínimo por seis meses, de julho a dezembro de cada ano. Esta realidade concreta, de ter uma oferta de água limitada e bem definida no tempo e no espaço, de certa forma é um facilitador para a definição da alocação de água negociada de recursos hídricos que tem sido implementada no Estado.

O planejamento e a operação participativa de grandes açudes públicos, no Ceará, têm se destacado como elementos positivos na recente experiência de gestão das águas no semi-árido. O fato de os usuários das águas terem o poder de deliberar sobre a operação dos sistemas dos vales perenizados, decidindo anualmente, com ajustes mensais no período de “verão” (julho a dezembro), as vazões a serem liberadas dos principais açudes que compõem estes sistemas tem evidenciado, na prática, resultados de eficiência em termos de uso racional da água e de exercício da cidadania.

A experiência tem demonstrado que três elementos constituintes deste processo são fundamentais para que se efetive a gestão compartilhada e descentralizada da água, quais sejam: o suporte legal, a estrutura técnico-institucional e a implementação dos canais de interlocução e negociação.

Os desafios que se colocam, entretanto, para a efetiva implementação de uma política de gestão de recursos hídricos, integrada, descentralizada e participativa, conforme prevê a legislação, são imensos.

Destacam-se entre estes desafios o nível de centralização e de hierarquização dentro do aparelho de Estado brasileiro que é imenso. Como o gerenciamento por bacia exige a atuação integrada e descentralizada de várias instituições governamentais, isto tem se tornado um sério entrave para garantir uma maior agilidade da intervenção governamental no atendimento das demandas das comissões e comitês de bacia.

Como o planejamento governamental é setorial e a gestão dos recursos hídricos, que talvez mais corretamente poderíamos denominar de gestão ambiental, requer ações integradas de outros setores (agricultura, saneamento, meio ambiente, desenvolvimento urbano), tem sido ainda muito difícil desenvolver ações multisetoriais que garantam um maior impacto sócio-econômico e ambiental, das bacias hidrográficas.

Outro aspecto relevante que impacta a gestão de recursos hídricos no Nordeste é que, enquanto as medidas de combate às secas forem concebidas segundo a perspectiva de soluções que não impliquem em mudanças estruturais, como as que seriam derivadas da realização da reforma agrária e da execução de programas de irrigação, postos em prática também em articulação com programas de reforma agrária, a concentração de renda aumentará, a região continuará atrasada, a indústria avançará pouco, e a transformação de sua sociedade ficará comprometida.

É ainda fundamental destacar que a política das águas, implantada em cada estado, não é apenas uma questão técnica, mas evidencia claramente um determinado modelo de desenvolvimento. Ela possui diversos vetores, que vão desde um melhor gerenciamento dos recursos hídricos existentes à constituição dos comitês de bacia, à construção de novos açudes e à elaboração dos projetos dos eixos de interligação de bacias.

A concepção de movimentar as águas de uma bacia para outra nos períodos mais críticos é uma idéia interessante, haja visto as limitações físicas e naturais; entretanto, quando se sabe que metade da água consumida, por exemplo, em Fortaleza (3 metros cúbicos por segundo) vem do açude Orós (300 km de distância) e que a estimativa de demanda de água para RMF para o ano 2010 ficará em torno de 14m<sup>3</sup>/s e do ano 2020 em 18 m<sup>3</sup>/s, fica evidente aonde este caminho das águas vai dar.

Cabe aos Comitês de Bacia, portanto, questionarem qual será a trajetória destes “caminhos”. Cabe aos Comitês de Bacia decidirem quanta água sairá de uma bacia para outra. Cabe aos Comitês de Bacia decidirem sobre quem e quanto se pagará pelo uso da água bruta. Cabe aos Comitês de Bacia decidirem sobre os destinos dos recursos arrecadados. Cabe aos Comitês de Bacia, muito além da posição de usuários/consumidores, passarem a intervir na definição da política pública de gestão de recursos hídricos.

O arcabouço jurídico e institucional é novo, até porque a realidade internacional exige, mas a prática política conservadora poderá se repetir, se a sociedade civil organizada não se der conta de que a sua participação efetiva neste processo de gestão das águas é fundamental.

**Gerenciar recursos hídricos de forma integrada e descentralizada no semi-árido é imprescindível; realizá-la de forma participativa é o ideal.**

# Conservação de Água na Agricultura Irrigada

EDUARDO SÁVIO P. R. MARTINS\*

## Introdução

De maneira geral, restrições ao uso da água estão ligadas tanto a aspectos quantitativos como a qualitativos, mas no semi-árido nordestino as restrições são predominantemente ligadas a aspectos quantitativos, principalmente devido às condições de clima, solos e geologia da região. A região apresenta um regime de chuvas caracterizado por uma alta variabilidade espacial e temporal (intra- e inter-anualmente), rios intermitentes, altas taxas de evaporação, solos rasos, e em geral sobre um substrato cristalino. Esta escassez hídrica e as crescentes demandas e competição entre os diversos usos realçam a importância de um gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

Nos últimos doze anos, o Governo do Ceará vem implementando ações no sentido de promover um programa de convivência com a seca, tendo como base o estabelecimento de uma política de recursos hídricos. Assim, foi estabelecido um plano de gerenciamento de água para usos múltiplos, aliado a um plano de ampliação da infra-estrutura hídrica e de um suporte jurídico-institucional para a viabilização de sua implementação.

O equacionamento, até então utilizado na solução do problema de desequilíbrio entre oferta de demanda hídrica, tem sido o aumento da oferta (Gestão da Oferta). Contudo, deve-se ressaltar as dificuldades crescentes em se achar novas fontes hídricas, assim como a escassez de recursos financeiros para grandes investimentos em obras de infra-estrutura hídrica. Medidas que visem a induzir ao uso mais racional da água podem ser vistas como um meio alter-

---

\*Gerente de Recursos Hídricos FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

nativo de se aumentar a oferta hídrica (Gestão da Demanda). Políticas de conservação de água constituem um efeito multiplicador, uma vez que resultam em benefícios indiretos, tais como redução de custos de tratamento, diâmetro das tubulações e economia de energia, entre outros.

### Uso da água no Brasil

A agricultura irrigada é o maior usuário de recursos hídricos, seja a nível mundial, nacional ou mesmo estadual. A Figura 1 mostra que o uso de água na agricultura representa 59% do consumo anual de água no Brasil, chegando ao índice de 83% quando analisamos dados de demanda da Bacia do Rio Jaguaribe (COGERH, 2000).

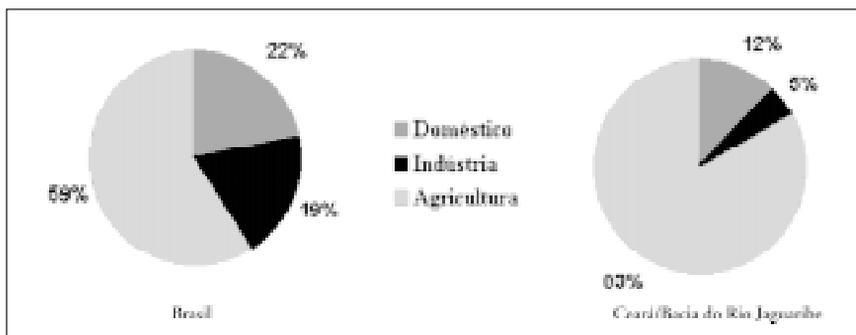


Figura 1. Demanda anual percentual conforme diversos tipos de consumo no Brasil e Ceará (Bacia do Rio Jaguaribe). Fontes: ANA e COGERH.

A importância relativa da agricultura em termos de consumo de água torna clara a necessidade de melhorar a eficiência dos métodos de irrigação, do manejo da agricultura irrigada e da drenagem agrícola, visando manter a competitividade e expansão da fronteira agrícola com menor consumo de água (Christofidis, 2002).

### Conservação de água na agricultura

Em um primeiro momento conservar água era entendido como armazenar água para posteriores usos produtivos, o que hoje pode ser visto como

desperdício, uma vez que o seu armazenamento é um veículo para o desperdício, em especial no semi-árido onde as taxas de evaporação são elevadas. Assim, conservação passou a ser vista não mais sob o ponto de vista da oferta, mas sob o ponto de vista da demanda. Hoje, pode-se dizer que conservar água é usar o mínimo de água para um dado uso produtivo: PRODUZIR MAIS COM MENOS ÁGUA (El-Beltagy e Oweis, 2002).

O conceito de conservação de água é facilmente entendido para a demanda urbana e industrial, mas, de maneira geral, a conservação de água na agricultura tem sido mal compreendida. Na verdade, conservação de água na agricultura é uma idéia fácil de vender, mas de difícil compreensão. Percebe-se facilmente isto quando se tenta definir o que é "eficiência de irrigação", ou melhor, eficiência do uso da água na irrigação.

### **Eficiência do uso da água na agricultura**

Geralmente o que se entende por eficiência de água na irrigação é a relação entre o volume de água utilizada na evapotranspiração (ET) pela planta e o volume de água de água total aplicado na cultura, mas isto não é tão simples assim. O conceito clássico de eficiência de irrigação é definido como a razão entre o volume benéficamente utilizado pela planta e o volume liberado pelo sistema de irrigação, ajustados pela precipitação efetiva e mudanças de água armazenada na zona radicular, respectivamente (Wichelns, 1999). Assim,

$$IE_c = \frac{ET - P_{ef}}{VL - \Delta VZR}$$

onde ET é a evapotranspiração da cultura,  $P_{ef}$  é a chuva efetiva, VL é o volume de água liberado pelo sistema de irrigação, e  $\Delta VZR$  é a variação no volume armazenado na zona radicular.

Na verdade a eficiência de irrigação não pode ser descrita por um único termo, uma vez que, por exemplo, a água aplicada em uma cultura pode ficar armazenada no solo e ainda assim ter uma função benéfica à planta, como a lavagem de sais na zona radicular. Assim, vários termos foram desenvolvidos

para levar em consideração os mais diversos aspectos da eficiência de irrigação (Grigg, 1996):

- a. eficiência de aplicação: razão entre a água que entra na zona radicular (disponível à planta para ET) e a água total aplicada;
- b. eficiência de armazenamento: razão entre a água armazenada na zona radicular do solo e a água armazenável nesta mesma zona;
- c. eficiência de transporte/distribuição: fração de água desviada ou bombeada que alcança a área a ser irrigada.

Valores baixos destas eficiências não significam necessariamente perdas em água, uma vez que estas podem vir a ser usadas para posterior uso econômico a jusante da bacia, e mudanças para a obtenção de maior índices de eficiência não irão necessariamente resultar em substanciais economias de água sob o ponto de vista regional (Council for Agricultural Science and Technology, 1988). Ou seja, faz-se necessário medir as vazões de retorno da irrigação que está disponível para uso à jusante visando obter uma medida de "eficiência de irrigação efetiva". Caso baixos valores daquelas eficiências realmente representassem perdas de água na agricultura, o quadro seria assustador no Brasil: em média, apenas 45% da água captada para projetos de irrigação é realmente utilizada pela cultura (Tabela 1).

Tabela 1. Destino da água captada para irrigação no Brasil em termos percentuais médios.

<b>“Perda”/Uso</b>	<b>%</b>
<b>Distribuição</b>	<b>15</b>
<b>Sistema de condução</b>	<b>15</b>
<b>Aplicação parcelar</b>	<b>25</b>
<b>Utilizada pela cultura</b>	<b>45</b>

Fonte: ANA

Os conceitos clássicos de eficiência são apropriados para gerenciamento e projeto de sistemas de irrigação, mas não são adequados para gerenciamento de recursos hídricos em uma escala maior (Keller e Keller, 1995). De maneira geral, os conceitos clássicos de eficiência ignoram as vazões de retorno de projetos de irrigação, o que sozinho dificulta o entendimento pelo público da eficiência do uso da água na irrigação (Keller e Keller, 1995). Keller et alii (1996) introduz o conceito de efeito multiplicador da água na tentativa de facilitar este entendimento, ou "eficiência efetiva de irrigação":

$$IE_c = \frac{ET - P_{ef}}{VL - \Delta VZR - VR}$$

onde VR é o volume de água de retorno. De qualquer forma o controle de aplicação de água deve ser buscado, uma vez que este resulta em economia de, por exemplo, energia, custos de projeto e operação.

### **Controle de aplicação de água na agricultura**

Apesar de baixos índices de eficiência não indicarem necessariamente perdas de água em uma escala de bacia hidrográfica, deve-se ressaltar que o controle da quantidade de água a ser utilizada na irrigação visa a determinar a quantidade de água necessária ao desenvolvimento adequado de uma dada cultura. Além de custos desnecessários de bombeamento de água, está-se tentando evitar que a produção agrícola seja afetada pelo manejo inadequado da irrigação (quantidade e freqüência de aplicação de água). Assim, a eficiência de irrigação é importante em termos de projeto, custos de instalação e operacionais, e até mesmo produção agrícola.

O controle de aplicação de água (quantidade e freqüência) a ser aplicada na agricultura pode ser realizado com base nas condições de água no solo (estudo da água armazenada no solo), nas condições atmosféricas (estudo da água perdida, pelo solo e plantas, para a atmosfera), nas condições de água na planta (estudo do fluxo da seiva das plantas). O último destes métodos é muito caro e não será aqui discutido.

## Controle baseado nas condições atmosféricas

Neste tipo de controle, a água necessária para a irrigação de uma dada cultura é determinada pela quantidade de água perdida pelo solo (evaporação) e pelas plantas (transpiração) para a atmosfera. Para isto, faz-se necessário o monitoramento das variáveis climáticas que afetam a evapotranspiração: radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade do ar. Com estas medidas, pode-se estimar uma taxa dependente apenas destes fatores climáticos, a qual representa o poder evaporativo da atmosfera para as condições refletidas por aquelas condições climáticas - Evapotranspiração Potencial (ET<sub>0</sub>). A Evapotranspiração estimada para a cultura (ET<sub>c</sub>) depende deste valor potencial (ET<sub>0</sub>) e de um fator característico de cada cultura (coeficiente de cultura, K<sub>c</sub> = ET<sub>c</sub>/ET<sub>0</sub>).

Assim, seguindo as recomendações da FAO, calcula-se ET<sub>0</sub> utilizando-se Penman-Monteith

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

onde ET<sub>0</sub> = evaporação de referência em mm/dia; R<sub>n</sub> = radiação líquida na superfície da cultura em MJ/m<sup>2</sup>dia; G = densidade de fluxo do calor no solo em MJ/m<sup>2</sup>dia; T = temperatura média do ar a 2 m de altura em oC; u<sub>2</sub> = velocidade do vento a 2 m de altura em m/s; e<sub>s</sub> = pressão do vapor saturado, em kPa; e<sub>a</sub> = pressão do vapor real (atual), em kPa; γ = declividade da curva de pressão do vapor em kPa/oC; γ = constante psicométrica, em kPa/oC.

Para cálculo da Evapotranspiração de uma dada cultura, faz-se necessário obter o coeficiente daquela cultura para os estágios de desenvolvimento da cultura, mas estes coeficientes estão raramente disponíveis para as culturas locais. Uma alternativa geralmente considerada tem sido a adoção das curvas de K<sub>c</sub> em Allen et alii (1988) com o ajuste dos ciclos destas curvas ao ciclo da cultura de interesse.

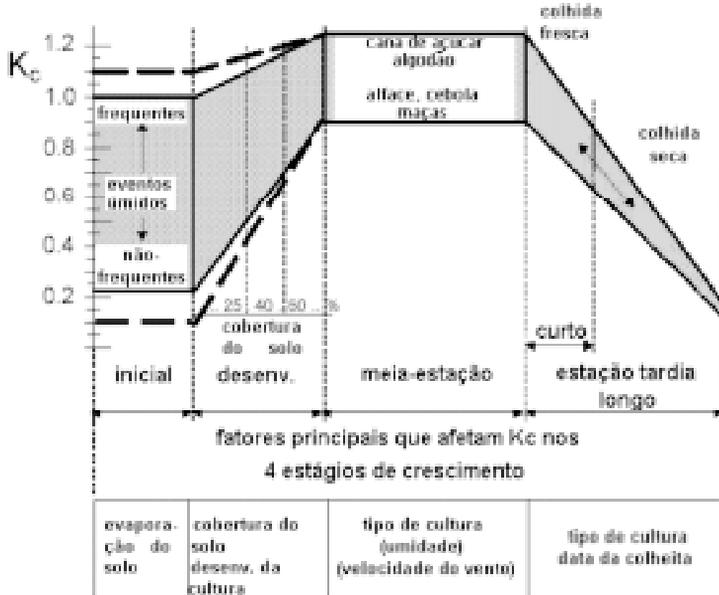


Figura 2. Variação esperada para o Kc durante os quatro estágios de desenvolvimento da cultura (adaptado de Allen et al., 1998).

O coeficiente da cultura incorpora características da cultura que influenciam na sua taxa de evapotranspiração, diferenciando a evapotranspiração calculada da potencial. Estas características são: altura da cultura, reflectância da cultura, resistência da cultura e do solo à transferência de vapor, e evaporação do solo. Assim,  $ET_c = K_c \cdot ET_o$ . A Figura 2 mostra a variação para valores de Kc segundo vários aspectos. A lâmina de irrigação calculada seria dada por

$$I = ET_c - P_{ef}$$

onde  $P_{ef}$  = precipitação efetiva (mm).

### Controle baseado nas condições de água no solo

Aqui, a quantidade de água necessária à irrigação é estimada com base no estudo da água armazenada no solo. A quantidade de água existente no solo

pode ser estimada com base em medições feitas a partir de lisímetros ou tensiômetros, e, a partir da curva característica do solo, a quantidade de água requerida pela irrigação pode ser calculada. A metodologia aqui descrita segue Albuquerque e Andrade (2002).

A quantidade de água total disponível para as culturas em um dado solo pode ser estimada por

$$ATD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) * Z$$

onde ATD = água total disponível às culturas;  $\theta_{cc}$  = umidade na capacidade de campo;  $\theta_{cc}$  = umidade no ponto de murcha permanente; e Z = profundidade efetiva do sistema radicular. Resta ainda definir o que os termos  $\theta_{CC}$  e  $\theta_{PMP}$ :

1.  $\theta_{CC}$  = umidade na capacidade de campo é relativa a toda água não gravitacional quando o solo é submetido a uma pressão de 0.33 atmosferas.
2.  $\theta_{PMP}$  = umidade acumulada quando o solo é exposto a uma pressão de 15 atmosferas.

Percebe-se facilmente que os valores de  $\theta_{CC}$  e  $\theta_{PMP}$  variam de acordo com o tipo de solo, e por conseguinte, também varia a capacidade de água disponível para uma mesma profundidade do sistema radicular. A Figura 3 mostra como estas umidades variam de acordo com a textura do solo. Com base na variação da água disponível para a cultura pode-se calcular a necessidade de água para a irrigação utilizando-se

$$\Delta(AT\Delta \times p \times Z) = I + Pef - ETc$$

onde p = é um fator de depleção (cultura submetida a um estresse hídrico que não prejudicará o seu desenvolvimento); I = lâmina de irrigação (mm); e Pef = chuva efetiva (mm).

O termo  $\Delta(AT\Delta \times p \times Z)$  determinará o turno ou frequência de irrigação, sendo maior a frequência quanto menor o seu valor, e vice-versa. Assim, monitorando a capacidade do solo em armazenar água, a lâmina de irrigação pode ser calculada por

$$I = ETc - Pef$$

podendo a evapotranspiração calculada (ETc) ser estimada com base no 1o método.

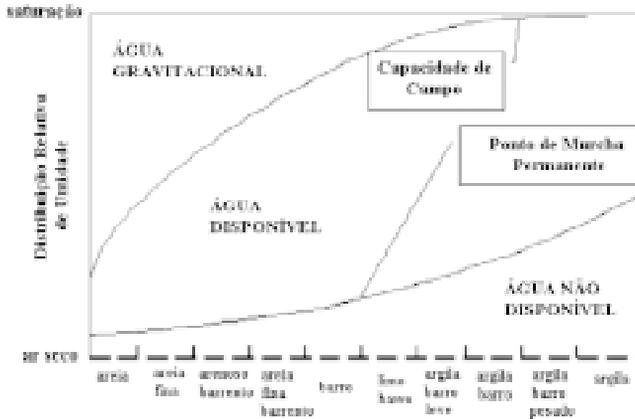


Figura 3. Variação da distribuição de umidade com a textura do solo.

As lâminas de irrigação calculadas pelos métodos acima são lâminas brutas, não levando em conta a eficiência do sistema de irrigação. A lâmina líquida pode ser estimada por

$$I = (ETc - Pef)/Ef,$$

onde Ef = eficiência do sistema de irrigação. A Tabela 2 apresenta valores para eficiência atingível de vários sistemas de irrigação.

**Tabela 3.** Eficiência de aplicação de vários sistemas de irrigação.

<b>Sistema de Irrigação</b>	<b><i>Eficiência Atingível</i></b>
<b>Irrigação Superficial:</b>	
Tabuleiros Inundáveis	0,80 a 0,90
Faixas	0,70 a 0,85
Sulcos	0,60 a 0,75
<b>Irrigação por Aspersão:</b>	
Convencional Móvel	0,65 a 0,75
Autopropelido	0,60 a 0,70
Pivô Central e Linear Móvel	0,75 a 0,90
Convencional Fixo	0,70 a 0,80
<b>Irrigação Localizada:</b>	
Gotejamento	0,75 a 0,90
Microaspersão	0,70 a 0,85

Fonte: Solomon (1988)

### **Uniformidade da distribuição de água em projetos agrícolas**

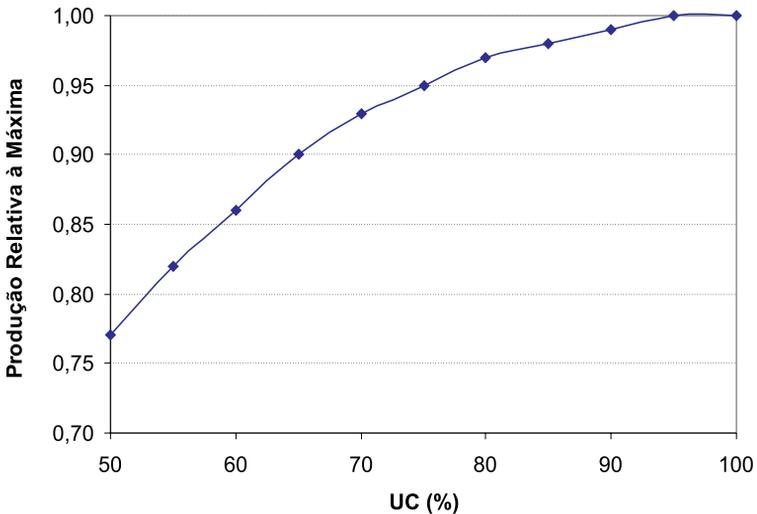
Um outro aspecto importante em projetos de irrigação, sob o ponto de vista de conservação de água, é a uniformidade da distribuição de água no lote ou parcela agrícola. Sempre que água é aplicada em um lote de maneira não uniforme, algumas partes da plantação daquele lote receberão mais água do que realmente necessitam, enquanto que outras receberão em quantidade menor do que precisam. De qualquer forma, a produção pode ser afetada por excesso ou escassez de água.

Implicações da não-uniformidade de distribuição de água estão ligadas não só ao excesso de aplicação de água, mas também a custos adicionais em energia, fertilizantes e outros compostos químicos (perdidos pela aplicação em excesso de água), e perdas de investimento devido à capacidade extra do sistema, necessária para distribuir o excesso de água não necessário.

Uma medida para uniformidade de irrigação proposta por Christiansen em 1942 (Solomon, 1988) é dada por

$$UC = 100 (1 - D/M)$$

onde UC = coeficiente de uniformidade (%); D = desvios absolutos médios das quantidades de irrigação; M = média das quantidades de irrigação. Solomon (1988) mostra como a uniformidade de irrigação (estimada por este índice) afeta a produção de cana de açúcar irrigada, conforme podemos verificar na Figura 4, feita a partir dos dados de Solomon (1988).



*Figura 4. Influência da uniformidade do sistema de irrigação na produção da cana de açúcar (Solomon, 1988).*

### Promovendo a conservação de água na agricultura

Resta saber agora que instrumentos para a gestão da demanda podem ser efetivamente empregados para induzir a conservação de água na agricultura. Segundo Campos e Studart (2001), estes instrumentos podem ser classificados em três grupos: Medidas Conjunturais, Incentivos e Intervenção Direta. Aqui não vou mencionar a 1ª categoria, uma vez que os exemplos aqui fornecidos enquadram-se nas duas últimas. Contudo, cabe ressaltar que a categoria

de Medidas Conjunturais envolve componentes de natureza diversa, como por exemplo mudanças legais e institucionais.

Os incentivos podem ser dados tanto à conservação e à realocação para usos de maior valor ou de menor consumo de água, podendo a natureza destes incentivos ser econômica ou não. Entre estes incentivos, destaco a cobrança pela água e os incentivos fiscais, entre os econômicos, e as restrições, quotas de consumo e campanhas educativas, entre os não econômicos. O Estado pode ainda intervir diretamente sozinho, ou em parceria com o setor privado, no sentido de, por exemplo, melhorar a eficiência do sistema de distribuição de água em projetos agrícolas.

Na categoria de incentivos, devo destacar dois programas que estão em sua fase inicial: o de produtor de água da ANA e o PRODHAM, tendo este último componentes que podem ser enquadradas na categoria de Intervenção Direta.

A Agência Nacional de Águas (ANA) considera o produtor rural como agente de maior relevância para a conservação da bacia onde atua, apresentando o perfil ideal do "produtor de água" na medida em que utiliza métodos que podem vir a garantir

- Baixo consumo de água;
- Conservação dos solos; além de
- Evitar a poluição do solo e água.

Para incentivar a utilização de tais práticas conservacionistas, a ANA está implementando uma política de bônus para o irrigante que ajudar na "produção de água".

O Projeto de Desenvolvimento Hidro-Ambiental (PRODHAM) prevê a intervenção do Estado na construção de obras e implementação de incentivos através da capacitação e de programas de educação ambiental. Entre as obras previstas pelo projeto, encontram-se obras hidroambientais (barragens sucessivas, subterrâneas, recuperação/preservação da mata ciliar, recuperação de áreas degradadas e reflorestamento, entre outras) e obras ligadas a práticas edáficas (terraceamento, cordões de pedra e vegetação em contorno, entre outras). Como já mencionado, o projeto não prevê somente o componente físico, mas também o sócio-econômico, através da capacitação (de técnicos, produtores e organizações comunitárias), e programas de educação ambiental.

## Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, P. E. P e ANDRADE C.L.T. . Planilha Eletrônica para a Programação da Irrigação de Culturas Anuais, Circular Técnica Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, 2002.

ALLEN, R.G., Pereira, L. S.; RAES D., SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

COMPANHIA de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH). Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe. Fortaleza, Ceará, Agosto, 2000.

COUNCIL for Agricultural Science and Technology, Effective use of water in irrigated agriculture, Report 113, Ames, IA, 1988.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira agrícola na produção de alimentos. Revista ITEM, N° 54, 2002.

EL-BELTAGY, A. e T. Oweis. Efficiency: Key to Sustainability in water scarce areas. ICARDA, 2002.

GRIGG, N. Water Resources Management: principles, regulations, and cases. New York; McGraw-Hill, 1996.

KELLER, J.; SECKER, D. Integrated Water Resource Systems: Theory and policy implications. Research Report 3, Colombo, Srilanka, 1996.

KELLER, A., KELLER, J. Effective efficiency: A Water Use Efficiency Concept for Allocating Freshwater Resources, USCID Newsletter, 1995.

SOLOMON, K. Irrigation Systems and Water Application Efficiencies, CIT, Irrigation Notes, January, 1988.

STUDART, T. M. C., CAMPOS, J. N. B. Gestão da Demanda. In: CAMPOS, N.; STUDART, T. (Org.). Gestão de águas: princípios e práticas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2001.



## Água – um fator limitante para o desenvolvimento do Nordeste?

JOÃO SUASSUNA\*

Antes de começar a tecer minhas considerações sobre esse tema, gostaria de discorrer um pouco sobre algumas características geoambientais da região Nordeste, assunto esse que tem uma relação bastante estreita com as possibilidades de acumulação e de acesso à água, e tentar explicar o “porquê” de termos chegado à situação de escassez hídrica que estamos vivenciando nos dias atuais. Essas considerações não têm a pretensão de solucionar todos os problemas existentes no setor de recursos hídricos, nem de fazer chegar água nas torneiras da população de forma imediata. Nossa pretensão é a de, tão somente, esclarecer e alertar a população sobre algumas questões que têm que ser bem entendidas sobre o assunto e propor algumas alternativas julgadas importantes, na busca de soluções.

É muito provável que, no início do terceiro milênio, a água passe a ser tão preciosa para as populações do planeta, como são o ouro e o petróleo. No Nordeste brasileiro, essa previsão não é difícil de se fazer, tendo em vista o tratamento inadequado exercido pelas populações, nos poucos volumes hídricos existentes, tratamento este não condizente com a importância que a água tem ou que deveria ter na vida das pessoas. No Nordeste brasileiro, as secas sucessivas, aliadas à falta total de planejamento dos órgãos públicos com relação à gestão da água, fazem com que tenhamos plena convicção do colapso iminente desse setor. A concretização desse cenário é uma mera questão de tempo. Vai faltar água para beber.

Aqui no Nordeste não é preciso se deslocar muito para se chegar a esse tipo de conclusão. As cidades de Caruaru e Surubim (PE), ambas situadas num raio de 130 km do Recife, estão com um racionamento de 26 dias. A

---

\*Eng<sup>o</sup> Agrônomo e Pesquisador da Fundação Joaquim Nabuco

cidade de Bezerros (PE), a 100 km da capital pernambucana, já entrou em colapso, e chegou a ser abastecida por via ferroviária, com água trazida de um poço da Petrobrás existente no porto de Suape, próximo à cidade do Recife. A cidade de Campina Grande, situada a 230 km do Recife, passa por igual situação de desabastecimento, pois a principal represa que abastece a cidade encontra-se com volume crítico para atender às necessidades normais da população. Igualmente problemáticas encontram-se as regiões do Seridó, no Rio Grande do Norte, os Sertões dos Inhamuns, no Ceará e o Cariri da Paraíba, já estando assistida por frota de caminhões-pipa boa parte do Semi-árido nordestino. O que preocupa, no entanto, é que a abrangência do problema da falta d'água já chegou ao litoral do Nordeste. A seca chegou à cidade do Recife. A metrópole pernambucana, com índice pluviométrico médio em torno de 2.000 mm anuais e sobre um rico lençol subterrâneo, amarga um longo período de racionamento, com perspectivas do agravamento desse quadro. O prognóstico do caos preocupa.

E por que estamos nessa situação de penúria hídrica?

Associadas à falta de planejamento dos órgãos públicos na gestão dos recursos hídricos, pesam sobre a região nordestina algumas características geoambientais que induzem naturalmente à escassez de água.

Apesar de sofrer a influência direta de várias massas de ar (a Equatorial Atlântica, a Equatorial Continental, a Polar e as Tépidas Atlântica e Calaariana) que, de certa forma, interferem na formação do seu clima, essas massas adentram o interior do Nordeste com pouca energia, influenciando não apenas nos volumes das precipitações caídas mas, principalmente, no intervalo entre as chuvas. Na região chove pouco (no Semi-árido as precipitações estão entre 500 e 800 mm) e as chuvas são extremamente mal distribuídas no tempo, tornando-se uma verdadeira loteria a ocorrência de chuvas sucessivas, em pequenos intervalos. O clima do Nordeste também sofre a influência de outros fenômenos, tais como: El Niño, que interfere principalmente no bloqueio das frentes frias vindas do sul do país, impedindo a instabilidade condicional na região, e a formação do dipolo térmico atlântico, caracterizado pelas variações de temperaturas do Oceano Atlântico, nas suas partes norte e sul dos hemisférios, variações estas favoráveis às chuvas no Nordeste, quando a temperatura do Atlântico sul está mais elevada do que aquela na sua parte norte.

A proximidade da linha do Equador é outro fator natural que vai de encontro às possibilidades de abundância de água no Nordeste. As baixas latitudes condicionam à região temperaturas elevadas (média de 26°C), número também elevado de horas de sol por ano (estimado em cerca de 3.000) e índices acentuados de evapotranspiração, devidos à incidência perpendicular dos raios solares sobre a superfície do solo (algumas regiões do Nordeste semi-árido chegam a evapotranspirar cerca de 7 mm/dia).

Em termos geológicos, a região é constituída por duas estruturas básicas. O embasamento cristalino, representado por 70% da região semi-árida, e as bacias sedimentares. Essas estruturas têm importância fundamental na disponibilidade de água, principalmente as de subsolo. No embasamento cristalino, região que tem como principal característica a presença de rios temporários, só há duas possibilidades da existência de água no subsolo: nas fraturas das rochas e nos aluviões próximos de rios e riachos. Em geral, essas águas são poucas, de volumes finitos (os poços secam aos constantes bombeamentos) e, como se isso não bastasse, de má qualidade. As águas que têm contato com esse tipo de estrutura se mineralizam com muita facilidade, tornando-se salinizadas. Devido à facilidade de escorrimentos superficiais e à baixa capacidade de infiltração da água no solo, essas características possibilitaram, na região cristalina, a construção de um número expressivo de açudes, estimado em cerca de 80 mil, que represam cerca de 30 bilhões de m<sup>3</sup> de água. Isto significa a maior reserva de água artificialmente acumulada em região semi-árida do mundo. Com relação às bacias sedimentares, além da presença de rios perenes, estas são possuidoras de um significativo volume de água no subsolo, localizado de forma esparsa no Nordeste (verdadeiras ilhas distribuídas desordenadamente no litoral e no interior da região). Para se ter uma idéia dessa problemática, estima-se que 70% do volume da água do subsolo nordestino estejam localizados na bacia sedimentar do Piauí/Maranhão.

O quadro dos Principais domínios hidrológicos do país, em anexo, mostra que em termos quantitativos, estima-se, no embasamento cristalino, um potencial de apenas 80 km<sup>3</sup> de água/ano, enquanto nas regiões sedimentares esse volume pode chegar valores significativos, como os existentes nas seguintes bacias: São Luis/Barreirinhas com 250 km<sup>3</sup>/ano, Maranhão com 17.500 km<sup>3</sup>/ano, Potiguar/Recife com 230 km<sup>3</sup>/ano, Alagoas/Sergipe com 100 km<sup>3</sup>/ano e Jatobá/Tucano/Recôncavo com 840 km<sup>3</sup>/ano.

Portanto, as características geoambientais acima descritas têm influência marcante nas quantidades hídricas exploráveis na região Nordeste. Essa afirmativa fica mais evidente quando são comparados os volumes de água existentes no planeta com os existentes no país e os destes últimos com os disponíveis na região Nordeste. Nesse sentido, estima-se que, no nosso planeta, existam 1,37 bilhões de km<sup>3</sup> de água; 97% desse volume constituem as águas dos oceanos, restando, portanto, apenas 3% de água doce. Desse percentual de água doce, 2/3 estão nas calotas polares e nas geleiras, onde não existe tecnologia disponível para a captação, o transporte e uso dessa água, restando apenas 1% do volume inicial para ser utilizado ou consumido pela população mundial, hoje com mais de 6 bilhões de pessoas. O Brasil é detentor de 12% da água doce que escorre superficialmente no mundo; 72% desses recursos estão localizados na região amazônica e apenas 3% no Nordeste brasileiro, onde as descargas dos rios representam uma infiltração de água nos aquíferos da ordem de 58 bilhões de m<sup>3</sup>/ano. Entretanto, a extração de apenas 1/3 dessas reservas representaria potenciais suficientes para abastecer a população nordestina atual (estimada em cerca de 47 milhões de pessoas), com uma taxa de 200/litros/pessoa/dia, preconizada pela Organização Mundial de Saúde, e irrigar cerca de 2 milhões de hectares com uma taxa de 7.000 m<sup>3</sup>/ha/ano.

O quadro de disponibilidade hídrica per capita, em anexo, mostra as modalidades de classes existentes em diversos locais do planeta, inclusive no território nacional, considerando desde as regiões abundantes em água (que disponibilizam volumes superiores a 20.000 m<sup>3</sup>/hab./ano), até as portadoras de situações críticas (que disponibilizam volumes inferiores a 1.500 m<sup>3</sup>/hab./ano). Na classe abundante, estão considerados todos os estados da região Norte, sendo Roraima o estado campeão em oferta de água do país. Dos estados nordestinos, pertencentes ao Semi-árido, apenas o Piauí está em situação confortável (considerado um estado rico em ofertas hídricas, pelo fato de fornecer volumes superiores a 5.000 m<sup>3</sup>/hab./ano), fato este advindo de riqueza significativa de água em seu subsolo e da existência de um grande rio perene - o Parnaíba - que faz fronteira com o estado do Maranhão; o estado da Bahia (em situação limite em termos de oferta hídrica, com fornecimentos volumétricos superiores a 2.500 m<sup>3</sup>/hab./ano), chega a ter mais água do que o estado de São Paulo, por ser beneficiado pelas águas do rio São Francisco e possuir áreas sedimentares esparsas, mas significativas, em seu território. A situação dos demais estados nordestinos é

preocupante (pobres em água, pelo fato de fornecerem volumes inferiores a 2.500 m<sup>3</sup>/hab./ano), destacando-se, entre eles, a Paraíba e Pernambuco, como estados campeoníssimos em baixa oferta hídrica para os seus habitantes, cabendo a este último o fornecimento de apenas 1.320 m<sup>3</sup>/hab./ano.

Essa desigualdade de percentuais hídricos existentes no país, com visível desvantagem para o Nordeste brasileiro, é consequência das características geoambientais da região, referidas anteriormente.

E o que fazer para enfrentar a questão do desabastecimento do Nordeste? O problema não é de simples solução. Algumas alternativas, no entanto, podem ser tentadas ou postas em prática.

Inicialmente, se poderia **fazer cumprir o que determina o artigo 21 da Constituição de 1988**, no seu inciso XIX, que estabelece a competência da União em instituir um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso. Alguns estados vêm trabalhando muito nos últimos anos para incorporar esses princípios em suas legislações e políticas públicas, criando conselhos estaduais, comitês de bacias, grupos de usuários de água, etc., mas, infelizmente, a grande maioria dos estados nordestinos tem sido relapsa com relação a esse assunto. Embora tenhamos uma lei federal que fixa os fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9.433, de 08/01/1997), pouco avançamos na incorporação dos princípios que definem esse novo quadro institucional no país.

Existindo esses dois instrumentos (a instituição de um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e a definição de critérios de outorga de direitos de seu uso), em cuja implementação, infelizmente, até hoje estamos engatinhando, é necessário um verdadeiro **orçamento das águas**, anualmente revisado em função da sua maior ou menor disponibilidade, que varia a cada ciclo hidrológico (a própria Agência Nacional da Água - ANA, órgão recentemente criado pelo governo federal, terá um papel fundamental nessas ações). Esse orçamento iria definir: X m<sup>3</sup>/s para uso humano e animal; Y m<sup>3</sup>/s para irrigação na bacia; Z m<sup>3</sup>/s para geração de energia elétrica; T m<sup>3</sup>/s para transposição para outras bacias; W m<sup>3</sup>/s para a indústria, etc.

Necessário se faz, no entanto, **dar continuidade ao programa de construção de grandes represas na região**, devendo haver sempre a preocupação simultânea de **interligar suas bacias hidrográficas e utilizar racionalmente suas águas**. Atualmente, as 28 maiores represas do Nordeste, que têm capacidade

para acumular 12 bilhões e 750 milhões de m<sup>3</sup> de água, utilizam apenas 30% desse volume em sistemas de abastecimento ou em irrigação. Os 70% restantes ficam sujeitos aos constantes processos evaporativos. Projetos de represas (como a do Pirapama, localizada na região metropolitana do grande Recife) que poderiam minimizar, e muito, o problema de racionamento d'água das cidades teimam em não sair do papel.

Fala-se muito em **água do subsolo para se resolver, de vez, os problemas hídricos da região semi-árida nordestina**. É, sem dúvida, uma alternativa importante, mas que não é a solução de todo o problema. Devido às características geológicas da região comentadas anteriormente, o acesso a essas águas e, principalmente, a sua utilização têm que ser encarados de forma mais criteriosa e realista. A título de exemplo, estima-se que 35% dos 60.000 poços escavados no embasamento cristalino nordestino estejam secos, obstruídos ou com teores salinos inadequados ao consumo humano. Com essa estatística, é de se esperar que todo e qualquer programa de perfuração de poços que venha a ser realizado na região trate primeiro da recuperação dos poços que fazem parte desse percentual.

Com relação a esse assunto, são dignas de nota as investidas realizadas no Nordeste pelo apresentador de televisão Carlos Massa, o Ratinho, que tem programa de grande audiência na região. A produção do referido apresentador investiu na perfuração de um poço no município de Arcoverde (PE), chegando a resultados merecedores de elogios. Segundo o que se pôde depreender, aos 60 metros de profundidade, o poço ali escavado apresentou vazão abundante e água de boa qualidade. Mas a forma pela qual a matéria foi levada ao ar pôs em dúvida as ações de todos os governantes do Nordeste, dando a entender que a solução dos problemas de escassez de água da região estava no acesso aos volumes existentes no seu subsolo, bastando para tanto um simples programa de perfuração de poços, o que, efetivamente, não estava sendo priorizado pelos governos. Entretanto, sem deixar de aplaudir a iniciativa do investimento realizado naquele município, faltou ao apresentador fazer referência ao local de perfuração do poço. Certamente ele não sabia tratar-se da bacia sedimentária do Jatobá, região já bastante estudada pelos técnicos especialistas em recursos hídricos, possuidora de um significativo lençol de água, com capacidade de exploração estimada entre 15 e 18 milhões de m<sup>3</sup>/ano, podendo abastecer cerca de 250 mil pessoas. Se essa área é rica em água, é importante explorá-la com eficácia e usá-la com parcimônia. O que não se pode é extrapolar o resultado

dos sucessos obtidos na exploração de água das regiões sedimentárias, para o Nordeste como um todo. Em tais regiões, as águas devem ser racionalmente exploradas, evitando-se, sempre que possível, os desperdícios, a exemplo daqueles existentes no estado do Piauí, que não aproveita, de forma coerente, as águas dos poços jorantes escavados na região sedimentária do Vale do Gurguéia, no município de Cristino Castro. Os poços jorram 24 horas por dia e não existe um projeto de uso adequado de suas águas que justifique o programa de perfuração ali realizado. Portanto, o conhecimento dos aspectos geológicos é um fator fundamental para se avaliar melhor as disponibilidades hídricas da região. Sem este conhecimento, a gestão dos recursos hídricos torna-se falha e a outorga, mero procedimento burocrático.

Outra questão relacionada com a água de subsolo diz respeito a sua qualidade química. É sabido que as águas do embasamento cristalino normalmente apresentam teores elevados de sais. **Para o tratamento dessas águas em dessalinizadores**, é preciso que sejam observadas algumas questões. Primeiramente, é necessário levar em consideração o custo operacional desse tratamento, com águas que apresentam teores de sais elevados. O uso do dessalinizador, em tais casos, ainda é muito caro. Estima-se que 1 m<sup>3</sup> de água dessalinizada custe o equivalente a US\$ 0,90 (noventa centavos de dólar). Em segundo lugar, o dessalinizador, em si, é um equipamento extremamente eficiente. O processo de retirada dos sais das águas é feito por intermédio de membranas (osmose reversa), o que dá ao equipamento índices espantosos de eficiência: uma água extremamente salinizada, ao ser tratada, passa a conter apenas traços de sais na sua composição. Torna-se, praticamente, uma água destilada. Este aspecto é muito importante pois poderá influenciar, sobremaneira, no balanceamento de sais do organismo das pessoas. Em se tratando de balanceamento de sais, um dos aspectos importantes a ser considerado, é a temperatura ambiente. Uma das características da região semi-árida nordestina é a de ser quente, com a média da temperatura anual atingindo a casa dos 26° C. Isto significa dizer que a população rural transpira em demasia nas atividades normais de campo. Ao transpirar, ela perde sais. A reposição desses sais no organismo das pessoas normalmente é feita através da alimentação do dia-a-dia (sabe-se que a região apresenta índices elevados de desnutrição) e da ingestão de líquidos (ressalte-se que a população do Semi-árido é acostumada a ingerir águas com teores salinos muito acima dos recomendados pela Orga-

nização Mundial de Saúde). Ao passar, de uma hora para outra, a ingerir água com baixos teores de sais, essa população poderá entrar em um processo de desmineralização, tendo em vista as fontes de reposição desses elementos não apresentarem mais os teores que vinham suprindo a população anteriormente. O resultado é que um programa de fornecimento de “água de primeiro mundo” à população, com o uso de dessalinizadores (slogan amplamente divulgado pelas prefeituras no interior nordestino), poderá vir a ser acusado, futuramente, como um vetor de desmineralização da população. Para corrigir esse problema, é preciso que se pense numa forma de fazer um tratamento de águas misturando aquelas isentas de sais, oriundas dos dessalinizadores, com uma pequena parte, mineralizada, oriunda da fonte que está sendo tratada (observando, naturalmente, os aspectos microbiológicos da água), garantindo, assim, uma água com teores salinos adequados ao perfeito funcionamento do organismo das pessoas. Sobre esse aspecto, informações obtidas de pesquisadores da ORSTOM (entidade de pesquisa do governo francês), participantes de missão científica no Chade - país de clima desértico do norte da África - demonstraram a preocupação dos técnicos franceses em balancear os teores de sais das águas consumidas no local e oriundas de dessalinizadores, através da dissolução, nessas águas, de comprimidos de sais trazidos da França. Ainda com relação à questão dos dessalinizadores, outro aspecto importante a ser mencionado é o destino que deverá ser dado ao rejeito do material resultante do processo de dessalinização. Esse material, extremamente rico em sais, atualmente é depositado em lagoas de decantação ou mesmo colocado ao ar livre sem maiores preocupações, constituindo-se em um grave problema ambiental a ser solucionado pelos pesquisadores. É provável que os caminhos a serem seguidos pela pesquisa, digam respeito ao aproveitamento desses sais para fins pecuários, visto ser a região semi-árida muito carente no aspecto de mineralização dos animais; na carcinicultura e piscicultura, principalmente no cultivo de camarões de água salgada e tilápias, que são espécies extremamente resistentes a ambientes salinos, e no cultivo irrigado de plantas halófilas (que se desenvolvem em ambientes salinos), a exemplo da Atriplex, que necessitam de águas com teores salinos elevados para se desenvolverem.

Outro programa importante é a construção de cisternas rurais para captação da água da chuva com fins de potabilidade. Para tanto, as organizações não governamentais e os governos estaduais e municipais têm um papel fundamen-

tal, tanto na construção das cisternas, como no manejo de uso de suas águas junto ao homem do campo. Cada milímetro de chuva caída em um metro quadrado de área resulta em aproximadamente um litro de água. Num telhado de 300 m<sup>2</sup>, por exemplo, com um milímetro de chuva caída tem-se 300 litros. Por sua vez, uma cisterna de 12.000 litros (quando bem manejadas, as águas das cisternas ficam livres da contaminação por microorganismos) abastece de água potável uma família de 5 pessoas durante os 8 meses sem chuvas na região.

Outra questão que já começa a despertar o imaginário do meio científico é a possibilidade de **reutilização das águas servidas** pelas populações das grandes cidades. Pesquisas têm demonstrado a possibilidade de se reutilizar tais águas, bastando para tanto um tratamento adequado e a sua utilização posterior para fins menos nobres, tais como, regas de jardins, descargas de sanitários, lavagens de calçadas e de automóveis, algumas utilizações industriais, etc. Procedendo-se dessa forma, tornam-se mínimas as possibilidades de se causar problemas na saúde das pessoas.

Outro ponto polêmico diz respeito ao **uso das águas do Rio São Francisco para o abastecimento** das populações sedentas do Semi-árido. Sobre esse assunto, é preciso que se levem em consideração alguns aspectos:

- O São Francisco é um rio hidrologicamente pobre, isso de longo termo. Apesar de possuir área de bacia semelhante à do rio Tocantins (a bacia do Tocantins tem cerca de 700.000 km<sup>2</sup>), apresenta vazão quatro vezes menor do que aquele rio amazônico (a vazão do São Francisco é de 2.800 m<sup>3</sup>/s, enquanto que a do Tocantins é de 11.800 m<sup>3</sup>/s). A razão dessa pobreza hídrica prende-se ao fato de a bacia do São Francisco apresentar uma vasta área de clima semi-árido (cerca de 60%) e de características geológicas cristalinas.

- A CHESF, ao longo dos últimos 60 anos, explorou praticamente todo o potencial gerador do rio, potencial esse estimado em cerca de 10 mil MW, no qual foram aplicados cerca de 13 bilhões de dólares. Essa potência instalada gerou, em 2001, com as deficiências hidrológicas havidas, cerca de 37,1 milhões de MW/h, tendo sido necessária a importação de mais 8,6 milhões de MW/h de outros centro geradores do país, como forma de suprir toda a demanda energética da região naquele ano, totalizando, portanto, um consumo de cerca de 45,7 milhões de MW/h. A par dessas questões, a região Nordeste vem crescendo a uma taxa de 4,5 a 6% ao ano, significando dizer que, em 12 anos, haverá necessidade de se dobrar a capacidade de oferta de energia na

região, ou seja, em 2014 precisa-se ter, no Nordeste, entre 90 a 100 milhões de MW/h, para satisfazer a sua demanda. E onde será gerada essa energia?

- Sem o orçamento das águas, fica extremamente difícil se fazer um prognóstico sobre a transposição do São Francisco como alternativa para solução dos problemas de escassez hídrica do Nordeste, tornando-se impossível determinar, tanto os volumes de água a serem utilizados pela população, como a época de retirada desses volumes do rio. No entanto, é importante lembrar que a exploração do potencial de geração do rio São Francisco pela CHESF está no seu limite. Conforme já mencionado, a empresa conseguiu, com extrema competência e muito sacrifício, montar um parque gerador de energia de mais de 10 mil MW com suas diversas unidades, potencial este que deve ser preservado com muita seriedade para o bem do desenvolvimento de todo o Nordeste.

- Não se pode esperar, uma vez tomada a decisão de se utilizar água do rio São Francisco, que essa água chegue aos que habitam os limites do Semi-árido, no dia seguinte. A população morrerá de sede antes disso. O acesso à água de tal fonte é uma questão a ser resolvida a médio e longo prazo.

- O São Francisco já está com as suas águas comprometidas na geração de energia e na irrigação. A explicação é a seguinte: a vazão média do rio é de 2.800 m<sup>3</sup>/s. Para gerar energia, levando em conta todo o potencial gerador da CHESF, são necessários, desse total, cerca de 2.100 m<sup>3</sup>/s. Portanto, restam 700 m<sup>3</sup>/s. O potencial de áreas irrigáveis do São Francisco é de 3.000.000 ha. Se considerarmos 0,5 litro/s/ha como um número razoável para fins de cálculo da irrigação que é praticada atualmente no vale do São Francisco, seriam necessários 1.500 m<sup>3</sup>/s para irrigar aquela área potencial. Ocorre que não temos esse volume disponível no rio. Temos, conforme mencionado anteriormente, apenas 700 m<sup>3</sup>/s. Apesar de termos uma área potencialmente irrigável de 3.000.000 ha, só é possível irrigar, com o volume de água disponível no rio (700 m<sup>3</sup>/s), cerca de 1.400.000 ha. Já nos parece existir, nessa contabilidade, um sério conflito quanto ao uso das águas do São Francisco. Certamente não iremos ter água suficiente para gerar energia, irrigar e abastecer as cidades do Semi-árido nordestino conforme se está pretendendo.

- O problema do baixo volume disponível do São Francisco é agravado, se considerarmos a questão da evaporação existente ao longo de sua bacia. A título de exemplo, são evaporados no espelho d'água da represa de Sobradinho, cerca de 200 m<sup>3</sup>/s. Os altos índices evaporativos ao longo de toda a bacia do

rio levam a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF - a trabalhar na hipótese de existir, no rio, um volume disponível não de 700, mas de apenas 240 m<sup>3</sup>/s.

- A vazão média do São Francisco, que na região semi-árida corre inteiramente sobre o embasamento cristalino, é de 2.800 m<sup>3</sup>/s pelo fato de terem sido registradas vazões mínimas de até 595 m<sup>3</sup>/s (em outubro de 1955) e, na grandes cheias, vazões máximas que chegaram a 20.000 m<sup>3</sup>/s. No entanto, esses dados, para a CHESF, são muito preocupantes, pois, no complexo gerador de energia de Paulo Afonso, há necessidade de uma vazão mínima garantida para manter o sistema gerador operando a contento. A título de exemplo, a usina de Itaparica necessita de um volume de engolimento de cerca de 2.744 m<sup>3</sup>/s, a de Paulo Afonso IV, de 2.310 m<sup>3</sup>/s e a de Xingó, de 3.000 m<sup>3</sup>/s. Nesse sentido, a CHESF foi como que obrigada a construir a represa de Sobradinho, que conseguiu manter, no rio, uma vazão mínima garantida da ordem de 2.060 m<sup>3</sup>/s. Ainda com relação à vazão do rio, outro aspecto importante a ser considerado diz respeito aos constantes desmatamentos realizados no Alto São Francisco, que têm ocasionado sérios problemas de desbarranqueamento de suas margens, assoreamentos no leito, extinção de nascentes com conseqüente diminuição de vazão. Em tais casos, é de suma importância que sejam promovidas ações revitalizadoras no rio, com vistas a se reverter esse quadro.

- Na possibilidade de retirada de água para fins de abastecimento, tem-se que levar em consideração o orçamento das águas, o qual é um reflexo das características do ciclo hidrológico anual da região, e verificar se há disponibilidade de volumes suficientes para tal. A represa de Sobradinho recebe água, oriunda do alto São Francisco, no período de novembro a abril de cada ano e gasta essa água, regularizando a sua vazão, no período de maio a outubro. Ocorre que em abril de 1999, devido às secas sucessivas e a um ciclo hidrológico atípico, a represa de Sobradinho havia acumulado um volume de apenas 55% de sua capacidade útil de armazenamento (em setembro daquele ano, a represa acumulava apenas 21% desse volume), significando dizer que houve necessidade de a CHESF importar, da usina de Tucuruí (PA), uma certa quantidade de energia, equivalente ao que deixou de ser gerado em Paulo Afonso com os 45% restantes do volume de água não armazenados em abril. Estimou-se, nessa operação, uma importação de cerca de 800 MW/h, o equivalente a 15% do consumo do Nordeste. Em 2001, a situação foi mais drástica ainda. Em abril,

com a continuidade da seca, Sobradinho só havia acumulado cerca de 36% do seu volume útil, chegando a atingir, em novembro, apenas 5,4%, havendo a necessidade de se proceder ao racionamento de energia. Além do mais, essas características hidrológicas das represas, obrigaram o governo federal a importar, de Tucuruí, cerca de 1.200 MW/h. Esse volume de energia importado é preocupante pois as regiões Norte e Nordeste do país continuarão crescendo, o que implica maiores demandas de energia (a previsão é a de que o Nordeste passe a apresentar, nos próximos anos, problemas mais frequentes na geração de energia) e não se sabe até quando a usina de Tucuruí suportará esta demanda extra oriunda do Nordeste. Nesse sentido, é desejável que o problema de geração de energia elétrica do Nordeste seja solucionado na própria região, evitando-se, sempre que possível, que quantidades de energia sejam transferidas de outras regiões (a não ser em caráter de extrema necessidade), sob pena de se estar correndo o risco de, ao tentar solucionar um problema (deficiência temporária de geração no Nordeste), criar outro de igual magnitude (esgotamento precoce do potencial gerador no Norte). Nesse cenário, se o orçamento das águas estivesse em vigor no Nordeste, seria muito provável que, para o ano de 2001, devido àquela escassez hídrica reinante, não houvesse possibilidade de se retirar do rio São Francisco os volumes desejados para atender as demandas da população.

- Se, por uma questão humanitária (Alínea III do Art. 1º da Lei 9433, estabelece, em situação de escassez de água, o uso prioritário dos recursos hídricos para o consumo humano e a dessedentação dos animais), a decisão de transpor as águas do São Francisco for tomada, na expectativa de evitar que a população morra de sede (serão 127 m<sup>3</sup>/s a serem transpostos), certamente haverá necessidade de uma redução da área irrigada na bacia do rio, pois passará a ser utilizado no abastecimento das populações o volume de água que deixará de ser utilizado na irrigação. Atualmente, já estão sendo irrigados no vale do São Francisco, cerca de 340 mil ha, com um consumo de água aproximado de 170 m<sup>3</sup>/s. Contudo, a área irrigável está em constante ampliação, com perspectivas de mais 100 mil ha, através da implantação dos projetos Irecê, com 60 mil ha, e Salitre, com 30 mil ha, ambos na Bahia, e o projeto Pontal, com 10 mil ha, em Pernambuco. Esses três projetos, juntos, irão crescer em mais 50 m<sup>3</sup>/s o consumo d'água na irrigação ali praticada. Nessa expectativa, espera-se que os sistemas geradores de energia da CHESF, por uma questão de segurança naci-

onal, sejam preservados. Para se ter uma idéia da dimensão do problema, para cada  $m^3/s$  retirado do Rio São Francisco entre as usinas de Sobradinho e Xingó, há uma redução na geração de energia da ordem de 22.000.000 KW/h anuais, equivalentes ao fornecimento a uma cidade com população de 35.000 habitantes. Nesse sentido, seria prudente que o local de retirada dessas águas fosse feito à jusante da represa de Xingó, posição na qual as águas já cumpriram o seu papel de geradoras de energia elétrica e irão se perder para o mar.

- É necessário se pensar na possibilidade de se transpor águas de outras bacias hidrográficas para aumentar a vazão do São Francisco. Há no noroeste da Bahia uma falha tectônica na qual existem duas lagoas (Jalapão e Varedão) com triplo desaguadouro: para o rio Tocantins através do rio do Sono, para o rio Parnaíba e para o rio São Francisco, através de seus afluentes, os rios Sapão, Preto e Grande. Nesse acidente geográfico há uma interligação natural para o São Francisco, no qual há um deságüe natural de cerca de  $110 m^3/s$ . Um aprofundamento dessas lagoas bastaria para um aumento significativo de vazão no São Francisco. Outra alternativa seria a de transpor água do rio Grande, através da represa de Furnas, para o São Francisco. Esta, por sinal, seria a alternativa mais barata, pois seria necessária, apenas, uma obra de engenharia, traduzida pela construção de uma comporta em um dos diques da referida represa, para a água chegar ao São Francisco por gravidade (poder-se-ia dispor, nessa operação, de um volume de cerca de  $200 m^3/s$ ). Existem implicações que dificultam a adoção dessa alternativa como, por exemplo, o fato de o rio Grande ser afluente do rio Paraná que, por sua vez, é um rio de águas internacionais. A outra implicação é a de que a represa de Furnas está localizada em território mineiro e não se sabe, ao certo, a reação do governo de Minas diante de uma proposta como esta.

Finalmente, a concretização das alternativas acima elencadas demandará um certo tempo. Os programas demoram para serem concebidos e executados. E a variável “tempo”, o nordestino não tem à sua disposição, pois o fantasma da falta de água potável está rondando a região. Já seria de bom termo que os governos dos estados nordestinos comesçassem a se preocupar em fazer chegar água nos municípios necessitados através de abastecimentos alternativos (com carros-pipa, navios, trens, etc.), bem como identificar as fontes hídricas disponíveis para suprimento desse abastecimento emergencial. Embora cir-

cunstantial, a decisão deve ser tomada para evitar o mal maior, qual seja, a instalação do caos social.

Recife, 13 de dezembro de 2002.

Obs: Conferência proferida na Fundação Konrad Adenauer, em Fortaleza, no encontro cujo tema versou sobre “O Nordeste – Rumos para um desenvolvimento sustentável!” (13/12/2002).

## ANEXOS

Principais domínios hidrologicos, reservas de água doce subterrânea e intervalo de vazão de poços no Brasil.

Domínio Aquífero	Área (km <sup>2</sup> )	Sistema Aquífero Principal	Volume de Água (km <sup>3</sup> )	Intervalo de Vazão Poço (m <sup>3</sup> /h)
Substrato aflorante	600.000	Zonas fraturadas	80	< 1 - 5
Substrato alterado	4.000.000	Manto rocha alterada e/ou fraturas	10.000	5 - 10
Bacia Sedimentar Amazonas	1.300.000	Ar. Barreiras Ar. Alter do Chão	32.500	10 - 400
Bacia sedimentar SãoLuís - Barreirinhas	50.000	Ar. São Luís Ar. Itapecuru	250	10 - 150
Bacia sedimentar Maranhão	700.000	Ar. Itapecuru Ar. Cordas-Grajaú Ar. Motuca Ar. Poti-Piauí Ar. Cabeças Ar. Serra Grande	17.500	10 - 1000
Bacia sedimentar Potiguar-Recife	23.000	Ar. Barreiras Calc. Jandaíra Ar. Açú-Beberibe	230	5 - 550
Bacia sedimentar Alagoas/Sergipe	10.000	Ar. Barreiras Ar. Marituba	100	10 - 350
Bacia sedimentar Jatobá-Tucano-Recôncavo	56.000	Ar. Marizal Ar. São Sebastião Ar. Tacaratu	840	10 - 500
Bacia sedimentar Paraná (Brasil)	1.000.000	Ar. Baurú-Caiuá Basaltos S. Geral Ar. Botucatu-Piramboia-Rio do Rasto Ar. Furnas/Aquidauana	50.400	10 - 1700
Depósitos Diversos	773.000	Aluviões, dunas	411	2 - 40
Totais	8.512.000		≅ 112.000	

Fonte: Rebouças, A. C. et al. – Panorama da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil, CNPq, Brasília, 1997.

**QUADRO DE DISPONIBILIDADE DE HÍDRICA**

Disponibilidade hídrica <i>per capita</i> m <sup>3</sup> /hab./ano	País	Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i> m <sup>3</sup> /hab./ano	Estado brasileiro	Disponibilidade hídrica <i>per capita</i> m <sup>3</sup> /hab./ano	
Abundante > 20.000	Finlândia Suécia	22.600 21.800	Roraima Amazonas	1.747.010	
			Amapá	878.929	
			Acre	678.929	
			Mato Grosso	258.242	
			Pará	217.058	
			Tocantins	137.666	
			Rondônia	132.818	
			M.G do Sul	não disponível	
			Goiás	não disponível	
			Rio G. do Sul	20.798	
Muito rico > 10.000	Irlanda	14.000	Maranhão	17.184	
			Sta. Catarina	13.662	
	Paraná		13.431		
	Minas Gerais		12.325		
Áustria	12.000				
Rico > 5.000	Portugal	6.100	Piauí	9.608	
	Grécia	5.900		Espírito Santo	7.235
Situação limite > 2.500	França	3.600	Bahia	3.028	
	Itália	3.300		São Paulo	2.913
	Espanha	2.900			
Pobre < 2.500	Reino Unido Alemanha Bélgica	2.200 2.000 1.900	Ceará	2.436	
			Rio de Janeiro	2.315	
			Rio G. do Norte	1.781	
			Alagoas	1.752	
			Distrito Federal	1.751	
			Sergipe	1.743	
Situação crítica < 1.500			Paraíba	1.437	
			Pernambuco	1.320	

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos de São Paulo, 2000

# Alternativas científicas e tecnológicas para o abastecimento de água no Semi-Árido

ALAIN PASSERAT DE SILANS\*

## Introdução

A escassez ou mesmo a falta de água potável para o consumo humano é hoje um dos grandes problemas mundiais, desafiando os pesquisadores para que encontrem alternativas tecnológicas e arranjos sócio-econômicos para otimizar e racionalizar o uso da água.

As regiões áridas e semi-áridas encontram-se em uma situação ainda mais vulnerável em relação a este problema devido às suas características edafoclimáticas naturais particulares. O semi-árido brasileiro é considerado a mais povoada entre todas as regiões áridas e semi-áridas intertropicais do planeta. O problema da escassez de água potável nesta região é então crucial. Ela abrange uma área de 830.000 km<sup>2</sup>; isto é o tamanho de um grande país da Europa, e representa 70% da região Nordeste, ocupada por 23 milhões de habitantes (MMA/PNUD, 2000).

A situação sócio-econômica desta grande região semi-árida é crítica. A sua atividade econômica baseia-se essencialmente nas atividades agrícolas, com uma produção caracterizada pela pecuária e pelas culturas de subsistência. A produtividade agrícola é baixa e a utilização de tecnologias modernas no processo de produção é ainda incipiente. A produção, assim como o contexto sócio-econômico da população rural é vulnerável e afetado de modo dramático pelas secas severas que assolam regularmente a região.

---

\*Professor e Pesquisador da Universidade Federal da Paraíba - LARHENA – Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental de Tecnologia – UFPB.

Paralelamente às secas, a história desta região verifica intervenções do Governo Federal para amenizar os seus efeitos. Iniciaram com a criação, em 1909 da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) transformada em 1946 em DNOCS, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, o qual atua ainda hoje. O papel da IFOCS, e mais tarde do DNOCS, era de construir na região uma infraestrutura a partir de obras civis, açudes, grandes reservatórios e estradas para promover o desenvolvimento da região. Mais tarde passou a atuar na instalação e operação de perímetros irrigados em torno das obras construídas, tendo assim um papel de planejamento no desenvolvimento sócio-econômico regional, em torno principalmente do elemento “água”.

Em 1956, o Governo Federal cria o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), liderado pelo economista Celso Furtado. Os estudos realizados por este grupo levaram o Governo a criar em 1959 a SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Hoje, acredita-se que a disponibilidade em água é uma condição *sine qua non* para o desenvolvimento regional e a redução gradativa da miséria nesta região. Tecnologias que geram um aumento das disponibilidades hídricas podem significar sobrevivência e melhoria da qualidade de vida para o homem do semi-árido, que enfrenta o grave problema da falta de água.

Muitas dessas tecnologias já existem, algumas até há muito tempo. O desafio atual é de implantar ou adaptar essas tecnologias no campo e atuar em todas as esferas da estrutura organizacional local para que atendam ao seu propósito, que é melhorar a condição de vida da população.

Neste trabalho, diversas tecnologias serão descritas, e considerações serão tecidas a respeito das suas dificuldades de implantação e operação. As inter-relações entre as tecnologias quanto ao atendimento das necessidades serão examinadas. No entanto, serão abordadas apenas as tecnologias para o atendimento às necessidades em água que ocorrem de modo difuso no espaço geográfico, isto é, essencialmente em meio rural. Espera-se que as análises efetuadas e as recomendações oriundas das diversas experiências relatadas neste texto possam contribuir para o planejamento de programas de implantação dessas tecnologias e, ao mesmo tempo, para o gerenciamento da disponibilidade em água conferida pelo uso dessas tecnologias.

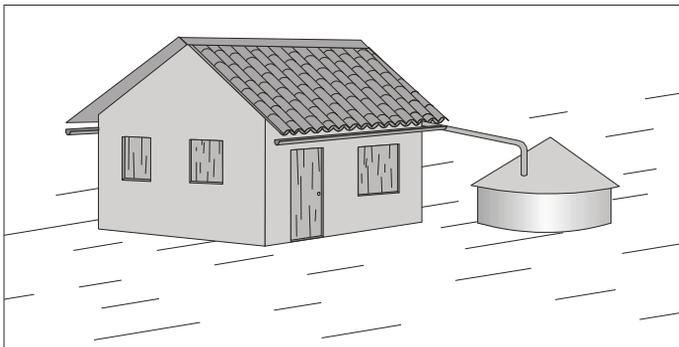
## Tecnologias de abastecimento de água difuso

### 1 - Captação da água da chuva

Neste trabalho serão abordadas diversas tecnologias para a captação da água da chuva em meio rural: a cisterna e o barreiro para irrigação de salvação. Trata-se de um assunto que vem paulatinamente ganhando grande importância na região. Diversos eventos nacionais e internacionais têm ocorrido recentemente contribuindo para a divulgação dos progressos tecnológicos e das experiências bem sucedidas.

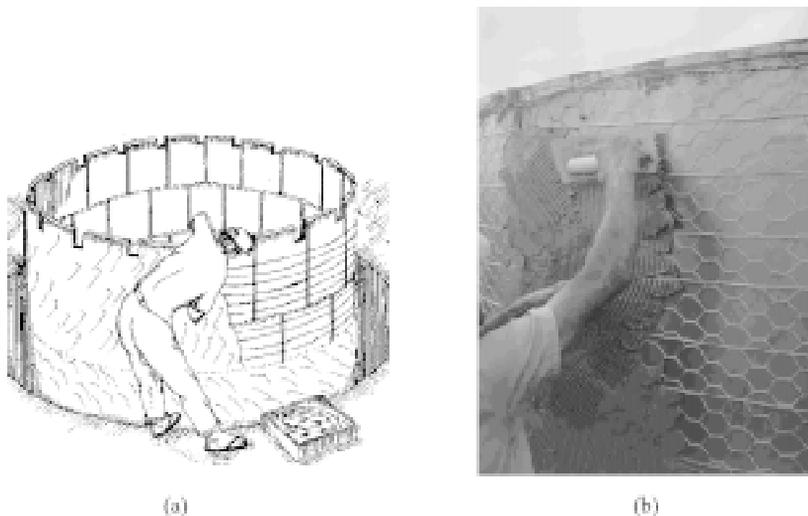
#### • Cisternas rurais

A primeira técnica se refere à captação da água da chuva para consumo humano através de cisterna. Não se trata de uma tecnologia nova, pois há registros de utilização de cisternas em regiões como a China há 2000 anos atrás ou ainda no deserto de Negev, hoje território de Israel e na América Latina pelas civilizações pré-colombianas Astecas e Maias. Iniciativas desenvolvidas na China dão notícia da construção de um milhão de cisternas em determinada região. Embora não exista ainda no Brasil um programa sistemático de larga escala para construção das cisternas, diversas prefeituras e entidades não governamentais têm multiplicado o número de cisternas no Nordeste do Brasil. A técnica consiste em aproveitar os telhados das casas como áreas de captação e a cisterna como depósito (figura 1).



*Figura 1. Desenho esquemático de cisternas de placa implementada na zona rural extraída de Porto et al. (2001)*

Estudos científicos sobre cisternas foram iniciados no Nordeste do Brasil em 1979 pela EMBRAPA - Semi-árido, avaliando-se, formas, volumes e materiais de construção. Atualmente, existem várias propostas disponíveis de formas e processos construtivos. O modelo mais difundido é a cisterna de placas pré-moldadas (figura 2). Várias ONGs têm programas de treinamento para ensinar como fazer este tipo de cisterna. Outro modelo é a cisterna de tela de arame e cimento que requer uma forma para a sua construção, mas que é mais segura contra vazamentos (figura 2).



*Figura 2 – Cisterna de placas pré-moldadas (a) e cisterna de tela de arame e cimento (b)*

Estima-se que nos últimos 5 anos foram construídas em torno de 50.000 cisternas na região semi-árida do Brasil. Elas têm em média um volume de 15.000 litros, o que corresponde a um aproveitamento de 300 mm de chuva sobre um telhado de 50 m<sup>2</sup>. Fornecem água à razão de 60 litros por dia durante 250 dias. A água da cisterna é utilizada para beber e cozinhar, o que representa em média um volume de 6 litros por pessoa na casa. No entanto, à medida que as outras fontes de água vão secando na proximidade da habitação rural, a água da cisterna passa a ser também utilizada para o banho, o abastecimento de animais domésticos e a lavagem de roupas e louça, perfazendo um consumo médio da ordem de 20 litros/dia por pessoa. As duas alternativas de cisterna

apresentadas na figura 2, assim como outras utilizadas, apresentam um custo de construção pouco elevado, da ordem de 500,00 Reais, o que pode facilmente ser financiado através de programas apropriados.

Apesar das informações animadoras, a cisterna não deve ser propagada como a redentora do sertão. Como foi visto neste texto, ela cumpre um papel estratégico na segurança de água para o consumo humano. Seu sucesso não depende somente de sua eficiência como estrutura hídrica, pois tal sucesso está fortemente relacionado a uma estrutura mínima para atender às outras demandas de água, especialmente a doméstica e a dos rebanhos (Gnadlinger, 2001).

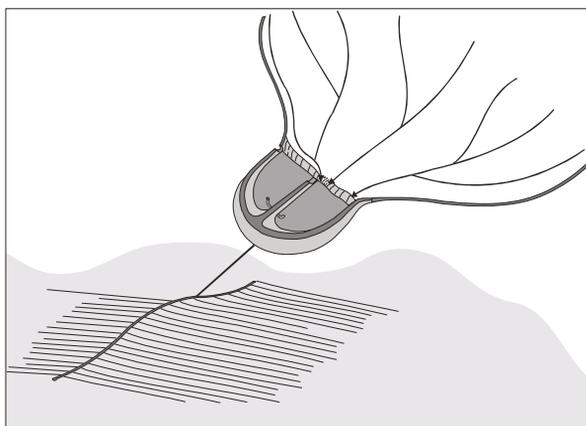
Gnadlinger (op. citado) escreveu também a respeito da implantação e disseminação das cisternas na região semi-árida:

*“Finalmente, é importante ressaltar que a experiência de anos de trabalho das ONGs apoiando a disseminação de cisternas tem demonstrado que o sucesso da cisterna depende, com raras exceções, diretamente da metodologia adotada no processo de implantação. Ou seja, a apropriação do papel da cisterna na unidade familiar e de uma postura mais cidadã das famílias em relação à água dependem fortemente de um processo de implantação no qual se propicia uma ação participativa de cidadania, uma democratização dos recursos públicos na execução das obras, uma valorização do conhecimento local, uma reflexão e educação sobre a problemática da água e ainda um momento de abrir uma porta para um debate local sobre a questão da convivência com o semi-árido. Portanto, a política de implantação de cisternas no meio rural do semi-árido não pode ser abordada como um processo de implantação de uma obra de engenharia civil, como a construção de uma rodovia ou de um grande açude público, a qual pode simplesmente ser entregue nas mãos de empreiteiras.”*

Amorim e Porto (2001) efetuaram uma avaliação da qualidade da água de cisternas rurais no município de Petrolina – PE. Os resultados obtidos por estes autores indicaram contaminação de origem fecal em todas as cisternas avaliadas e também a ausência de medidas de prevenção de contaminação, principalmente o uso da desinfecção da água pelo cloro. Recomendam que para garantir a qualidade bacteriológica desta fonte de abastecimento e minimizar os riscos de doenças de transmissão hídrica, deve-se protegê-la através de algumas medidas como conservação e constantes inspeções de suas estruturas, além do acondicionamento e do manuseio adequados dos recipientes de retirada da água para consumo.

• **Barreiro para “irrigação de salvação”.**

As altas taxas de evaporação na região semi-árida do Nordeste brasileiro reduzem a eficiência de utilização de água de chuva quando armazenada superficialmente, principalmente para as localidades em que o período de chuva coincide com o de temperaturas elevadas. Com o objetivo de minimizar estas perdas, a EMBRAPA - Semi-Árido introduziu, no sistema de barreiros para irrigação de salvação, o conceito de **reservatórios com compartimentos**. Esta idéia foi inicialmente desenvolvida por Cluff (1979) e, nas condições do semi-árido brasileiro, tem demonstrado ser um método eficiente para armazenamento de água em locais onde os reservatórios necessitam ter pouca profundidade. A figura 3 apresenta uma visão esquemática do sistema.



*Figura 3 – Desenho esquemático do sistema de barreiro com compartimento desenvolvido pela EMBRAPA (Porto et al., 2001).*

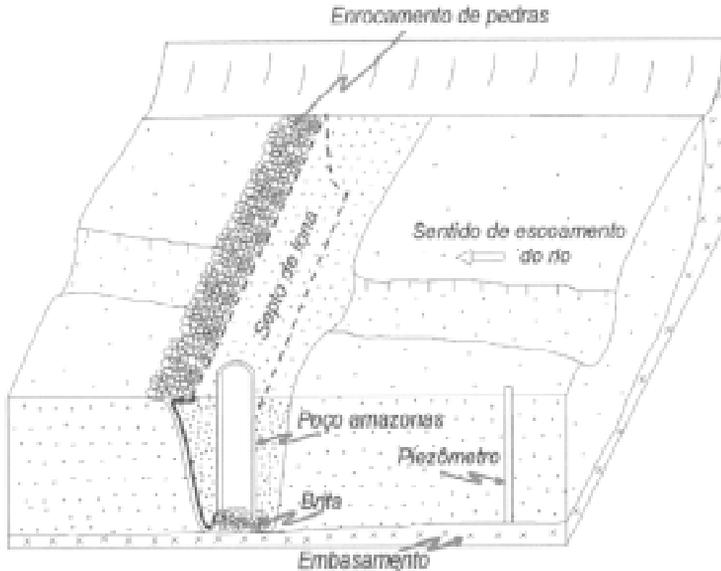
Segundo Porto et al. (2001):

*“A eficiência do barreiro para uso de irrigação de salvação tem sido comprovada através de um sistema construído na fazenda de sequeiro existente nos campos da EMBRAPA - Semi-Árido, o qual foi construído em 1982. Desde a sua implantação, em todos os anos são realizados plantios de feijão e milho. Até o ano de 1998, ou seja, numa seqüência de 17 anos, em apenas dois anos houve frustração de safras.*

*Por outro lado, é importante ressaltar que até o momento não se tem informações sobre a utilização em escala desta tecnologia por parte dos pequenos produtores. As razões para isto são duas: 1. a necessidade de áreas significativas, em relação ao tamanho das propriedades dos pequenos produtores; 2. o alto custo de horas-máquinas para a construção mecanizada do sistema. Em geral, em regiões com precipitação de 400 a 500mm anuais, são necessários entre 7 e 10 hectares, e o tamanho do reservatório deve ser de, aproximadamente, 3000 m<sup>3</sup>. Isto implica num gasto de 60 a 80 horas de trator de esteira”.*

## 2 - Barragens subterrâneas

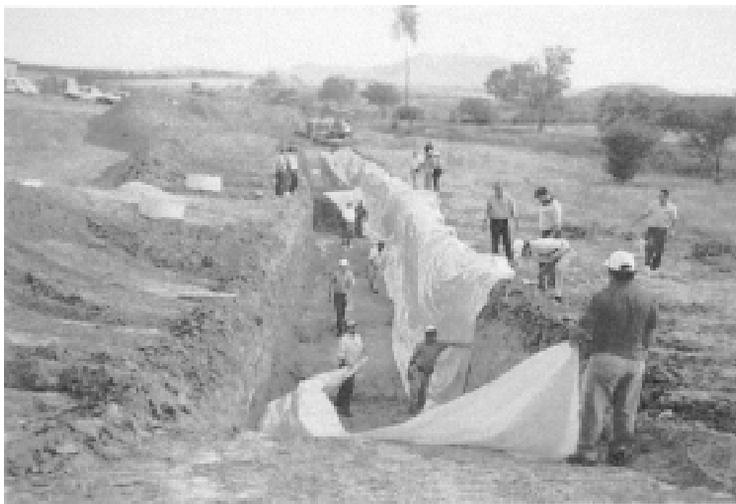
A barragem subterrânea é uma obra singela e de baixo custo. Ela se caracteriza por um barramento artificial do fluxo da água subterrânea, construído transversalmente ao leito dos riachos com o fim de manter elevado o nível freático e aumentar o armazenamento de água, preservando-a parcialmente da evaporação (figura 4).



*Figura 4 – Representação esquemática de uma barragem subterrânea (Cirilo, 2000)*

Apesar da simplicidade, critérios técnicos básicos devem ser observados (Cirilo, 2002). Na escolha do melhor local para a construção, alguns estudos a partir de aero-fotos, de mapas plani-altimétricos e de levantamentos de campos devem ser efetuados para avaliar a largura do depósito aluvial, a extensão a montante do local e eventuais trechos de estreitamento. No campo, a partir de amostragens, devem ser avaliadas a espessura e a granulometria do depósito aluvial. Outros fatores devem ser observados, como a existência de soleiras rochosas, que em si já constituem barragens naturais, a declividade do depósito aluvial, a existência de um “boqueirão subterrâneo” para locar o eixo da barragem, a qualidade das águas contidas nos aluviões, etc.

A construção da barragem subterrânea requer as seguintes etapas: escavação da vala até encontrar a rocha inalterada (é necessária a presença de leito rochoso a baixa profundidade para funcionar como elemento de impermeabilização fechando o pacote aluvial); a impermeabilização com argila compactada ou lona de plástico (figura 5), a construção de um poço amazonas com anéis de cimento pré-moldados semiporosos ou tijolos vazados; o enchimento da vala com o material retirado durante a escavação; e, por fim, a construção de um pequeno enrocamento de baixa altura por cima da barragem para facilitar a infiltração das enxurradas (figura 6).



*Figura 6 – Colocação da lona na vale escavada, extraída de Cirilo (2000)*



*Figura 7 – Enrocamento de pedra acima da barragem subterrânea, extraída de Cirilo (2000)*

Apesar de ser uma tecnologia relativamente simples, no Brasil, sob a ação de governos estaduais como o de Pernambuco, de universidades, como as universidades de Pernambuco e da Paraíba e de ONGs, como CAATINGA, DIACONIA, AS-PTA e outros, é somente a partir da década de 1990 que programas de construção de barragens subterrâneas foram iniciados. Em 1998, por exemplo, no estado de Pernambuco foram construídos cerca de 500 barragens subterrâneas. A Universidade Federal de Pernambuco, em conjunto com a Secretaria de Recursos Hídricos daquele estado, iniciou uma avaliação do programa das barragens subterrâneas, considerando os seguintes aspectos: quantidade de barragem em atividades; identificação de problemas construtivos; tipo de utilização, qualidade da água; envolvimento da comunidade beneficiada na escolha e execução; aceitação da comunidade; razão de escolha dos locais; custos e benefícios. Cirilo et al. (2002), responsáveis pela avaliação de 151 barragens implantadas em Pernambuco, destacaram os seguintes aspectos:

- Como técnica de armazenamento de água, a barragem subterrânea é uma boa alternativa;
- Embora a sua construção seja de baixo custo, a mesma deve atender a requisitos técnicos para atender os seus objetivos;

- Devem ser evitados os locais onde os solos têm potencial salinizante;
- A qualidade das águas das barragens subterrâneas sofre grande influência do tipo de solo em que estão localizadas e do manejo e uso da água que é feito;
- A barragem subterrânea mais usual aproveita bacias de captação pequenas, servindo assim para atendimento familiar pequeno;
- As barragens subterrâneas de maior porte podem proporcionar projetos de pequena irrigação e gerar renda direta e indireta para os proprietários e a comunidade em volta;
- Poços de alvenaria furada devem ser construídos quando as águas servem para irrigação, pois, com poços tradicionais de anéis pré-fabricados, a vazão é insuficiente;
- As barragens subterrâneas não têm função de regularização plurianual. Há no entanto uma regularização intra-anual, o que possibilita a utilização da água nos meses secos;
- O fator humano é essencial para o sucesso das barragens subterrâneas. Os autores acima citados são enfáticos a este respeito. Escrevem: “se não houver um trabalho junto à comunidade para que a mesma desperte quanto ao potencial da técnica e se aproprie de fato da obra, assumindo-a como sua posse e não como algo do governo, a manutenção e produção não ocorrem”.
- A barragem subterrânea tem uma função social muito importante na produção de alimentos e no suprimento de água.

A maior parte das barragens subterrâneas existentes é pequena e de atendimento familiar. Geralmente, tem uma profundidade máxima de 3m e uma extensão de 50 m. Nessas condições a barragem custa entre R\$ 1.000,00 e R\$1.500,00 dependendo das distâncias para transportar material e equipamentos de construção. A componente de custo mais elevada é a hora de trator ou escavadeira. Para barramentos de grande porte, com profundidades entre 4,0 m e 10,0 m os custos são mais elevados variando entre R\$ 2.000,00 e R\$ 8.000,00, dependendo da extensão.

### 3 - A pequena e a média açudagem

O pequeno açude apareceu na região sertaneja com a colonização, por se tratar do modo mais eficaz de se armazenar água durante o período chuvoso

para ser utilizado no período seco. Em 1909, nasce a Inspetoria de Obras contra as Secas (IOCS), posteriormente DNOCS, responsável pela construção de mais de 300 barragens no Nordeste. Paralelamente ao desenvolvimento da açudagem pública, e apesar das prioridades oficiais voltadas para os grandes reservatórios, observou-se, ao longo do tempo, o surto espontâneo da pequena açudagem privada. Acredita-se que atualmente existem mais de 70.000 açudes pequenos e médios em todo o sertão.

O açude pequeno serve principalmente para assegurar o abastecimento durante a estação seca, de maneira a estabelecer a junção entre dois períodos chuvosos. Tem tipicamente capacidade que varia entre 10.000 m<sup>3</sup> e 300.000 m<sup>3</sup>. O açude médio, com capacidade até de um milhão de m<sup>3</sup> dependendo das condições climáticas do local, do tamanho da bacia hidrográfica e da sua forma, já é capaz de atravessar um ano com precipitação bem abaixo do valor médio. Os pequenos e médios açudes são utilizados para o abastecimento humano da população rural e da população de pequenas cidades, para o abastecimento animal e para a agricultura de subsistência, após o período chuvoso. É aparentemente uma forma de distribuição espacial dos benefícios da água para os pequenos agricultores e para as pequenas comunidades. No entanto, avalie-se que dentro do contexto da bacia hidrográfica, por apresentarem um grande espelho de água exposto à radiação solar, provocam uma perda de água muito significativa através da evaporação. Silans (2002) avaliou que esta perda pode significar para todo o Nordeste, uma vazão equivalente a 50 m<sup>3</sup>/s, quase 70% da vazão proposta para a transposição do rio São Francisco. Em muitos casos, a multiplicação dos pequenos açudes na sub-bacia hidrográfica de um reservatório pode ser responsável pela diminuição insustentável da sua capacidade de regularização. Percebe-se, então, que se, de um lado, o pequeno açude é “socialmente justo”, por difundir espacialmente a água, traz prejuízos para a comunidade em geral da bacia hidrográfica. A relação entre benefícios e prejuízos deve ser avaliada corretamente, e deve-se utilizar técnicas e tecnologias que venham a aumentar os benefícios dos pequenos açudes para que o seu papel social no meio rural continue sustentável. Em primeiro lugar, é necessário que o açude seja bem construído e bem planejado, ou seja, que os diversos usos que serão feitos das suas águas sejam compatíveis com a quantidade e a qualidade das águas ao longo do tempo. Em segundo lugar, é necessário que o açude traga benefícios sócio-econômicos à população que vive em seu entor-

no. Trabalho recente, efetuado na década de 80, através de cooperação técnica entre a SUDENE e o ORSTOM (atual IRD, Instituto para a Pesquisa e o Desenvolvimento da França) tem resultado em uma obra de grande relevância para o dimensionamento e a construção de pequenos açudes: o manual do pequeno açude. Este é fruto de intensa pesquisa de campo quanto aos costumes da população a respeito do aproveitamento da água em meio rural e de um longo trabalho de pesquisa em hidrologia que iniciou com a implantação de bacias hidrográficas representativas no Nordeste. Trata-se de um marco histórico para o desenvolvimento sustentável da região semi-árida, pois deveria servir de elemento de base para o planejamento e a operação de toda a pequena açudagem no Nordeste do Brasil. Neste texto, trataremos do aproveitamento possível das águas do açude, do aspecto tecnológico associado e dos conflitos que podem surgir entre os diversos usos, pois nos parece que a valorização da açudagem está, de modo geral, bem aquém da sua potencialidade.

Os açudes pequenos e médios podem ser utilizados para vários fins, às vezes simultaneamente (usos múltiplos):

- Abastecimento humano;
- Outros usos domésticos;
- Abastecimento animal;
- Piscicultura;
- Criação de patos ou marrecas;
- Plantação de sítio;
- Cultivo de vazante;
- Irrigação;
- Recreação e lazer.

Tratando-se do aproveitamento de pequenos e médios açudes, é claro que não haverá possibilidades de se desenvolverem em todas essas atividades ao mesmo tempo. Cada situação é específica, e deve ser analisada dentro do contexto ambiental e sócio-econômico local.

O abastecimento humano é exigente em termos de qualidade da água, e observa-se que diversas situações são possíveis: o açude é a única fonte de água para o abastecimento humano; o açude pode servir para o abastecimento humano quando outras fontes são esgotadas após vários meses de estiagem ou o

açude não é utilizado para o abastecimento humano. Na tabela seguinte, modificada de Molle e Cadier (1992) estão explicitadas as interações entre os diversos usos da água do açude e o abastecimento humano.

*Tabela 1 – Interações entre os diversos usos possíveis do açude e o tipo de abastecimento humano na propriedade.*

Interações entre os diversos usos da água e o abastecimento humano.	Tipo de abastecimento humano		
	Abastecimento humano pelo açude	Abastecimento humano temporariamente pelo açude	Abastecimento humano por outras fontes
Abastecimento animal	Não aconselhado por razões sanitárias		Possível
Cultivo de vazante	Aconselhado, se tecnicamente possível		
Piscicultura	Aconselhado, porém sem adubação		Possível
Criação (patos, marrecas)	Não aconselhado por razões sanitárias		Possível
Irrigação	Totalmente desaconselhada para pequenos açudes	Possível sob condições	Possível
Recreação e lazer	Desaconselhado	Possível com cuidados	Possível

Desta tabela, percebe-se, que, quando o açude é utilizado para o abastecimento humano, sérias limitações aos outros usos são encontradas, que, caso não sejam respeitadas, podem trazer grandes prejuízos à saúde.

Na tabela 2 estão também consignadas as diversas interações positivas ou negativas que podem existir entre os diversos usos da água dos açudes, sendo excluído o uso para o abastecimento humano.

Ambas as tabelas são muito interessantes, pois mostram que um gerenciamento dos usos múltiplos dos pequenos e médios açudes é imprescindível. No entanto, antes de abordar este assunto, dois estudos de cunho tecnológico, relativamente à conservação ou ao uso da água dos açudes merecem a nossa atenção. O primeiro procura responder à seguinte pergunta: é possível reduzir a evaporação dos açudes? O segundo faz algumas considerações a respeito da técnica de cultivos de vazante, já que esta técnica, se bem que ainda relativamente pouco aplicada na região semi-árida do Nordeste, praticamente não apresenta conflitos de uso com os demais usos, segundo a tabela 2.

*Tabela 2 – Interações entre os vários usos da água do açude*

Sobre esta ↓	Incidência dessa atividade →					Recreação e lazer
	Abastecimento animal	Cultivos de vazante	Piscicultura	Criação (Patos e Marecas)	Irrigação	
Abastecimento animal		Pouca – A área cultivada deve ser cercada para evitar ser pisoteada.	Nenhuma	Nenhuma	Gera conflitos se a irrigação for prioritária	Podem gerar conflitos de uso do espaço se não for corretamente planejado
Cultivos de vazante	Nenhuma		Cuidados devem ser tomados sobre a utilização de produtos fitossanitários	Prejudicial se não tiverem área de criação.	Podem rebaixar o nível da água rápido demais.	Podem gerar conflitos de uso do espaço se não for corretamente planejado
Piscicultura	A presença do gado é proveitosa	Nenhuma		Positiva por adubação	Conflitos de quantidade e limitação a montante no uso de agrotóxicos e fertilizantes	Nenhuma
Criação (Patos e Marecas)	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma		Conflitos de quantidade e limitação a montante no uso de agrotóxicos e fertilizantes	Nenhuma
Irrigação	Conflitos se o abastecimento animal for prioritário	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma		Nenhuma
Recreação e lazer	Podem gerar conflitos de uso do espaço se não for corretamente planejado	Podem gerar conflitos de uso do espaço se não for corretamente planejado	Positiva	Positiva	Podem rebaixar o nível de água rápido demais	

### 3.1 – Redução da evaporação de açudes

Na região semi-árida do Nordeste brasileiro, as precipitações concentram-se em poucos meses no ano. Tipicamente, o quadrimestre mais chuvoso concentra de 60 a 70% das precipitações anuais. A cada ano, longos períodos de estiagem ocorrem, durando vários meses consecutivos. A variabilidade dos totais precipitados, quer sejam eles anuais, quadrimestrais ou mensais, é também muito elevada. Souza (1999) em um estudo sobre desertificação considera essa grande variabilidade como um índice forte de vulnerabilidade dos ecossistemas da região. São conhecidos de todo mundo os efeitos perversos e as consequências dramáticas dos longos períodos de seca que castigam essa região. A construção de barragens e açudes para armazenar as águas precipitadas no período chuvoso e torná-las disponíveis na estiagem constitui o modo mais comum de luta contra os efeitos perversos das secas. Molle (1994) cita Ireneu Joffily para mostrar que a construção de açudes na região coincidiu com a colonização das terras do sertão e do interior do Nordeste:

*“Os açudes sempre foram meios empregados pelos sertanejos para neutralizar os efeitos das secas, desde os primeiros tempos da colonização. Com o seu bom senso prático, compreenderam que era esse o único meio de suprir a falta de rios perenes e de lagos ou lagoas permanentes e, aguilhoados pela imperiosa lei da necessidade, iniciaram as represas, trabalho que afinal tornou-se o primeiro e mais necessário em qualquer situação nascente”.*

Na bacia hidrográfica do rio do Peixe, na Paraíba, estudos da SCIENTEC para a SEPLAN-PB (1996) apontam que o volume armazenado nos pequenos e muito pequenos açudes é aproximadamente igual ao volume armazenado nos açudes Lagoa do Arroz e Pilões, os dois maiores açudes da bacia com respectivamente 80,2 e 13 milhões de m<sup>3</sup> de capacidade. O espelho de água que representa o conjunto desses pequenos e muito pequenos açudes nessa bacia soma 1.396.492.308 m<sup>2</sup>, valor este 81 vezes maior do que a soma da área dos espelhos de água dos dois açudes Lagoa do Arroz e Pilões.

Nessa região, como em todo o semi-árido nordestino, a taxa de evaporação é muito elevada, levando esses açudes, principalmente os pequenos, a secar muito rapidamente. Estima-se que, dependendo das condições climáticas locais, da natureza da área circunvizinha ao açude e do tamanho da represa, a lâmina evaporada por ano situa-se no Nordeste brasileiro entre 2.100 e 2.700 mm. Um açude pequeno, com 100.000 m<sup>3</sup> de água armazenados ao final da

estação chuvosa, perde no primeiro mês subsequente a esta, em torno de 15.000 m<sup>3</sup>, e a metade do volume armazenado é perdida em apenas 115 dias, se nenhuma utilização do açude é efetuada (Silans, 1996). O lago de Sobradinho perde por evaporação em torno de 250 m<sup>3</sup>/s (Dias, 1987), o que corresponde a mais de três vezes a vazão prevista no projeto da transposição do rio São Francisco ou ao volume necessário para o abastecimento anual de uma população de 144 milhões de habitantes. Os pequenos açudes, proporcionalmente às suas capacidades de armazenamento, perdem muito mais água por evaporação do que os grandes açudes, devido à relação desfavorável entre volume armazenado e espelho de água. Além do mais, sofrem quando secam por causa do chamado “efeito Oásis”. Moura e Silans (1993) estudaram o aumento da taxa de evaporação dos pequenos açudes à medida que secam, mostrando que esta pode aumentar em torno de 30%.

Tentar reduzir a evaporação destes açudes, pequenos médios e grandes, é então bastante atrativo. Diversos estudos têm sido conduzidos neste sentido no mundo inteiro, principalmente nas décadas de 1960 e 1970. No Brasil, alguns poucos estudos foram feitos principalmente nas décadas de 1970 e 1980. Silans (2002), considerando a importância de que o assunto pode revestir-se, na região semi-árida do Nordeste do Brasil, apresenta o estado da arte sobre as técnicas de redução de evaporação.

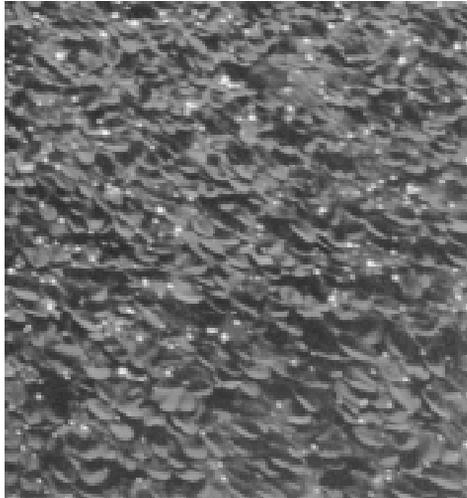
No entanto, é importante salientar que atualmente, pelo menos ao conhecimento do autor, nenhuma tentativa de reduzir a evaporação de açudes está sendo estudada ou implementada. Segundo Bem-Zvi (1998), em uma discussão com o autor deste artigo durante o congresso internacional “Hydrology in a Changing Environment”, ocorrido em Exeter, U.K., em 1998, um estudo de redução da evaporação de um lago de porte médio em Israel, com aplicação de um filme monomolecular de hexadecanol, foi abandonado em 1995 por ser muito complexo e economicamente inviável. Porém Silans e Eid (1988), estudando a possibilidade de redução da evaporação de pequenos açudes com certas plantas aquáticas, apontaram o efeito de sinergia que reduções de evaporação, mesmo com pequena taxa, poderiam apresentar. Estes autores simularam o balanço hídrico do açude Jatobá, na bacia hidrográfica representativa de Sumé-PB, para avaliar a máxima área que um agricultor poderia irrigar, considerando dois cultivos sucessivos por ano, sendo um de feijão e outro de tomates, sem que no período de simulação houvesse diminuição do

rendimento da cultura por falta de água no solo. Encontraram uma área máxima de 1,9 ha. Refazendo estas mesmas simulações e considerando hipotéticas reduções graduais de evaporação (entre 5% e 30%), obtiveram um aumento da área irrigável bastante considerável. No caso das reduções da evaporação de 5% e 30%, respectivamente, a área irrigável passou para os valores de 2,7 e 6,9 ha.

Silans (op. et.), analisando as diversas técnicas existentes e os resultados apresentados, conclui, no que se refere à possibilidade de reduzir a evaporação de pequenos açudes, pelo seguinte:

*No caso de pequenos açudes, as plantas aquáticas parecem ser a solução viável. No entanto mecanismo de controle da sua decomposição e proliferação bem como controle biológico do seu desenvolvimento associando o seu ciclo de vida aos períodos de maior necessidade de redução da evaporação devem ser ainda bem estudados. Os aspectos positivos quanto ao aproveitamento econômico das plantas devem ser realçados.*

Diversos estudos relatados mostram ser a *Salvinia Auriculata* Sp. uma planta bastante indicada para este papel. Reduções da ordem de 15% da evaporação foram observadas. Na figura 8, uma fotografia desta planta, originária da Amazônia e com excelente adaptação às condições do Nordeste, é representada.



*Figura 8 – A Salvinia Auriculata sp. recobrando a superfície de um lago*

### 3.2 – Utilização de água no cultivo de vazante

São chamados de “vazantes” os terrenos na margem dos açudes e das lagoas que são inundados durante a época chuvosa e vão sendo descobertos progressivamente durante a época seca. As culturas desenvolvidas nessas áreas, tanto pelo fato de gerar trabalho quanto pelo fato de produzir alimentos e forragem para o gado na entressafra, isto é, no período seco, pode representar uma atividade econômica importante na região semi-árida.

O funcionamento da cultura de vazante baseia-se no conceito de ascensão capilar. As margens do açude apresentam um lençol freático em continuidade com o espelho de água do açude. O nível deste lençol acompanha o do açude à medida que este vai baixando. A cultura de vazante funciona do seguinte modo: a planta utiliza a água do lençol freático que alimenta a zona radicular da planta por ascensão capilar. Quando o nível baixa e o lençol freático não consegue mais alimentar as raízes, estas extraem a água retida na zona não saturada do solo acima do nível freático. A figura 9, extraída de Antonino e Audry (2001), mostra o funcionamento hidráulico do sistema açude – cultura de vazante.

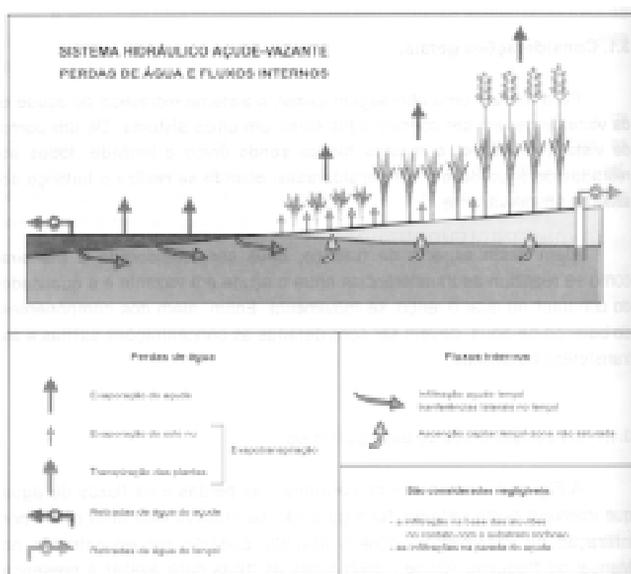


Figura 9 – Representação esquemática do sistema hidráulico açude-cultivo de vazante segundo Antonino e Audry (2001)

A plantação se faz por faixas, à medida que o açude vai secando e é iniciada logo após o término do período chuvoso, quando o açude é ainda bastante cheio.

Os açudes os mais adequados ao cultivo de vazante são aqueles que apresentam as seguintes características:

- Bacia hidráulica extensa, plana, pouco profunda e rapidamente descoberta pelas águas;
- Bacia hidráulica com solos de aluviões bastante profundos;
- Solos de boa estrutura e boa capacidade de retenção da água.

Quanto às culturas adequadas ao cultivo de vazante, estas devem apresentar um crescimento radicular rápido, de maneira a acompanhar o rebaixamento do lençol freático, e devem ser de ciclo curto, de modo a terminar o ciclo antes do açude encher de novo.

Cuidado especial deve ser tomado relativamente ao risco de salinização.

A cultura de vazante apresenta grandes vantagens: permite uma ou duas colheitas na entressafra, isto é, quando o mercado oferece preços mais altos e necessita de uma mão de obra reduzida, pois as áreas descobertas pelo rebaixamento do açude encontram-se livres de ervas daninhas, e normalmente não há necessidade de adubação. Além do mais, o trabalho é repartido no tempo. Os solos de vazante são de boa fertilidade, pois neles se depositam os limos trazidos pelas águas. O consumo de água é limitado e praticamente igual ao desperdício por evapotranspiração que teriam as margens do açude se não fossem cultivadas.

#### 4 - Captação de água de poços

Os poços constituem, junto com a pequena açudagem, a solução mais difundida para o abastecimento de água difuso no semi-árido. Diversos programas governamentais nos níveis Federal, Estadual ou Municipal foram implementados, além de inúmeras ações particulares. Em Pernambuco, a Secretaria de Recursos Hídricos cadastrou mais de 8000 poços. No estado da Paraíba, mais de 6000 poços também foram cadastrados.

Pelo fato de a maior parte da região semi-árida do Nordeste ser constituída por formações cristalinas, a perfuração de poços como solução para o suprimento das diversas necessidades em água está sujeita às seguintes limitações:

- Baixas vazões, na maioria dos casos até 2 m<sup>3</sup>/h;
- Teores de sais muitas vezes elevados.

Num estudo realizado na bacia hidrográfica do Rio Piranhas – Açú em território paraibano, a consultora Aline Marcelino Passerat de Silans realizou para a SCIENTEC (1998) um estudo da distribuição espacial da salinidade dos poços existentes, analisando a sua correlação com as diversas formações geológicas. Este estudo foi encomendado para elaborar diretrizes para programas de perfuração de poços. O mapa de salinidade obtido é representado na figura 10. Observa-se uma concentração nítida de pontos com alto teor de sólidos totais dissolvidos na região do Seridó. No restante da bacia, alguns poços isolados ou conjuntos de poços distribuídos espacialmente em áreas relativamente limitadas apresentam teores de salinidades maior que 1.500 mg/l. Na porção sul da bacia do rio Piancó, concentrações superiores a 1.500 mg/l parecem associadas a rochas filonianas, que são rochas sieníticas ricas em feldspatos e feldspatoídes, por sua vez ricas em Na<sup>+</sup>. Todos os poços com teores de sólidos totais superiores a 6.000 mg/l estão associados à presença de rochas do grupo Seridó. A formação Seridó e a formação Jucurutu, esta com um potencial hídrico médio, contêm abundância de rochas do tipo biotita-xistos nas quais se observam mineralizações secundárias de silimanita, cordierita e granada. Estes minerais ferromagnesianos liberam na água íons como o K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e Mg<sup>++</sup>. Além disso, rochas como os xistos, por sua estrutura em folhelos, oferecem maiores superfícies de contato com a água, facilitando a dissolução dos sais.

Frente a este problema, a partir dos anos de 1990, diversos programas federais e estaduais incentivaram a utilização de dessalinizadores da água na proximidade dos poços.

Os processos de dessalinização podem ser classificados em processos térmicos, que implicam em mudança de fase e processos que utilizam “membranas de filtração”, conforme a tabela 3:

*Tabela 3 – Tipos de dessalinizadores*

Processo	Tipo de dessanilizador
Térmico	Criogênico Simples Efeito (destilação por energia solar) Múltiplo efeito Destilação Instantânea Compressão de vapor
Membranas de filtração	Eletrodiálise Osmose Reversa

A partir de 1970, o processo de osmose reversa, esquematizado na figura 11 teve grande impulso no Nordeste devido ao baixo consumo energético, 1,0 Kwh/m<sup>3</sup> para água salobra e 3,0 Kwh/m<sup>3</sup> para a água do mar (Goldfarb, 2002). Atualmente melhorias significativas foram obtidas em relação ao tempo de vida da membrana e sua capacidade seletiva em relação aos sais. A osmose reversa apresenta também um custo competitivo e excelente desempenho para salinidades de até 15.000 mg/l. A fabricação das membranas está em constante evolução, com quedas de preços, atualmente em torno de US\$ 300,00 no mercado exterior, por membrana de água salobra. Existem atualmente no mercado cerca de 40 fabricantes de membranas de osmose reversa.

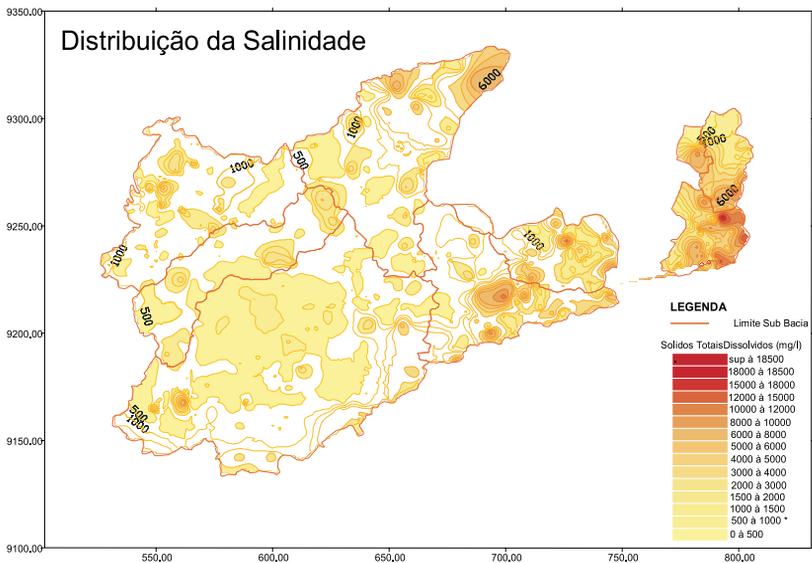
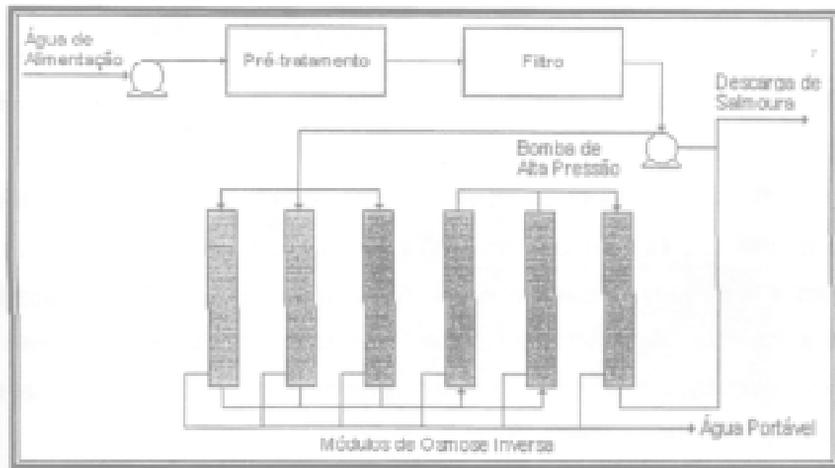


Figura 10 – Mapa de salinidade da bacia do Piranhas – Açu em território Paraíba



*Figura 11 – Representação esquemática de uma planta de Osmose Reversa*

Goldfarb (op. cit.) realizou uma avaliação interessante sobre o uso da água no distrito de Pedra d'Água, no município de Caturité - PB. A aquisição do equipamento de dessalinização se deu a partir de uma doação da Fundação Banco do Brasil, em 1997, no valor de R\$ 4.614,00; a prefeitura municipal arcando com o resto das despesas de instalação. Além de se responsabilizar pela manutenção do equipamento, a prefeitura destinou também um funcionário especialmente para operá-lo e distribuir a água dessalinizada com a comunidade. O conjunto de dessalinização em Pedra d'Água é formado por um poço artesiano, que alimenta o dessalinizador, um abrigo de alvenaria para o equipamento, dois reservatórios de água de 5.000 litros, sendo que um recebe água do poço para alimentar o equipamento de dessalinização e o outro para armazenar água já dessalinizada, e, por fim, um bebedouro de dessedentação de animais, também de uso comunitário, onde o rejeito é despejado. Em Pedra d'Água, cada família recebe diariamente em média duas latas de água dessalinizada, totalizando 36 litros. A água dessalinizada é utilizada como “água de beber”, enquanto a “água do gasto” é retirada de outras fontes, inclusive do reservatório onde é armazenada a água do poço antes de passar pelo processo de dessalinização. Goldfarb (op. cit.), no seu trabalho de mestrado, realizou uma análise da qualidade da água em diversos pontos (figura 12), no trajeto percorrido até a casa do morador.



*Figura 12 – Pontos de coletas de água segundo Goldfarb (2002)*

De forma resumida, as suas análises mostraram o seguinte resultado (citado de Goldfarb, 2002):

- De um modo geral, a instalação do equipamento de dessalinização no povoado de Pedra d'Água trouxe um enorme ganho na qualidade de vida da comunidade, pelo fato de garantir o fornecimento regular de água doce. Entretanto, não foi possível determinar o impacto decorrente desta melhoria na saúde da população estudada.
- A água retirada diretamente do dessalinizador apresentou qualidade satisfatória para o consumo humano, o que comprova sua eficiência tanto em reduzir a salinidade, quanto no tratamento bacteriológico da água. Contudo foram poucos os municípios em que se encontrou água de qualidade segura, isenta de contaminação bacteriológica.

- Embora a qualidade da água seja fundamental no controle das doenças diarreicas, não é o suficiente, sendo mais significativa a garantia da água em quantidade suficiente e de forma contínua, desde que a mesma possua condições mínimas de potabilidade...
- Na comunidade estudada, o rejeito salino não representa risco ambiental, sendo totalmente aproveitado em cocheira pública

### **Recomendações e conclusões**

Foram apresentadas quatro técnicas diferentes de armazenamento ou captação de água, em sistemas singelos, apropriados para o abastecimento difuso da população ou o uso nas suas atividades domésticas e de produtividade agrícola. Em todos os casos, foi mostrado que a tecnologia concernente à construção, ao dimensionamento e ao material a ser utilizado na obra tem progredido bastante sob a impulsão de órgãos de pesquisa como a EMBRAPA e Universidades da região ou de agências de desenvolvimento como a SUDENE.

Paralelamente, constata-se que, sob o impulso de programas de governos municipais e estaduais, com a forte atuação de Organizações Não Governamentais (ONGs), estas tecnologias paulatinamente estão sendo divulgadas junto à comunidade e implantadas, embora o número de pessoas beneficiadas no campo seja ainda muito inferior ao desejado.

No entanto, os resultados que estes empreendimentos trazem às populações em termos de benefícios sócio-econômicos, mostraram-se, como relatados através de exemplos, muito aquém das suas potencialidades.

Em função do que foi mostrado neste texto, algumas recomendações são feitas:

- Não existe uma tecnologia apropriada à região (a solução milagrosa). Cada caso deve fazer o objeto de um estudo específico, de ordem:
  - Tecnológica: Cada sistema ou conjunto de sistema deve ser bem locado, corretamente dimensionado para o uso planejado e construído seguindo normas técnicas adequadas. Neste sentido, estudos destinados à elaboração de manuais das diversas tecnologias adequadas ao abastecimento singelo das comunidades do semi-árido deveriam ser iniciados com a mesma profundidade e abrangência do Manual do Pequeno Açude, editado em conjunto pela SUDENE e ORSTOM (Molle & Cadier, 1992);

- Sócio- econômica: Cada sistema ou conjunto de sistema deve ser escolhido e projetado em função do nível cultural da comunidade atendida, dos seus costumes e anseios e de sua renda atual ou prevista. O papel do governo municipal quanto ao escoamento da produção, o incentivo à geração de empregos indiretos a partir do beneficiamento da produção e a facilidade a financiamentos devem ser avaliados e planejados.
- O uso múltiplo dos recursos hídricos deve ser incentivado. No entanto, os conflitos de uso devem ser muito corretamente avaliados em cada caso e devem ser propostos à comunidade mecanismos de gerenciamento desses usos múltiplos. Isso, quase que inevitavelmente passa pela adoção de vários sistemas de captação/armazenamento separados. A tabela 2, relativa aos diversos usos em pequenos açudes é bastante instrutiva a este respeito. O uso da água do açude para “beber e cozinhar” é um fator limitante ao uso para outras finalidades. Se, para uma mesma família, a água de beber é garantida por outra fonte de água (cisterna, poço), a água do açude potencialmente pode ser melhor aproveitada. O mesmo ocorre com a irrigação. Se houver possibilidade de construir barreiros de múltiplos compartimentos para a irrigação, outras atividades como a piscicultura, a criação de marrecas e patos, cultivos de vazante e as atividades de recreação podem ser empreendidas. Uma avaliação dos benefícios mútuos, caso seja tecnologicamente possível, deve sempre ser feita.
- O controle da qualidade da água, quando a mesma serve para a “água de beber e cozinhar” deve ser previsto em programas comunitários ou municipais, com a participação indispensável dos usuários e a sua sensibilização à proteção ambiental. Os agentes comunitários dos programas de saúde têm um papel importante neste âmbito.
- No momento da implantação do programa e/ou da construção do sistema de captação/armazenamento, mecanismos devem ser encontrados para que a comunidade ou a família se apropria da obra e do seu papel econômico. Por isso, a ação participativa e democrática nos entendimentos políticos para a implantação de um programa de atendimento à população, no projeto do sistema, na construção da obra e na avaliação do seu retorno sócio-econômico é imprescindível. A política de implantação de sistemas de abastecimento singelo no meio rural do

semi-árido não pode ser abordada como um processo de implantação de uma obra de engenharia civil, como a construção de uma rodovia ou de um grande açude público, a qual pode simplesmente ser entregue nas mãos de empreiteiras.

- Recomenda-se também que um banco de dados seja construído, em Sistemas de Informações Geográficas, no qual poderão ser avaliadas as condições técnicas locais para o projeto; os mecanismos financeiros, técnicos, participativos, utilizados para a implantação do sistema; o desempenho técnico e o processo de manutenção e controle da qualidade, assim como acompanhados os resultados sócio-econômicos para a comunidade. Este banco de dados, certamente fácil de estruturar, mas difícil de ser alimentado permanentemente (responsabilidade, controle, vontade política...), será a ferramenta indispensável à implantação de programas eficientes.

## Referências bibliográficas

- AMORIM, M. C. C. & PORTO, E. R., Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: Estudo de caso no município de Petrolina-PE. 3º Simpósio Brasileiro de Água de Chuva no semi-Árido. Campina-Grande – PB, 21 a 23 de Novembro 2001. Anais em CD-Rom, 2001.
- ANTONINO, A. C. D.; AUDRY, P., Utilização de água no cultivo de vazante no semi-árido do Nordeste do Brasil. *UFPE, Ed. Universitária, 91p.*
- Ben-Zvi, A., 1998. Comunicação oral.
- CIRILO, J. A., Relatório de Pesquisa. CNPQ, proc. n° *Cirilo, J.A., Abreu, G.H.F.G., Costa, M.R., Goldemberg, D., Baltar, A.M., Azevedo, L.G.T. & Costa, W.D., 2002.* Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semi-árido Brasileiro: Avaliação de barragens subterrâneas. *Submetido à RBRH – Special issue sobre o semi-árido.*
- CLUFF, C. B., The use of compartmented reservoir in water harvesting agrisystems. In: International arid lands conference on plant resources, *Lubbock – Texas U.S.A. 1979. Proceedings, p. 482-500.*
- GNADLINGER, J., Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro. 3º *Simpósio Brasileiro de Água de Chuva no semi-Árido. Campina-Grande – PB, 21 a 23 de Novembro 2001, Anais em CD-Rom, 2001.*
- GOLDFARB, R.C., Dessalinização e uso da água no semi-árido Nordeste. *Ed. CEFET-PB, 2002. 106p.*
- MOLLE, F.; CADIER, E., Manual do pequeno açude. *Ed. SUDENE/ORSTOM, 1992. 509p.*

MOURA G.; SILANS A. M. B. de, Passerat de, 1993. Contribuição do Modelo Numérico de Evaporação de Açudes Baseado no conceito de Advecção Localizada. *Anais do X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul. Gramado, RS. 7-12 de Novembro 1993.*

PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. L.; LOPES, P. R. C. Captação e Aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do Semi-árido Brasileiro: O que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo. *3º Simpósio Brasileiro de Água de Chuva no semi-Árido. Campina-Grande – PB, 21 a 23 de Novembro 2001. Anais em CD-Rom.*

SILANS, A. M. B. Passerat de.. Redução da evaporação de açudes – O estado da arte. *Submetido à RBRH – Special issue sobre o semi-árido, 2002.*

# A outorga do direito de uso da água em um cenário de incertezas: o caso do Nordeste Semi-Árido

TICIANA STUDART\*

## 1. A outorga e o seu contexto legal

A Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, define no seu artigo 5º seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- Os planos de recursos hídricos;
- O enquadramento dos corpos de água em classes;
- A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- A compensação a municípios;
- Os sistemas de informação de recursos hídricos.

Dentre estes instrumentos, igualmente importantes e fundamentais para uma efetiva política de águas, enfocar-se-á neste texto unicamente a outorga de direito de uso da água.

A outorga é classificada na literatura como um instrumento de comando e controle, no qual uma fração das disponibilidades hídricas é concedida para um dado uso, por um tempo limitado, a determinado usuário. Mais do que um ato meramente administrativo, a outorga é uma indispensável ferramenta de gestão, pois assegura ao gestor o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e, ao usuário, o efetivo acesso à água. Em um país com condições geopolíticas tão distintas como o Brasil, há dificuldade em estabelecer-se normas de amplitude nacional para sua regulamentação, visto que as decisões dependem fortemente do regime dos rios e de seus controles, sendo particular a uma dada região (Campos, 2001).

---

\*Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Professora Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Uma das questões cruciais na concessão da outorga diz respeito ao valor máximo outorgável da fonte hídrica. Dois critérios para essa definição podem ser encontrados na literatura: o da *vazão excedente* e o da *vazão de referência*.

No que se refere à adoção de uma vazão de referência, há preferência por considerá-la, nos rios perenes, como a vazão média mínima de sete dias consecutivos com período de retorno de dez anos, denotada por  $Q(7,10)$ .

Nos estados do Nordeste, a vazão de referência tem sido adotada, normalmente, como uma fração, próxima da unidade, da vazão regularizada com 90% de garantia por reservatórios superficiais. Muitos defendem, ainda, a adoção de uma vazão de referência com um nível maior de garantia – como 100% - vazão esta indevidamente denominada de “vazão segura”.

## 2. A outorga e o contexto hidrológico nordestino

O regime hidrológico dos rios do Semi-Árido Nordeste tem como característica marcante a intermitência interanual, com cerca de 90% do escoamento ocorrendo em apenas quatro meses do ano. Este fato, associado à predominância de solos cristalinos na Região, faz com seus deflúvios naturais sejam extremamente variáveis, com coeficientes de variação da ordem de 0,6 a 1,6 – situados entre os mais elevados do mundo - e que sua disponibilidade hídrica seja extremamente dependente dos estoques de água acumulados em reservatórios superficiais. Sendo assim, a questão da outorga na Região deverá passar, obrigatoriamente, pelo estudo da real capacidade de regularização de seus reservatórios.

A determinação da quantidade máxima outorgável, no entanto, é uma questão delicada, notadamente em regiões semi-áridas, onde as irregularidades nas precipitações, tanto mensais como anuais, são enormes. Caso sejam seguidos critérios técnicos, menores volumes serão adotados como referência; caso o critério seja político, a tendência será a de se aumentar a quantidade de água passível de outorga, o que, logicamente, acarretará decréscimo nos níveis de garantia.

Este grande desafio dos tomadores de decisões seria aparentemente solucionado com a adoção, em lei, de uma vazão de referência ( $Q_r$ ), fosse ela com 80, 90, 95 ou 100% de garantia.

A determinação de  $Q_r$  se dá, usualmente, através da simulação do comportamento do reservatório em estudo, valendo-se unicamente dos dados da

série histórica observada, tida como a melhor estimativa das vazões futuras. Este procedimento, no entanto, ao ignorar o grande componente aleatório existente nas vazões naturais dos rios, equivale a tratar um fenômeno probabilístico como determinístico. Assim sendo, o planejador é induzido a uma falsa sensação de certeza, ao adotar um valor que, embora previsto em lei, pode não ser um estimador confiável das reais disponibilidades do sistema hídrico.

### **3. As incertezas na determinação da vazão de referência**

O objetivo principal da gestão dos recursos hídricos é satisfazer a demanda, considerando as possibilidades e limitações da oferta de água. Embora configurem exceções, existem situações na engenharia de recursos hídricos, as quais podem ser consideradas como não-probabilísticas. Nestes casos, uma vez que as incertezas envolvidas são muito pequenas, a abordagem determinística, relacionando oferta à demanda, é suficiente. Este é o caso, por exemplo, de um reservatório operado por comportas, no qual existe uma relação determinística entre a vazão liberada e o nível de água no reservatório. No caso particular citado, não há qualquer motivação para utilização de técnicas de análise de risco, uma vez que os resultados são perfeitamente previsíveis (Ganoulis, 1994).

Entretanto, quando o sistema hídrico é alimentado por fluxos espacial e temporalmente variáveis, as incertezas presentes na avaliação dos futuros níveis da água resultam em volumes liberados, os quais não mais podem ser considerados determinísticos.

A aleatoriedade do futuro é a maior dificuldade com que processo decisório da outorga se defronta. Tudo o que se conhece é o passado e tudo o que importa é o futuro. Tais incertezas, inerentes ao comportamento aleatório das vazões naturais, não podem ser reduzidas, mas podem, sim, ser estudadas através de metodologias apropriadas, agregando informação valiosa ao planejamento de recursos hídricos.

#### **3.1. O Processo de armazenamento em reservatórios**

Para a determinação da vazão regularizada sob diferentes cenários, o método de Monte Carlo mostra-se o mais apropriado e, diante das incertezas envolvidas, provavelmente o único a permitir a análise de sua variabilidade.

Basicamente, este método admite que os deflúvios naturais afluentes ao reservatório seguem uma determinada lei de distribuição de probabilidade, gera n séries sintéticas de vazões tão prováveis quanto a histórica e executa a operação simulada do reservatório, através da solução da equação do seu balanço hídrico. Esta metodologia, aplicada ao processo de armazenamento de reservatórios, encontra-se detalhadamente descrita em Studart (2000) e Studart e Campos (2001).

A Figura 1 mostra o comportamento da vazão regularizada por um dado reservatório considerando diferentes volumes iniciais assumidos para o reservatório – cheio, metade da capacidade, metade do deflúvio médio afluente e vazio - e diferentes horizontes de simulação (10 a 100 anos).

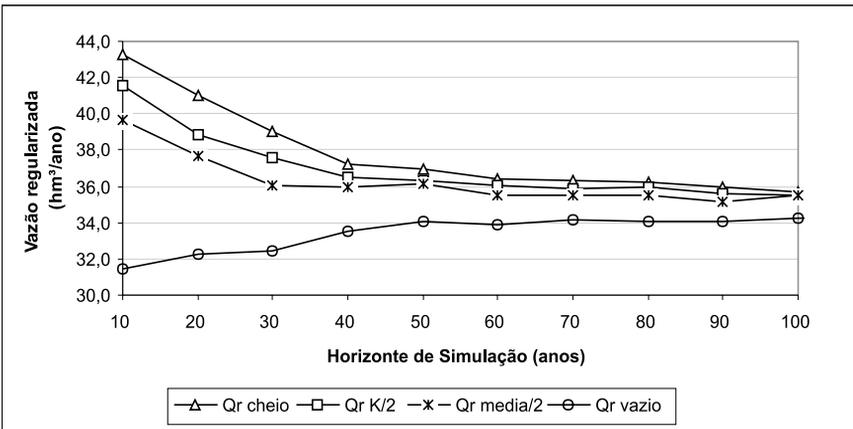


Figura 1 – Comportamento da vazão regularizada em função do horizonte de simulação

Considerando-se os demais parâmetros constantes, observa-se que, embora inicialmente as condições iniciais tenham grande influência nos valores da vazão regularizada – traduzida pela diferença entre os valores de  $Q_r$  para um mesmo valor de  $H$  - com o passar do tempo esta influência vai se tornando cada vez mais tênue e, após um longo período o processo se estabiliza em uma condição de equilíbrio na qual a vazão regularizada independe do volume  $V_0$  assumido inicialmente e do horizonte de simulação ( $H$ ). Pode-se então consi-

derar que o processo de armazenamento passa por dois estados distintos: o estado transiente e o estado de equilíbrio.

O ideal seria, obviamente, trabalhar sempre no estado de equilíbrio. Há que se considerar, no entanto, que a pequena extensão das séries de vazão observadas no país é o principal impicilho. Sendo assim, quando a série histórica é utilizada, o processo de armazenamento é simulado invariavelmente no seu estado transiente, onde as incertezas na determinação da vazão regularizada podem ser, como no caso de regiões semi-áridas, imensas.

#### 4. A variabilidade da vazão de referência: um exemplo numérico

A determinação da vazão de referência para uma dada garantia se dá, usualmente, através da simulação do comportamento do reservatório em estudo, utilizando-se unicamente a série histórica observada, tida como a melhor estimativa das vazões futuras.

Embora a vazão de referência mais usualmente adotada nos estados do Nordeste seja a  $Q_{90}$ , ou seja, a vazão regularizada com 90% de garantia (casos do Ceará e Rio Grande do Norte, por exemplo), em um exercício didático optou-se por verificar um exemplo concreto da adoção da vazão de referência supostamente mais segura – aquela com 100% de garantia ( $Q_{100}$ ).

Para o exemplo ilustrativo foram selecionados quatro reservatórios situados em três estados nordestinos: Ceará (açudes Trussu e Caxitorê), Rio Grande do Norte (açude Umari) e Pernambuco (açude Jucazinho). A Tabela 1 mostra as principais características dos reservatórios estudados.

*Tabela 1 – Localização dos reservatórios estudados e características de suas vazões afluentes.*

Reservatório	Estado	Bacia Hidrográfica	$\mu$ ( $hm^3/ano$ )	$\sigma$ ( $hm^3/ano$ )	$CV_{aff}$	H (anos)
Umari	RN	Apodi/Mossoró	123,99	136,16	1,10	81
Caxitorê	CE	Curu	126,31	151,43	1,20	79
Trussu	CE	Alto Jaguaribe	73,28	94,17	1,29	86
Jucazinho	PE	Capibaribe	172,06	247,72	1,44	33

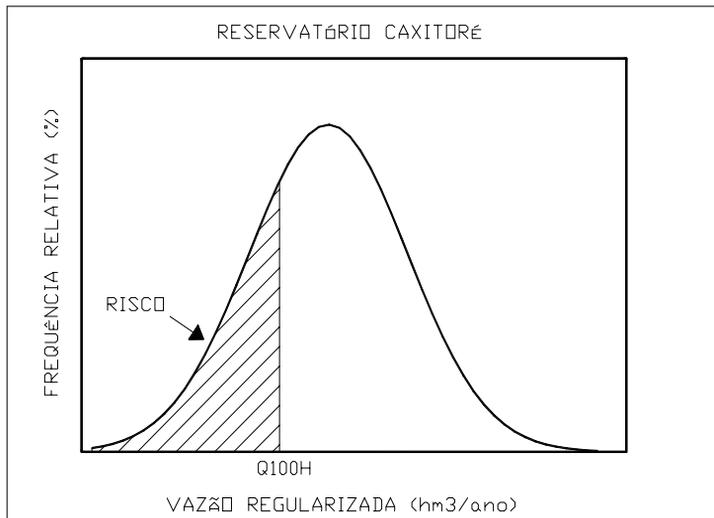
Onde:  $\mu$  = média dos deflúvios anuais afluentes ao reservatório;  $\sigma$  = desvio padrão dos deflúvios anuais afluentes ao reservatório;  $CV_{aff}$  = coeficiente de variação da série dos deflúvios afluentes ao reservatório e H = número de anos da série histórica.

Cada reservatório foi simulado com sua série histórica de vazões afluentes, sendo sua vazão regularizada denominada de  $Q_{100H}$ . Este será o valor a ser adotado como vazão de referência de cada reservatório neste estudo de caso.

#### 4.1. O Risco de não se obter a Vazão de Referência

Utilizando o método de Monte Carlo, simulou-se cada reservatório com 58 séries de vazões afluentes com as mesmas características da série histórica, inclusive extensão em anos. As vazões regularizadas de cada reservatório, resultantes da simulação das 58 séries sintéticas de tamanho H, foram ajustadas a uma Distribuição de Probabilidades Normal, e sua média denominada de  $\bar{Q}_{100}$ .

Neste estudo, o risco de falha é definido como a probabilidade de se obter vazões inferiores à  $Q_{100H}$ , ou seja, aquela obtida com o uso da série histórica e  $G=100\%$ . A Figura 2 ilustra o caso do açude Caxitoré, onde foram simuladas 58 séries de 79 anos. A área hachurada indica o risco de não se obter a vazão  $Q_{100H}$ , ou seja, o risco de não se obter a vazão de referência.



*Figura 2 - Distribuição das vazões regularizadas pelo açude Caxitoré e o risco de não se obter a vazão de referência.*

A Tabela 2 mostra os riscos obtidos para os quatro reservatórios. Observa-se que os mesmos apresentam uma enorme discrepância nos riscos obtidos, os quais variaram de 13% (no caso do Umari) a 88% (no caso do Trussu).

*Tabela 2 – Valores de vazão regularizada historicamente, características das séries de vazões regularizadas sinteticamente com garantia de 100% e risco.*

Reservatório	$Q_{100H}$	$\bar{Q}_{100}$	$CV_{reg}$	Risco
Umari	33,5	45,62	0,23	0,13
Caxitoré	29,1	34,91	0,23	0,23
Trussu	36,6	29,65	0,20	0,88
Jucazinho	77,4	64,14	0,28	0,77

Onde:  $CV_{reg}$  = coeficiente de variação das séries de vazões regularizadas com uso das séries sintéticas

Observa-se que as séries sintéticas apresentaram valores individuais de  $Q_{100}$  variados entre si (traduzido pelo  $CV_{reg}$ ), cuja ordem de grandeza (0,20 a 0,28) é a mesma de chuvas da região Sudeste do país.

Os riscos de não se obter a vazão de referência mais baixos ocorreram nos açudes Umari e Caxitoré, provavelmente devido às suas séries históricas retratarem anos de baixa pluviosidade. Por outro lado, os açudes Trussu e Jucazinho apresentaram riscos de falha muito altos (em torno de 90%), possivelmente pela razão inversa - séries históricas compostas por anos com alta pluviosidade. Tais fatos – ocorrências de altos riscos em alguns casos e baixos em outros - demonstra a fragilidade de se trabalhar unicamente com séries históricas em regiões semi-áridas.

## 5. Conclusões

As incertezas inerentes ao comportamento aleatório das vazões naturais consistem em uma das maiores dificuldades com que o processo de outorga do uso da água se defronta em climas semi-áridos. Tais incertezas não podem ser reduzidas, mas podem ser estudadas através de metodologias apropriadas, agregando informação valiosa ao planejamento de recursos hídricos.

Entendendo que o estudo das incertezas é etapa fundamental para o gerenciamento dos riscos no processo de outorga, o presente trabalho analisa,

fazendo uso de ferramentas da hidrologia estocástica, a variabilidade nas estimativas da vazão regularizada por um reservatório isolado (aqui denominada de vazão de referência).

É mostrado ainda que a vazão obtida por simulação da série histórica, com 100% de garantia, usualmente denominada de vazão segura, não é tão segura como o nome sugere. E que, devido à variabilidade dos deflúvios naturais em regiões semi-áridas, a utilização de séries históricas podem superestimar ou subestimar as reais disponibilidades hídricas de um reservatório.

*“O nosso conhecimento do funcionamento das coisas, na sociedade ou na natureza, vem a reboque de nuvens de imprecisões. Grandes males têm se seguido a uma crença de certeza”.*

Arrow (1992)

## 6. Referências Bibliográficas

ARROW, K. J. (1992). I Know a Hawk from a Handsaw. In: M. Szenberg (Ed.), *Eminent Economists: Their Life and Philosophies*. Cambridge University Press, Cambridge.

CAMPOS, J.N.B (2001). Política de Águas. In: Studart, T.M.C e Campos, J.N.B. (Org.). *Gestão das Águas: Princípios e Práticas*. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

GANOULIS, J.G. (1994). *Engineering Risk Analysis of Water Pollution*. VCH Publishers Inc., New York, NY.

STUDART, T.M.C (2000). *Análise das Incertezas na Determinação de Vazões Regularizadas em Climas Semi-Áridos*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará.

STUDART, T. M. C e CAMPOS, J. N. B. (2001). Incertezas nas Estimativas da Vazão Regularizada por um Reservatório. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 81-94, 2001.

BRANCA