

# ESTRATÉGIAS DE INTEGRAÇÃO MULTI-INSTITUCIONAL DA GESTÃO DE AQUÍFEROS NO SEMI-ÁRIDO: DA INTERVENÇÃO A SUSTENTABILIDADE

Fernando Lamego Simões Fo<sup>1</sup>; Horst Monken Fernandes<sup>1</sup>; Francisco Mariano Lima<sup>2</sup>;  
Sergio Fontes<sup>3</sup>; Jean-Marie Flexor<sup>3</sup> & Flávia M. F.Nascimento<sup>2</sup>

**Resumo** – O problema da escassez de água no mundo já foi bem diagnosticado, configurando-se como um dos grandes desafios para o século XXI. A literatura científica e os documentos e relatórios oficiais nacionais, como os da ANA, e internacionais, como os da UNESCO, apontam com riqueza de detalhes as carências e orientações gerais. No Brasil possui um caráter multifacetado que envolve vários setores da sociedade há décadas, e reveste-se de características dramáticas em algumas regiões do país, como é o caso do semi-árido nordestino. Este trabalho discute as estratégias de integração de competências para atender a demandas existentes na região do semi-árido, onde atuam instituições de várias áreas, visando o estabelecimento de parcerias que contribuam para melhorar a convivência com a seca. O objetivo geral é desenvolver arranjos multi-institucionais técnico-científicos como ferramenta para a gestão dos aquíferos, visando promover o uso sustentável da água subterrânea no semi-árido e possibilitar a implantação e/ou adequação de tecnologias para sistemas de produção familiar em áreas piloto. Espera-se também que a validação deste modelo conceitual de integração multi-institucional resulte futuramente em uma alternativa aplicável a outras áreas, respeitados seus condicionantes geo-sócio-econômicas.

**Abstract** – The world water lack problem has been already diagnosed and is acknowledged as one of the greatest challenges for this century. The scientific literature, documents and either nationals or internationals official reports like the Brazilian Water Agency (ANA) and UNESCO point out the main shortages and general management practices. Also in Brazil, it's a multi-facet problem that envelops several social agents for many decades and has tragic consequences in some regions of the country, like is the case of the northeastern semi-arid region. This paper presents the strategies for

---

<sup>1</sup> IRD/CNEN/MCT: Av. Salvador Allende, s/n -Recreio, Rio de Janeiro, tel: (21) 3411-8092, fax:2442-2699, e-mail: [flamego@ird.gov.br](mailto:flamego@ird.gov.br)

<sup>2</sup> CETEM/MCT: Av. Ipê, 900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. tel: (21) 3865-7265, fax: 2290-9196, e-mail: [flima@cetem.gov.br](mailto:flima@cetem.gov.br)

<sup>3</sup> ON/MCT: R. Gal. José Cristino, 77, São Cristóvão, Rio de Janeiro. tel: (21) 3878-9143, fax: 2580-7081, e-mail: [sergio@on.br](mailto:sergio@on.br)

expertise integration to attend demands for the establishment of partnerships that include several institutions, with different experiences in the region, to improve the acquaintance with dry climate in Brazilian semi-arid. The general objective was developing a conceptual model of technical multi-institutional arrangements as tools for aquifer management, promoting sustainable use of groundwater in the semi-arid region. This process must be turned in more productive agricultural systems with the introduction of new technology that respect the family arrangement of the production units. It is also expected that validation of this conceptual model allows an applicable alternative to other areas in the future, respected of course all the geo-socio-economical constraints of each site.

**Palavras-Chave** – gestão; semi-árido; sustentabilidade.

## **INTRODUÇÃO**

Apesar do grande contingente mundial sem acesso a água tratada (cerca de 1 bilhão de pessoas), o homem ampliou consideravelmente a diversidade de usos da mesma. Hoje, segundo dados da UNESCO, uma criança de um país periférico consome entre 3 e 5 vezes menos água do que as crianças do mundo desenvolvido. O quadro tornou-se complexo com o aparecimento de demandas conflitantes, devido a pressões da sociedade para o atendimento de múltiplos propósitos. Nesta situação surgiu a necessidade de harmonização dos diversos usos e sistemas, seja pela regulamentação ou pela expansão da oferta, em uma base de gerenciamento integrado para adequar a disponibilidade hídrica com as várias demandas [1].

Por outro lado, tal harmonização nem sempre é possível de ser alcançada em contextos nos quais problemas persistentes há vários séculos continuam vitimando contingentes significativos da população mais pobre, como por exemplo no aumento de casos de doenças de veiculação hídrica, do número de excluídos do processo produtivo, da mortalidade infantil nos bolsões de miséria, entre outros. Nestes casos, são justificadas determinadas intervenções de domínio público com priorização de políticas públicas que privilegiem um determinado coletivo de pessoas historicamente não assistidas pelo estado, mesmo que em prejuízo de interesses individuais ou setoriais, que se traduzem em ações corretivas de natureza moral, baseadas no princípio da bioética de intervenção [2].

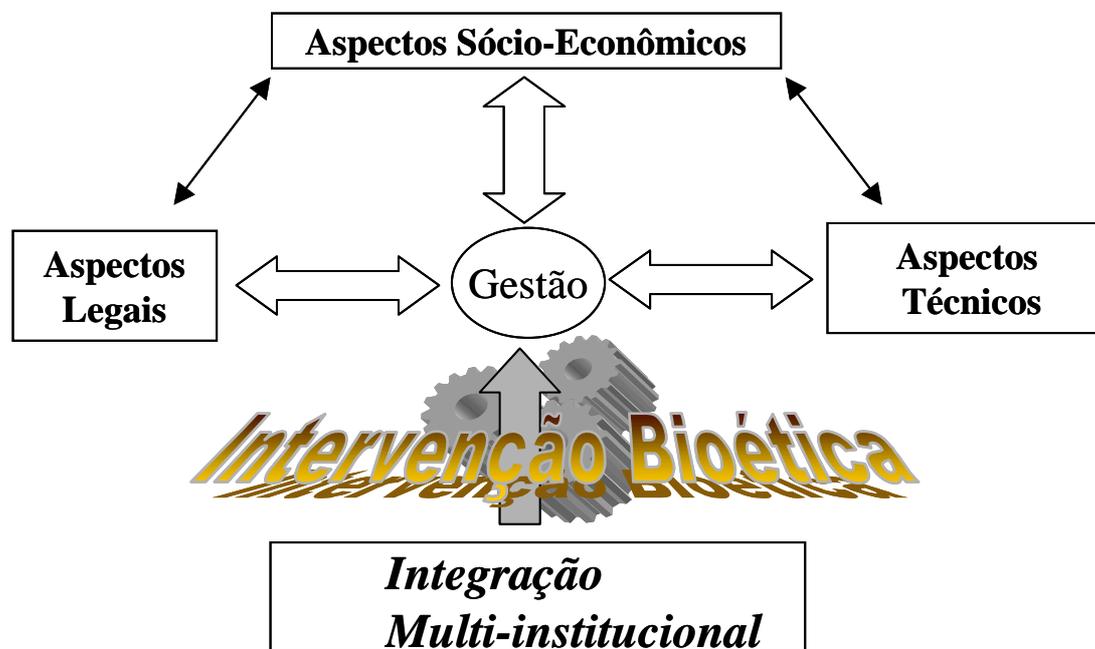
No semi-árido nordestino localizam-se as mais extensas áreas com baixo índice de desenvolvimento humano do País, onde um indivíduo pobre vive em média 15 anos a menos que outro brasileiro de mesma classe social nascido na região sul [2]. Estas áreas têm geralmente como carência principal um acentuado déficit hídrico e uma forte dependência de poços e cacimbas para o

aproveitamento das águas subterrâneas do cristalino e das chuvas, respectivamente. Assim, a água no Nordeste é de importância estratégica e representa um fator vital para o seu desenvolvimento. Como a ocorrência de água subterrânea depende das características geológicas e das condições climáticas, bastante variáveis no Nordeste, a sua distribuição espacial nessa região se faz de maneira extremamente heterogênea. Assim, o problema social a ser enfrentado correlaciona-se com a escassez de oferta de água e com a ausência de planejamento adequado para o aproveitamento dos aquíferos.

Sabe-se também que não basta simplesmente ofertar água para garantir a sustentabilidade das comunidades e, por isso, a pura e simples abertura de poços não é suficiente. Por isso, entende-se que informações precisas sobre as características hidrogeológicas, avaliação da qualidade da água, eventual tratamento (e.g. dessalinização da água subterrânea), manejo dos resíduos gerados no tratamento, uso racional (alcançado através de um processo de educação ambiental) e incentivo a atividades econômicas com tecnologias poupadoras de água e saneamento ambiental (abastecimento e esgotamento) são fundamentais na efetividade da solução do problema. Para isso, além da melhoria de seu bem estar, o processo de gestão tem que ser capaz de estimular/desenvolver alguma atividade econômica. A gestão dos aquíferos pode, então, proporcionar a utilização racional das águas subterrâneas no sentido da regularização da oferta em períodos de excedentes hídricos, evitando assim a sua sobre-exploração e o conseqüente esgotamento do manancial subterrâneo. De forma sintética, a utilização das águas subterrâneas pode ser considerada a de melhor impacto sócio-ambiental, entre as fontes permanentes de água do semi-árido, pois podem ser captadas onde se fazem necessárias, estão naturalmente protegidas da evaporação e, via de regra, seu uso não provoca a degradação da bacia. Para tanto, todavia, os poços deverão ser locados, construídos e operados com um padrão aceitável de qualidade e eficiência técnica, considerando as normas já existentes.

O conceito metodológico desenvolvido se fundamenta na criação de uma rede temática para o semi-árido, através de uma abordagem integrada e multidisciplinar, aliando estudos quantitativos e qualitativos da água subterrânea através da aplicação de modernas técnicas, empregadas para a gestão dos recursos hídricos. No entanto, para que essa integração se traduza efetivamente em uma ferramenta utilizável para a gestão, devem ser obrigatoriamente considerados os aspectos sócio-econômicos, técnicos-ambientais e legais-regulatórios pertinentes, que dizem respeito aos indicadores de sustentabilidade do sistema de gestão adotado. A figura 1 mostra o modelo conceitual de articulação interinstitucional, na qual os três aspectos mencionados intercambiam informações entre si e diretamente com a gestão, cujo funcionamento pode ser, por sua vez, operacionalizado pelo arranjo integrado de instituições componentes da rede. As instituições tecnológicas produzem e/ou aplicam, em conjunto ou isoladamente, tecnologias que permitem o acesso a produtos e processos com impacto direto sobre a gestão da água (e.g. potencial hidrogeológico, taxa de recarga, padrão de qualidade da

água, etc.). No entanto, para que o modelo proposto tenha êxito, é necessário que o arranjo institucional esteja comprometido de forma pragmática com uma visão bioética da intervenção sobre a realidade marcada pelas desigualdades e na busca de equidade entre os segmentos sociais. Este trabalho apresenta, a seguir, uma discussão sobre o modelo de gestão proposto a partir da análise de cada um de seus componentes, assim como da sua estrutura de funcionamento.



**Figura 1-** Modelo de articulação inter-institucional para a gestão de recursos hídricos no semi-árido.

## DOS ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

O estágio de apropriação da água no Brasil atingiu um nível tal que conflitos de uso são fartamente detectados nas regiões mais carentes, especialmente no semi-árido. Além disso, em conjunto com esses conflitos podem ser verificados incrementos nas demandas destas regiões, devido ao aumento do consumo de bens, caracterizado pela má distribuição da renda, e ao crescimento populacional irregular, que agravam o problema de abastecimento na estiagem

A maior vantagem dos sistemas de uso múltiplo integrado reside na economia de escala alcançada com a diluição dos custos do projeto, que independe do número de usuários, devido à escala do empreendimento [3]. Os tipos de conflitos mais comuns dizem respeito à disponibilidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos. Um exemplo do primeiro tipo ocorre com frequência em regiões de exploração mineral, industriais e/ou urbanas, onde a degradação dos mananciais disponíveis pode estabelecer conflitos com aqueles usuários que demandam condições qualitativas melhores. O segundo tipo se deve ao uso intensivo da água por um setor, com o decorrente esgotamento dos recursos hídricos

e incapacitando o suprimento das necessidades de outros usuários. Um exemplo do segundo tipo é a sobre-exploração de águas subterrâneas para atividades de processamento industrial, impossibilitando seu uso para irrigação. Assim, o conflito de interesses entre os usos múltiplos da água deve ser encarado como um problema de gerenciamento estratégico.

Assim, para se resolver à equação que envolve a escassez de água e as baixas condições de qualidade de vida da população do semi-árido é fundamental criar possibilidades de um desenvolvimento de atividades econômicas pela população de forma socialmente sustentável. Talvez por isso haja a crença de que o desenvolvimento de atividades industriais (atração de pólos industriais) que se fixem numa dada região pobre torna-se *per si* um elemento indutor do desenvolvimento socioeconômico de uma dada região. Isto é parcialmente verdadeiro, quando se leva em conta a geração de impostos e de empregos. No entanto, quando se trata de regiões de baixos índices de desenvolvimento humano, a maior parte dos empregos qualificados é destinada a pessoas de fora da região, sobrando apenas os postos de trabalho de baixa remuneração para a população local. Quanto aos impostos gerados, administrações, não muito competentes, muitas vezes impedem que os valores recolhidos sejam aplicados de forma correta. Pode-se observar situações recorrentes em os impostos arrecadados através das atividades econômicas instaladas não se revertem para ações sociais baseadas nas aspirações da comunidade local, mas são pulverizados em projetos de interesse de segmentos do setor privado, que carecem de sustentabilidade e geralmente são abandonados após algum tempo. Este cenário, se considerado em conjunto com as freqüentes denúncias não apuradas de sonegação fiscal e de corrupção envolvendo prefeituras de pequenos municípios do interior do país, torna o financiamento municipal extremamente deficiente para a promoção do desenvolvimento local.

É claro que o desenvolvimento de uma dada comunidade implica na sua capacidade de organização e, desta forma, atuar no sentido da reivindicação dos seus direitos frente aos poderes públicos constituídos. Ora, se isto já é difícil de se observar nas grandes metrópoles do mundo sub-desenvolvido, o que dizer de regiões onde a maioria da população vive em condições absolutamente adversas que as tornam extremamente vulneráveis. Estas pessoas têm dificuldade até mesmo em assimilar o significado do que representa a palavra cidadania, base do processo de organização em qualquer sociedade e, por isso, devem ser protegidas através de ações concretas.

Voltando a questão da oferta de água, sua escassez está no cerne da diminuição da produção (produtividade) e com isso do agravamento das condições sociais de grande parcela da população que vive no semi-árido. Por essas razões, a estratégia adotada para um desenvolvimento sócio-econômico sustentável deve ser voltada para o gerenciamento da oferta de água visando o desenvolvimento econômico das potencialidades de cada região, notadamente as de natureza agrosilvopastoril, respeitando-se a estrutura familiar como base da unidade de produção. Assim, o

desenvolvimento da agricultura familiar deve começar pelo conhecimento das necessidades e da percepção dos produtores, sendo que as tecnologias empregadas devem ser de fácil disseminação na comunidade e dar ênfase aos recursos locais e nativos [4].

## **DOS ASPECTOS TÉCNICO-AMBIENTAIS**

Por diferentes razões de natureza hidrogeoquímica, muitos dos poços perfurados apresentam qualidade de água insatisfatória para o consumo humano e, até mesmo para uso na agricultura. Por outro lado, a abertura indiscriminada de poços, sem que se conheça a potencialidade do aquífero a qual o poço se correlaciona, pode causar interrupções na oferta [5]. O resultado disto é a criação de conflitos de uso, especialmente quando a questão da distribuição não é equacionada de forma satisfatória. Outro problema freqüente ocorre quando a água não é de boa qualidade (e.g. tem altos teores de sais dissolvidos) o que implica, muitas vezes, na necessidade de se empreender algum tipo de tratamento. A dessalinização é bastante usada. No entanto, tal tecnologia requer pessoas qualificadas para operar os equipamentos, além de manutenção constante. Pode-se dizer ainda que os custos são significativamente altos para serem absorvidos pelos poderes públicos e/ou comunidades locais. Passamos a relatar dois casos ocorridos em comunidades baianas, os quais foram observados durante viagens de campo, como exemplos destes conflitos de uso:

1) Um poço perfurado por uma empresa de mineração teve a água ofertada a uma comunidade. Todavia estas águas, em condições naturais, não são satisfatórias para o consumo humano. Assim, outro poço mais distante foi perfurado por um órgão estadual e a água canalizada até a comunidade em tela. Daí em diante, a distribuição canalizada, passou a ser de responsabilidade da prefeitura que, segundo as entrevistas colhidas, fez uma distribuição apenas parcial da sub-adutora até as moradias dos habitantes, deixando contingentes da comunidade sem água de boa qualidade e dependente do antigo poço. Aqueles que tiveram água canalizada, passaram também a utilizar a água do antigo poço para fins menos nobres, como por exemplo para a lavagem de carros. Obviamente, isso criou uma tensão entre os moradores da comunidade. Vê-se, claramente, que há a necessidade de um processo de educação/conscientização aliado ao da distribuição de água.

2) Uma unidade dessalinizadora, localizada junto a um poço de águas salinas, não se encontrava em funcionamento, pois uma das células de osmose reversa não estava funcionando. Este fato resultava em que a água que saía do sistema tinha qualidade similar a que entrava. Além disso, foi observado que o morador responsável pela operação do sistema recebeu um treinamento não eficaz e, portanto, não era qualificado a fazê-lo, pois tinha somente uma vaga noção sobre o funcionamento da unidade. Assim, a comunidade, apesar de possuir uma unidade de dessalinização,

dependia de carros pipa para garantir o abastecimento. Um outro elemento considerado foi o índice de eficiência do processo, que alcançava no máximo 50%, cuja água residual tem sido descartada de forma inadequada, podendo provocar impactos ambientais (e.g. salinização dos solos). Finalmente, os custos de instalação e de manutenção são relativamente elevados. Para cada unidade de osmose reversa, são necessárias três células. No caso da unidade mencionada, nove células ao todo são necessárias. Ao preço unitário de R\$ 1.500,00, um total de R\$ 13.500,00 precisa ser investido apenas nesse item. Dependendo da qualidade da água (conteúdo de sais), a troca destas células deverá ser feita com maior ou menor frequência. Para agravar a situação, há a questão do suprimento de energia elétrica. Em alguns lugares, não há eletrificação disponível e o uso de células foto-voltaicas (energia solar) ou geradores se faz necessário. Há então um aumento do custo do processo e a necessidade adicional de manutenção, que se associa ainda ao bombeamento da água do sub-solo. Assim, a operação de unidades comerciais de dessalinização tem um custo elevado que muitas vezes torna inacessível a manutenção destes sistemas em comunidades de baixíssimo poder de geração de renda.

Para gerenciar esses conflitos torna-se necessário, além do zoneamento e salvaguarda das áreas de recarga vulneráveis a poluição e a avaliação das taxas com que os aquíferos são reabastecidos naturalmente, o estabelecimento de redes locais de monitoração adequadas para o controle da qualidade das águas subterrâneas (tratadas e residuais) além dos efluentes industriais. Estas análises podem eventualmente ser incorporadas ao programa de monitoração ambiental de indústrias locais (e.g. empresas de mineração), estimulando assim a atuação do setor produtivo de acordo com os princípios da responsabilidade social.

Desta forma, como pôde ser demonstrado, somente com uma gestão integral de todo o processo pode-se pensar numa solução adequada e sustentável para o problema da escassez de água em regiões do semi-árido nordestino. Para isto, é necessária uma ampla participação das comunidades envolvidas, incluindo o treinamento e a conscientização das mesmas através de programas de educação ambiental.

## **DOS ASPECTOS LEGAIS-REGULATÓRIOS**

A regulação do uso das águas subterrâneas teve na Constituição de 1988 um marco importante para o estabelecimento da atual legislação brasileira de recursos hídricos, no que tange ao gerenciamento dos aquíferos. Nesse sentido, a Carta Magna estabelece que as águas subterrâneas são de domínio dos Estados, com exceção dos aquíferos trans-fronteiriços cuja administração é de competência do Governo Federal. Outra distinção clara feita na constituição diz respeito à

separação entre as águas subterrâneas e os recursos minerais do sub-solo, os quais são de competência exclusiva da União.

Somente cerca de uma década depois, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos e criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, através da Lei 9.433 (1997). A chamada lei das águas tem caráter descentralizado, amplamente baseado na legislação francesa, que determina a bacia hidrográfica como unidade de aplicação da política de recursos hídricos e estabelece também os principais instrumentos numerários de gestão: Planos de recursos hídricos; Enquadramento em classes de uso; Outorga de uso e lançamento; Compensação a municípios; Sistemas de informações. Além disso, a política nacional de recursos hídricos procura adotar um caráter mais abrangente que o antigo código de águas, quando integra as águas subterrâneas nos planos de recursos hídricos que devem ser constituídos por diagnósticos e prognósticos, estratégias, metas, programas e projetos, contemplando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Resolução CNRH No. 17 – 2001).

No entanto, algumas questões envolvendo as águas subterrâneas, advindas da implantação da lei 9.433 ainda precisarão ser resolvidas. A principal delas diz respeito justamente a mais significativa mudança estabelecida pela nova legislação, que é a definição da bacia como unidade de gestão. Existe um reconhecimento do próprio Conselho Nacional de Recursos Hídricos de que os limites de um aquífero não necessariamente coincidem com os de Bacias Hidrográficas (Resolução CNRH No. 15 – 2001). Nestes casos, a definição da área de atuação de um determinado projeto deverá ser eminentemente focada nos recursos hídricos superficiais (bacia) ou subterrâneos (aquífero), o que prejudica a gestão integrada, porém deve estar de acordo com as especificidades da área. Em grande parte do semi-árido não há açudes com capacidade para o abastecimento humano, assim como muitos rios e córregos também não são perenes, permanecendo secos boa parte do ano. Assim, os recursos hídricos superficiais têm importância secundária para o aproveitamento da água em extensas faixas de terra, compreendendo sobretudo as áreas do cristalino e das bordas de bacia.

Assim, conforme a constituição o uso de águas subterrâneas com múltiplos usos (consumo, agrícola e industrial) é de responsabilidade dos estados. Por outro lado, tanto as companhias de água e saneamento estaduais responsáveis pelo tratamento, oferta de água e saneamento básico, como os órgãos ambientais encarregados da fiscalização do uso desta água têm capacidade financeira e gerencial insuficiente para agirem de forma abrangente. Infelizmente, a atuação do poder público nesta matéria, tanto na esfera municipal como na estadual, tem sido via de regra pontual. Isto resulta do fato de não existirem planos estaduais de gestão de recursos hídricos subterrâneos construídos com informações, metas e limites bem definidos. No semi-árido de maneira particular, esta falta de articulação do poder público leva a geração de conflitos que vão

desde a distribuição desigual de água para uma mesma comunidade até a paralisação do abastecimento por falta de continuidade nos investimentos em infra-estrutura e recursos humanos.

O pouco que se tem hoje em termos de iniciativas públicas funciona de forma improvisada, o que produz situações que muitas vezes tornam-se caóticas, como o desperdício de água em poços tubulares perfurados sem qualquer planejamento, contaminação de aquíferos através da degradação de áreas de recarga e disposição de rejeitos salinos inadequadamente, poluindo o meio ambiente.

## DA INTERVENÇÃO BIOÉTICA

Existem vários aspectos morais e éticos envolvidos na disponibilização dos escassos recursos hídricos em regiões com baixo índice de desenvolvimento humano. A simples oferta de água sem a consideração desses aspectos geralmente conduz a geração de desigualdades entre iguais e a distribuição não equitativa dos recursos entre elementos de diferentes condições sociais. Isto freqüentemente se traduz em inúmeros conflitos pelo uso da água, devido às diversas noções de moralidade próprias de cada segmento de uma determinada sociedade. O conceito de equidade aqui empregado tem o sentido de valorar desigualmente aos desiguais, i.e. aqueles indivíduos e populações mais vulneráveis ao dano ambiental, social, econômico, humano, etc [6].

O quadro do pensamento ético atual buscou sintetizar as principais questões morais envolvendo seres humanos em princípios básicos que representassem a intersecção destas mesmas questões, formando uma visão ética denominada de principialista [7]. Estes princípios são largamente oriundos do contexto da medicina e das ações do médico no tratamento e pesquisa de doenças [8]. No entanto, são aplicáveis a diversos outros campos do saber que envolvam ou tenham algum impacto sobre seres humanos. São quatro os fundamentos da ética principialista:

- 1) Respeito à autonomia (decisão livre e esclarecida dos seres humanos)
- 2) Não maleficência (evitar riscos presumidos)
- 3) Beneficência (buscar boa relação de custo-efetividade)
- 4) Justiça (referência na declaração universal dos direitos humanos e outras específicas)

Os princípios 2 e 3 podem ser fundidos em um único, base conceitual das avaliações de risco, que consiste na ponderação dos riscos e benefícios de uma determinada prática. Por outro lado, a lógica principialista muitas vezes é de difícil utilização nas situações concretas de conflito, pois é um guia muito genérico que não se aplica facilmente em situações específicas as quais exigem um direcionamento através de protocolos e/ou arranjos gerenciais *ad hoc* que possam fornecer subsídios concretos para tomada de decisão [9]. Assim, nas situações que dizem respeito ao tema tratado nesse artigo é necessário adotar-se um referencial ético que permita intervir diretamente na realidade da região semi-árida. O caminho parece ter sido recentemente indicado pelo Núcleo de

Pesquisas em Bioética da Universidade de Brasília [2], que propôs uma ética denominada de dura ou de intervenção, que defenda de forma pragmática os interesses e direitos históricos das populações econômica e socialmente excluídas do processo desenvolvimentista mundial. Igualmente, propõe reinaugurar um utilitarismo orientado à busca de equidade entre os segmentos da sociedade. Esta nova forma de pensar o contexto social busca fundamentalmente combater a crescente despolitização dos conflitos morais, adotando práticas intervencionistas diretas para instrumentalizar a melhoria da qualidade de vida em países que ocupam a periferia da economia global, como o Brasil.

Os casos relatados acima sobre os conflitos no uso da água subterrânea no semi-árido podem servir como exemplo para considerações sobre a natureza moral e ética de questões envolvendo a distribuição de recursos em comunidades sócio-economicamente vulneráveis. A oferta gratuita de águas de qualidade inadequada por parte de um segmento da iniciativa privada deve ser analisada sob quais pontos de vista ? Algumas considerações precisam ser feitas. Até pouco tempo atrás a referida comunidade só dispunha desta fonte de água para seu abastecimento. Outro poço localizado próximo foi fechado devido às águas apresentarem teores elevados de elementos radioativos naturais. A empresa de mineração que perfurou os poços, o fez com intenção de melhorar a qualidade de vida da população local, mas não avaliou a possibilidade de que pelo fato da comunidade estar localizada próxima a anomalias radioativas (urânio), houvesse um enriquecimento natural em radionuclídeos dessas águas. Por outro lado, a distribuição de água de poços localizados a dezenas de quilômetros, mesmo que de boa qualidade, causou um conflito gerado pela distribuição parcial da mesma, a qual é feita com verba municipal que geralmente é pequena e, não raramente, mal empregada. O funcionário da prefeitura responsável pelo bombeamento do poço antigo também é morador da comunidade e não tem qualquer autoridade conferida pela prefeitura para limitar e/ou restringir determinados usos.

Fica claro que o conflito advém das diversas moralidades envolvidas e que a adoção de princípios gerais é de pouca valia para o gerenciamento do mesmo. Por outro lado, intervenções diretas só poderiam ser tomadas através de estudos de base sobre o aquífero que forneçam as informações necessárias para que o processo de gestão tenha uma base científica sólida. A intervenção a ser adotada deve incluir duas abordagens que, apesar de aparentemente antagônicas, se empregadas em conjunto produzem soluções de natureza sustentável para os conflitos. São elas:

- ✓ Risco – Avaliação baseada no conhecimento científico para descrição do sistema e predição de efeitos, cuja premissa é de que a exatidão numérica aumenta progressivamente através da redução das incertezas.

- ✓ Precaução – Desenvolve medidas preventivas baseadas no conhecimento científico, reconhecendo incertezas e limitações inerentes aos métodos, com maior margem de erro e evitando, assim, o uso de premissas.

Assim, as intervenções devem ser planejadas para responder de forma clara e pragmática as seguintes questões éticas:

- Quem está sendo afetado e qual a distribuição dos riscos e benefícios ?
- Que benefícios e danos são advindos da exposição ?
- Quem está envolvido no processo de tomada de decisão ?
- Quais são as alternativas de ação disponíveis ?

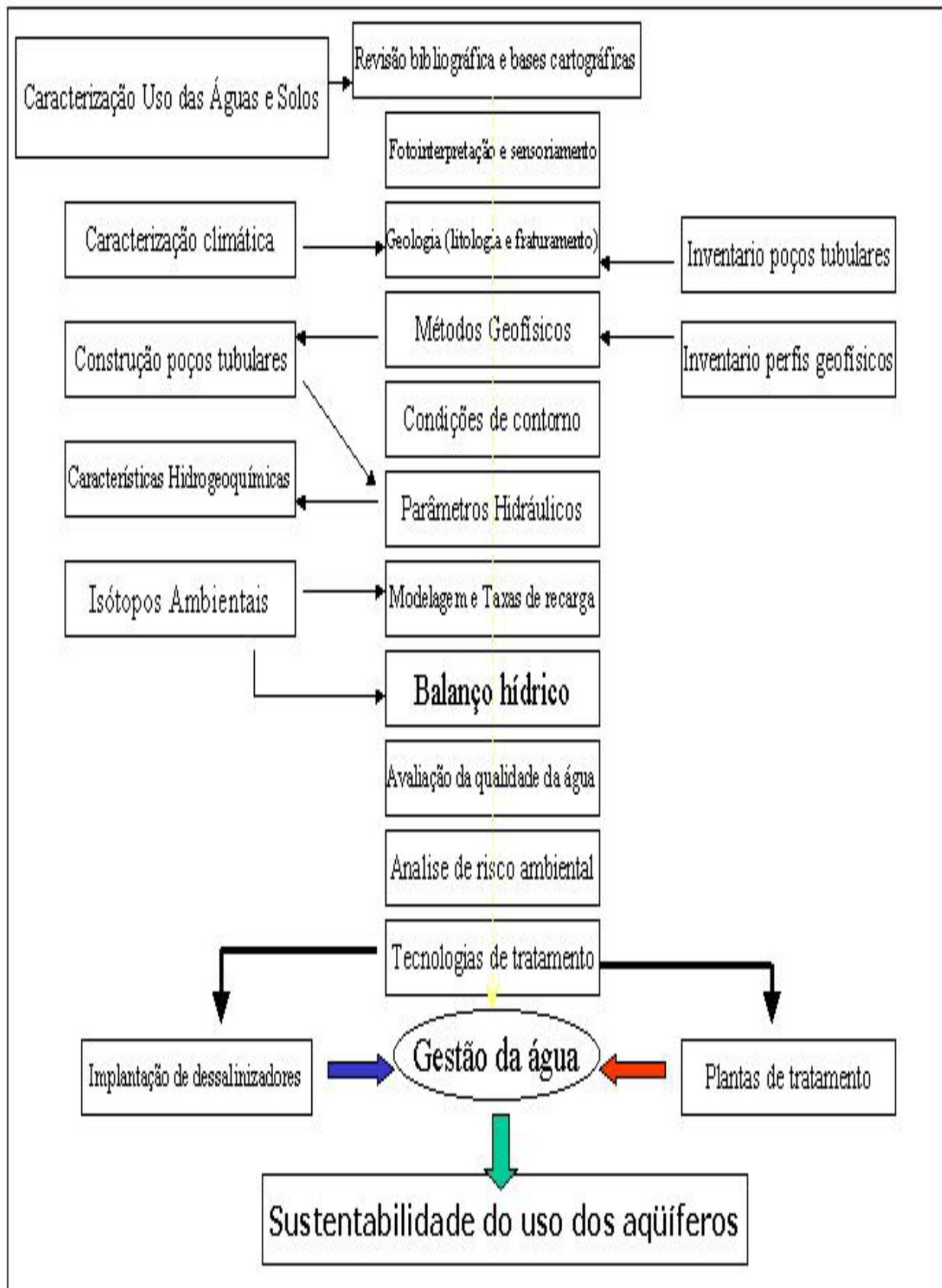
## DA INTEGRAÇÃO MULTI-INSTITUCIONAL

Como já foi discutido anteriormente, é amplamente reconhecido que existem várias ações possíveis para a melhoria da convivência com o problema de escassez de água no semi-árido nordestino. Contudo, nenhuma delas parece causar maior impacto positivo que o aumento da oferta de água de boa qualidade, que fortaleça e amplie os seus usos múltiplos promovendo condições potencialmente favoráveis para o desenvolvimento sustentável do semi-árido.

Para isto, a proposta é a utilização de vários elementos de gestão dentro de um arranjo multi-institucional integrado. Assim, o presente trabalho, de caráter eminentemente metodológico, procura estabelecer estratégias para intervenção direta na realidade, através de diagnósticos e tecnologias que se traduzam em ações sócio-econômicas estruturadas que, por sua vez, proporcionem em conjunto a sustentabilidade da oferta de água, emprego e renda para comunidades de áreas piloto no semi-árido.

A descrição metodológica da forma de integração do arranjo multi-institucional é mostrada de forma sintetizada no fluxograma da Figura 2. É de comum conhecimento de uma avaliação hidrogeológica, que uma locação adequada de poços tubulares se inicia pela caracterização climática e dos usos potenciais (demanda e oferta), os quais deverão orientar o processo de tomada de decisão acerca da melhor alocação dos recursos hídricos subterrâneos de uma dada região. Em seguida, entram em cena os trabalhos visando a caracterização dos aquíferos (estudos hidrogeológicos e geofísicos), com a determinação dos parâmetros hidráulicos e das estimativas das vazões e taxas de recarga, para o que podem ser aplicados isótopos radioativos (e.g.  $^3\text{H}$  - trítio e  $^{14}\text{C}$  - radiocarbono). O conhecimento destes elementos é fundamental para que se possa locar os poços de forma adequada evitando, assim, interrupções no fornecimento ou exaustão precoce do recurso. Alcançados estes objetivos, são realizados estudos de caracterização hidrogeoquímica das águas

que permitirá a definição da sua qualidade para diferentes usos e o entendimento dos mecanismos que definem a assinatura dos diferentes elementos químicos nas águas. Esta etapa é de fundamental importância, pois através do conhecimento da geologia local aliado ao uso de modelos matemáticos pode-se ter uma indicação precisa das áreas mais adequadas para a perfuração de poços que se destinem ao uso industrial e/ou ao consumo humano. Uma vez que as informações estejam georeferenciadas, tem-se a base de um plano diretor integrado para o uso das futuras agências de bacias. Passa-se então a fase tecnológica, onde o tratamento das águas é realizado considerando os aspectos operacionais e econômicos das estações de tratamento, assim como balizado pelos estudos de avaliação da qualidade das águas subterrâneas. Nesta fase, atenção terá de ser devotada ao gerenciamento correto dos resíduos dos tratamentos (rejeitos salinos e águas residuais), o que torna necessária à condução de monitoramentos permanentes quanto à qualidade da água, manutenção e operação das unidades de tratamento.



**Figura 2** - Fluxograma mostrando o arranjo integrado proposto para a sustentabilidade hídrica.

## CONCLUSÕES

Procurou-se demonstrar neste trabalho que, apesar das múltiplas possibilidades de ação possíveis de serem adotadas, as ferramentas para gestão da água em regiões pobres devem, necessariamente, estar comprometidas com algumas premissas fundamentais. A primeira delas é a base técnica, através de estudos envolvendo múltiplas áreas de ciência pura e aplicada, a qual tem importância fundamental na tomada de decisões sobre o aproveitamento da água. Uma segunda premissa é a otimização das atividades através do estabelecimento de redes temáticas integradas que evitem a sobreposição de esforços e busquem a complementaridade das ações. Outro aspecto que não pode ser esquecido é que a oferta de água precisa se traduzir em melhoria no desenvolvimento sócio-econômico, respeitando-se a cultura, as vocações e a estrutura de cada comunidade. Finalmente, deve-se procurar, sempre que possível, transformar o conhecimento gerado e as tecnologias desenvolvidas em ações de intervenção sobre a realidade local que conduzam a sustentabilidade do desenvolvimento regional, orientado prioritariamente para proteção dos segmentos mais vulneráveis da sociedade.

Assim, a proposta de utilizar arranjos multi-institucionais como um instrumento supranumerário da gestão de recursos hídricos, além de atender as premissas descritas acima, procura fornecer as instituições das diversas áreas de C&T, um mecanismo concreto para a atuação integrada que seja adequado a países periféricos marcados pela desigualdade econômica, social, regional, racial, entre outras. Neste contexto, o semi-árido nordestino representa o grande desafio a ser enfrentado por esse modelo, que em conjunto com outras iniciativas poderá contribuir de forma decisiva para a melhoria da convivência com a seca, estimulando a fixação de famílias nas propriedades rurais de pequenos municípios e possibilitando o desenvolvimento de atividades que poderão aumentar significativamente o PIB regional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Costa, F.J.L. 2003. Estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil: Áreas de cooperação com o Banco Mundial. Série Água Brasil, vol 1, Brasília, 177p.
- [2] Garrafa, V. & Porto, D. 2003. Intervention bioethics: a proposal for peripheral countries in a context of power and injustice. *Bioethics*, 17 (5-6): 399-416.
- [3] Margulis, S.; Hughes, G.; Gambrell, M. & Azevedo, L.G.T. 2002. Brasil: A gestão da qualidade da água. Inserção de temas ambientais na agenda do setor hídrico. Banco Mundial. Brasília, 62p.
- [4] Embrapa. 2002. Sistemas de produção para agricultura familiar. Vol. 1 1ª ed. Sagrilo, E. (Editor) ISSN 1678-0256. 74p.

- [5] Lamego Simões F<sup>o</sup>, *et al.* 2003. Impactos de mineração e sustentabilidade no semi-árido. Estudo de caso: unidade de concentração de urânio – URA (Caetité, BA). Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 20p.
- [6] Garrafa, V.; Oselka, G. & Diniz, D. 1997. Saúde pública, bioética e equidade. *Bioética*, 5(1): 27-33.
- [7] Gert, B.; Culver, C. & Clouser, D. 1997. Principlism. *In Bioethics: a return to fundamentals.* Oxford Press, New York, pp 71-92.
- [8] Holm, S. 1995. Not just autonomy - The Principles of American biomedical ethics. *Méd. Ethics*, 21: 332-338.
- [9] Clouser, D. & Gert, B. 1990. Critique of principlism. *J. Méd. Philosophy*, 15: 219-236.