



## IV-168 - CONTRIBUIÇÃO DO RACIOCÍNIO QUALITATIVO NA ALOCAÇÃO DE ÁGUAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.

**Tatiana dos Santos Cidreira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA). Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Bahia. Engenheira de Projeto e Operação da EMBASA-BA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. das Nações Unidas, s/n - Centro - Itabuna - BA - CEP: 45.600-395 - Brasil - Tel: (73) 3214-4908 - e-mail: [taticidreira@gmail.com](mailto:taticidreira@gmail.com)

### RESUMO

Este trabalho discute uma nova abordagem para o processo de alocação de águas em bacias hidrográficas, de forma a contemplar os múltiplos usos da água, inclusive as demandas ecológicas. A escassez dos recursos hídricos disponíveis atualmente, provocada por séculos de mau uso, apresenta cenários cada vez mais preocupantes do ponto de vista ambiental e de sobrevivência do biota. Esses cenários incluem conflitos entre usuários pelo acesso à água, devido à disponibilidade cada vez mais limitada, tanto no aspecto qualitativo como no quantitativo. Nesse sentido, o objetivo principal do trabalho foi avaliar se a utilização de modelos baseados em Raciocínio Qualitativo, contribuía no entendimento de questões relacionadas à alocação de águas em bacias hidrográficas, enfocando a destinação de água para vazão ecológica, a partir do caso da Bacia do Rio São Francisco. O modelo qualitativo trabalhado na pesquisa representa uma cadeia de causalidade, que se inicia na destinação (alocação) de água para vazão ecológica e que avalia suas conseqüências para a bacia hidrográfica e população residente ou atendida pela mesma. O modelo qualitativo em questão foi avaliado por um grupo de especialistas, quanto à possibilidade do aumento de compreensão sobre a questão central desta pesquisa. Agregando-se a isto, os resultados da simulação do modelo, para alguns cenários de interesse, evidenciaram o potencial dos modelos qualitativos em dar suporte a explicações sobre o comportamento de sistemas naturais (a bacia hidrográfica).

**PALAVRAS-CHAVE:** Vazão Ecológica, Raciocínio Qualitativo, Alocação de Águas, Tomada de Decisão.

### INTRODUÇÃO

É crítica a escassez de água observada atualmente, onde disponibilidades quantitativa e qualitativa estão afetadas em algumas regiões, por características climáticas e geográficas que influenciam na distribuição da precipitação. Aliado a isso é oportuno ressaltar a atual influência da mudança do clima sobre eventos dessa natureza. Devido a essa variabilidade hidrológico-climatológica e à influência humana sobre fenômenos naturais, é notável o quadro crítico de disponibilidade de recursos hídricos na maioria das regiões do planeta.

A alocação de água consiste na definição de quantidades de água ou vazões a serem distribuídas espacialmente, de acordo com os tipos de uso, visando atender os consumos de água atuais e futuros. Esse processo, portanto, estabelece limites e define critérios e prioridades de outorga (CBHSF, 2004). Essa atividade não se constitui em tarefa elementar e de fácil definição. A repartição da água disponível se apresenta como um grande desafio no âmbito dos comitês de bacia, revelando-se como um grande problema para a gestão. Isso se deve, na maioria dos casos, à forma centralizadora e despreocupada com que os gestores trataram problemas e eventos que acometiam as bacias hidrográficas ao longo do tempo.

Vários fatores como: crescimento de demandas, variações de aspectos de qualidade das águas, necessidade de um nível maior de pureza das águas para determinados usos, diversificação do uso da água, a exclusão da sociedade no planejamento e gestão dos recursos hídricos, além de diversos outros fatores, fizeram surgir o problema de conflitos entre demandas em diversas bacias hidrográficas. O conflito é uma divergência natural decorrente do convívio de pessoas ou de grupos que diferem em atitudes, crenças, valores ou necessidades. HOBAN (2001). No entanto, embora seja algo ‘natural’, os conflitos devem ser tratados e resolvidos de forma produtiva, com base em esclarecimentos, conciliação e trabalho cooperativo, para que seja possível conseguir a melhor solução dentre todas.



Na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº. 9 433/97, a bacia hidrográfica foi eleita como unidade territorial para atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Por esta e por outras razões, o planejamento e a gestão das águas devem estar de acordo com a realidade e os anseios vivenciados na área da bacia hidrográfica. Além disso, a disponibilidade de água deve atender a múltiplos usos que são: abastecimento para população, abastecimento de indústrias, conservação do ecossistema, criação de animais, diluição de águas residuais, navegação, irrigação de áreas agrícolas, aquícultura, produção de energia através de hidrelétricas, recreação e turismo, entre outros.

Efetivamente, o propósito deste trabalho é demonstrar que, melhorando-se a compreensão sobre assuntos importantes para a bacia, na fase do processo participativo, aliado às ferramentas que dêem suporte ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos, pode-se obter um ganho para a fase seguinte da negociação, uma vez que o nível de entendimento dos negociadores aumenta. Esse processo poderá resultar em um procedimento a ser adotado para a fase que antecede o processo de alocação de águas. Para isso, parte-se de uma grande conquista da gestão de recursos hídricos no país: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.

### **SOBRE A ALOCAÇÃO DE ÁGUAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

A outorga é um instrumento administrativo-legal previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos, mediante o qual o poder público outorgante concede ao outorgado o uso de determinado recurso hídrico, com prazo de tempo e vazão fixada no termo. Ideal seria que a outorga tivesse como guia os planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, onde houvesse vinculado um sistema de alocação de águas para a bacia em toda sua extensão. Nesse sentido, a alocação e o instrumento da outorga se complementam, guardando entre si uma enorme dependência.

Alocar água entre os diversos usos e usuários de uma bacia hidrográfica não é tarefa elementar, pois essa distribuição deve, além de considerar vários critérios no processo decisório, contar com a participação dos usuários, do Poder Público e das comunidades. No entanto, essa prática ainda é incipiente no quadro atual de gestão dos recursos hídricos no país, apesar da sua grande evolução nos últimos anos.

Várias são as definições para alocação de águas. Segundo o (CBHSF, 2004), a alocação consiste no grande pacto de repartição de água na bacia hidrográfica que fornece diretrizes para implementação de diversos instrumentos de gestão, em particular, a outorga. Também é concebida como conjunto de regras de distribuição de água entre os diferentes usos e usuários que vem sendo analisada com o intuito de obter uma compatibilização adequada entre a oferta e as demandas dos recursos hídricos (FARIA *et al.*, 2003).

Segundo Roberto e Porto (1999), o problema de alocação de águas entre os diversos usos e usuários de uma bacia hidrográfica é clássico. A alocação da água, disponível através do estabelecimento de limitações, critérios e regras operacionais de utilização, de modo a atender às demandas da sociedade, consiste em um grande desafio de gerenciamento, pois historicamente os recursos hídricos foram geridos sem controle, de acordo com interesses individuais.

Segundo Moraes (2005), a questão da alocação de águas, quebra alguns dos pressupostos que asseguram o atendimento do Primeiro Teorema do Bem-Estar, sendo um deles: a questão de que cada agente toma decisões de consumo e produção sem se preocupar com o que os outros agentes estão fazendo. Supõe-se, em concordância com as idéias do autor, que a participação dos diversos atores no processo de 'divisão' da água pode resultar em benefícios socioeconômicos e ambientais para a bacia, reduzindo de forma natural os conflitos de usos e entre usuários da água.

Reunir usuários dando-lhes as informações necessárias para tomada de decisão baseada em dados técnicos, como uma das formas para intermediar e resolver alguns impasses entre os diferentes usuários, é o procedimento chamado de 'alocação negociada' de água entre usuários GARJULLI (2002).



Segundo Silva *et al.* (2006)<sup>1</sup> o termo Alocação Negociada de Água surgiu da experiência da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH) que, em parceria com a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado e o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), vem gerenciando as águas de diversos reservatórios do Ceará, associando sistemas computacionais de apoio à decisão, à participação, negociação e decisão popular acerca dos múltiplos usos da água. Com efeito, o conceito de desenvolvimento sustentável pressupõe que o processo de tomada de decisões seja coletivo (UNESCO, 1999).

A intenção de utilizar novos princípios para alocar águas em bacias hidrográficas, está presente em experiências de alocação negociada em algumas bacias do país, dentre elas pode-se destacar o caso da Experiência de Alocação Negociada nos Vales do Jaguaribe e Banabuiú (SILVA *et al.* 2006)<sup>2</sup> no Estado do Ceará, que utilizou alguns procedimentos como: o respeito às especificidades de cada realidade; o esclarecimento dos usuários de água sobre informações técnicas e a capacitação dos usuários de água em gestão, para que os objetivos traçados inicialmente fossem alcançados. Essas atitudes se refletem em ganhos extraordinários para a bacia, representada por seus usuários, sociedade civil e Poder Público, que se tornam mais esclarecidos e têm possibilidade de decidir de forma mais coerente, uma vez que conhecem melhor o problema em questão.

Como o processo de tomada de decisão quanto à alocação de água para os diferentes usos e usuários é complexo, ocasionando muitas vezes conflitos entre seus usuários, se constitui fundamentalmente importante, a utilização de abordagens que propiciem melhor entendimento de questões relacionadas ao tema e isso se constitui no objeto desse trabalho.

## TÉCNICAS COMPUTACIONAIS EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Muitos dos problemas existentes em recursos hídricos possuem tomada de decisão complexa por diversas características, entre elas destaca-se: a incerteza das informações disponíveis, o envolvimento de mais de um decisor no processo de solução do problema, a necessidade de múltiplos critérios de avaliação, entre outras. Sem dúvida, a fase de estruturação de problemas dessa natureza é primordial para que seja possível alcançar a melhor solução entre as avaliadas.

Situações complexas são aquelas que envolvem múltiplos atores, cada um deles com seu sistema de valores, múltiplos objetivos com conflitos de interesses, diferentes níveis de poder entre os atores e necessidade de negociação entre eles, além de uma enorme quantidade de informações qualitativas e quantitativas (ENSSLIN *et al.* 2001). A utilização de técnicas computacionais habilita o planejador a trabalhar com sistemas e problemas muito complexos, selecionando as diversas possibilidades de alternativas e definindo as decisões que deverão ser tomadas para alcançar com maior êxito, os objetivos propostos do sistema, MEDEIROS (1985).

A abordagem multicritério para o processo de tomada de decisão cria vários tipos de cenário para tentar analisar uma questão de conflito, (FIGUEROA *et al.* 2004). Essa característica é uma das grandes vantagens desse tipo de abordagem, pois permite analisar conjuntamente, para dar suporte à tomada de decisão, uma série de critérios das mais diferentes áreas do conhecimento.

Cabe ressaltar aqui também, a tradicional utilização de forma associada, de métodos multicriteriais e modelos de rede de fluxo MODSIM (LABADIE, 1988), que consistem essencialmente, segundo Faria *et al.* (2004), em modelo de simulação capaz de efetuar uma série de otimizações estáticas mensais e identificar o melhor resultado para cada cenário de alocação de água.

No entanto, acredita-se que, em questões de difícil solução, que envolvem diversos condicionantes como o caso do processo decisório de alocação das águas, a utilização isolada de abordagens desse tipo não seja suficiente, pois muitos dos conhecimentos essenciais disponíveis para solução do problema são incompletos, ou são quantitativos e estão indisponíveis. Nesse sentido é que se propõe a utilização do Raciocínio Qualitativo como uma maneira de formalizar conhecimentos relevantes, mesmo que incompletos, para tomada de decisões relativas à alocação de águas em bacias hidrográficas. Para uma visão geral e atualizada dos

<sup>1</sup> Refere-se ao primeiro 'Silva et al.' da lista de referências.

<sup>2</sup> Refere-se ao segundo 'Silva et al.' da lista de referências.



avanços em Raciocínio Qualitativo, consulte Bredeweg e Struss (2003), número especial da revista *AI Magazine*, v.24, winter 2003. O RQ é uma área da Inteligência Artificial que cria representações simbólicas (representações através de símbolos) para variáveis contínuas e, desse modo, permite raciocínio com informações incompletas (FORBUS, 1996). Assim, acredita-se que o RQ pode ser importante ferramenta para auxiliar no esclarecimento de questões relacionadas à alocação de água, dando base e conhecimento para que os atores envolvidos neste processo decisório possam definir preferências com mais embasamento, resultando dessa forma em soluções cada vez melhores do ponto de vista, socioeconômico e ambiental.

## O RACIOCÍNIO QUALITATIVO

O Raciocínio Qualitativo busca a descrição de propriedades contínuas do mundo a partir de sistemas discretos de símbolos e a produção de programas capazes de gerar conclusões relevantes a partir de poucas informações. Ressalte-se, porém, que RQ também tem sido usado para modelar sistemas sobre os quais existem muitas informações, mesmo que sejam redundantes ou incompletas, ou quando pretende-se mesclar dados numéricos e expressos em linguagem natural. O RQ vem se tornando uma das mais produtivas áreas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, como mostra o número especial do periódico *AI Magazine* publicado no final de 2003 (Bredeweg e Struss, 2003). Entre as características comuns às diferentes abordagens de Raciocínio Qualitativo, Salles e Bredeweg (2003a) destacam (a) o rico vocabulário disponível para descrição de objetos, situações, processos e relações entre as variáveis, levando diretamente a conclusões relevantes sem o uso de informação numérica; e (b) a construção e posterior combinação de modelos parciais (fragmentos de modelo) para montar modelos mais complexos, garante a reusabilidade de modelos parciais em diferentes modelos e permite ao modelador aumentar gradualmente a complexidade dos modelos.

A abordagem centrada em processos, estabelecida por Forbus (1984) e descrita pela Teoria Qualitativa dos Processos (TQP), é uma das ontologias mais desenvolvidas em Raciocínio Qualitativo. Nessa abordagem, o mundo representado no modelo consiste de objetos cujas propriedades são descritas por quantidades. Mudanças no sistema decorrem dos efeitos de processos sobre determinadas quantidades, que depois se propagam para outras quantidades. As quantidades podem ser classificadas, respectivamente, em três grupos: taxas (variáveis que mostram a ação dos processos), variáveis de estado (variáveis diretamente influenciadas por processos) e variáveis indiretamente influenciadas.

A TQP distingue dois tipos de influências: influências diretas colocadas por processos e influências indiretas ou proporcionalidades qualitativas, que propagam os efeitos dos processos. As primeiras são representações qualitativas de equações diferenciais e são representadas por  $I\pm(A,B)$ . Isso significa que o valor da taxa (B) deve ser adicionado (I+) ou subtraído (I-) da variável de estado (A). Por exemplo, a taxa de emissão de efluentes em um corpo d'água indica a quantidade de efluentes adicionada ao estoque de poluentes ali presentes durante certo intervalo de tempo. Essa relação é descrita como  $I+(\text{estoque de poluentes, taxa de emissão de efluentes})$ .

As proporcionalidades qualitativas representam relações matemáticas monotônicas e são modeladas por  $P\pm(C,D)$ . Usa-se  $P+$  para descrever relações em que quando D está mudando, C muda na mesma direção. O símbolo  $P-$  é usado em situações nas quais a mudança em uma variável faz com que a outra mude na direção oposta. Por exemplo, para capturar a noção de que o estoque de poluentes faz diminuir a qualidade da água e aumentar o mau cheiro, devemos usar as seguintes relações:  $P-(\text{qualidade da água, estoque de poluentes})$  e  $P+(\text{mau cheiro, estoque de poluentes})$ .

Importante mencionar que, além de significado matemático, influências diretas (I) e proporcionalidades (P) expressam relações de causalidade (Forbus, 1984). No exemplo acima, a cadeia de causalidade mostra que o processo de poluição (representado por uma taxa) faz crescer o estoque de poluentes em um corpo d'água. Se o estoque de poluentes está crescendo, então a qualidade da água vai diminuir e o mau cheiro vai aumentar. Expressa dessa maneira, a cadeia causal dá suporte a previsões do tipo 'se a emissão de poluentes diminui, melhora a qualidade da água'. Expressa na direção contrária, a cadeia causal justifica explicações do tipo 'o mau cheiro aumentou porque a emissão de poluentes aumentou' (Salles, 2006).

O pressuposto é o de que, modelos qualitativos contribuem para o processo de tomada de decisão nas etapas da negociação. Nesse sentido, é conveniente que sejam construídos em contato direto com os *stakeholders*. Estes podem adotar a linguagem proposta para a elaboração de modelos para expressar seus pontos de vista;



desse modo, tais modelos causais passam a funcionar como material de suporte para a negociação sobre objetivos, alternativas e critérios do processo decisório. Na seção seguinte são abordados aspectos da bacia utilizada no estudo.

## CASO DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco é uma entre as doze regiões hidrográficas instituídas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, apresentando diversas formas de uso dos seus recursos, o que se revela como grande desafio para sua gestão. Somado a esse fator, o rio São Francisco ainda apresenta a característica de ser um rio de domínio da União, implicando em maior dispêndio ao ser analisado e trabalhado. A figura 1 apresenta a localização da bacia no Continente Sul-americano e a figura 2, as sub-regiões fisiográficas da bacia.

**Figura 1: Localização da Bacia do Rio São Francisco.**



Fonte: CBHSF (2004).



**Figura 2 - Localização das sub-regiões fisiográficas da Bacia do Rio São Francisco**

Fonte: CBHSF (2004).

Apresenta uma área de drenagem de 634.781 km<sup>2</sup> (8% do território nacional) e extensão de 2.700 km – desde a Serra da Canastra (São Roque de Minas – MG), onde nasce, até a sua foz, entre Sergipe e Alagoas, compreendida em 503 municípios nas sete Unidades da Federação: Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal, dividida em quatro regiões fisiográficas, conforme tabela 1 que apresenta principais características físicas, hidroclimáticas e socioeconômicas. Segundo o Censo de 2000, a população na área da bacia é cerca de 13 milhões de pessoas.

A precipitação média anual na bacia é de 1.036 mm, especialmente, a chuva anual pode variar desde menos de 600 mm, no Semi-árido nordestino, até mais de 1.400 mm, nas nascentes localizadas no Alto São Francisco, em Minas Gerais. Vale destacar essa área do Semi-árido, que ocupa cerca de 57% da bacia, abrange 218 municípios na região, situa-se majoritariamente na região Nordeste, mas, alcança um trecho importante do norte de Minas Gerais. Essa região é um território vulnerável, sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, apresenta várias zonas geográficas e diferentes índices de aridez, tendo como consequência a migração da população.

Acentuados contrastes socioeconômicos são observados na Bacia, abrangendo áreas de acentuada riqueza e alta densidade demográfica e áreas de pobreza crítica e população bastante dispersa. A população total, no ano 2000, era de 12.796.082 habitantes, sendo 74,4% representada pela população urbana, pois do total de 503 municípios, 451 têm sua sede inserida na Bacia. Apresenta uma densidade demográfica média de 20hab/km<sup>2</sup>.

## DISPONIBILIDADE QUANTITATIVA

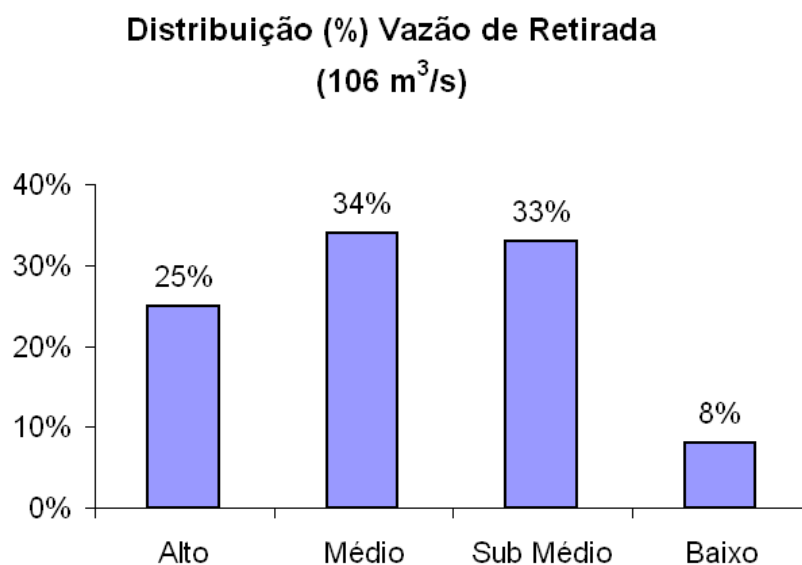
A disponibilidade hídrica para as águas superficiais na bacia é igual à vazão natural com permanência de 95%, para rios sem regularização, e igual à vazão regularizada somada ao incremento de vazão natural com permanência de 95%, para o rio São Francisco, devido à regularização promovida pelos reservatórios de Três



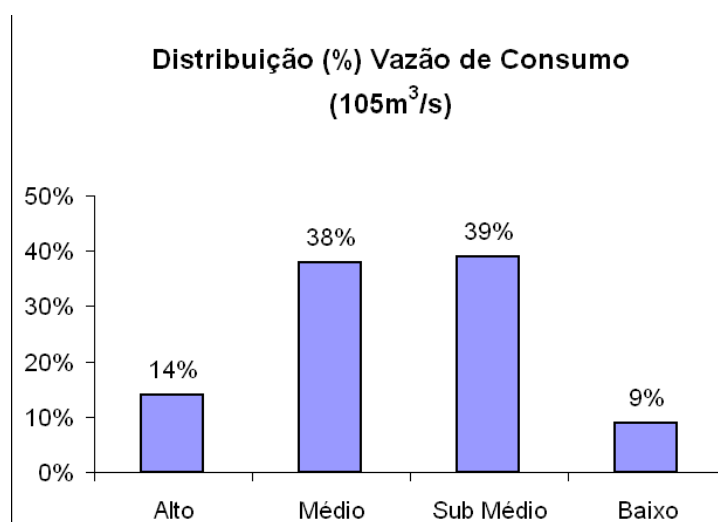
Marias e Sobradinho. Em relação às águas subterrâneas, o Pano de Bacia admite que a disponibilidade explotável é de 20% das reservas renováveis, desconsiderando a contribuição das reservas permanentes.

A demanda total na bacia foi estimada em 166 m<sup>3</sup>/s, tendo o ano 2000 como referência. Desse total, a vazão consumida é de 105 m<sup>3</sup>/s e a de retorno de 60 m<sup>3</sup>/s. A distribuição das vazões está apresentada nos gráficos abaixo (figura 3 e 4).

**Figura 3 – Distribuição da vazão de Retirada nas sub-regiões fisiográficas da Bacia do Rio São Francisco. (adaptado de CBHSF, 2004).**



**Figura 4 – Distribuição da vazão de Consumo nas sub-regiões fisiográficas da Bacia do Rio São Francisco. (adaptado de CBHSF, 2004).**

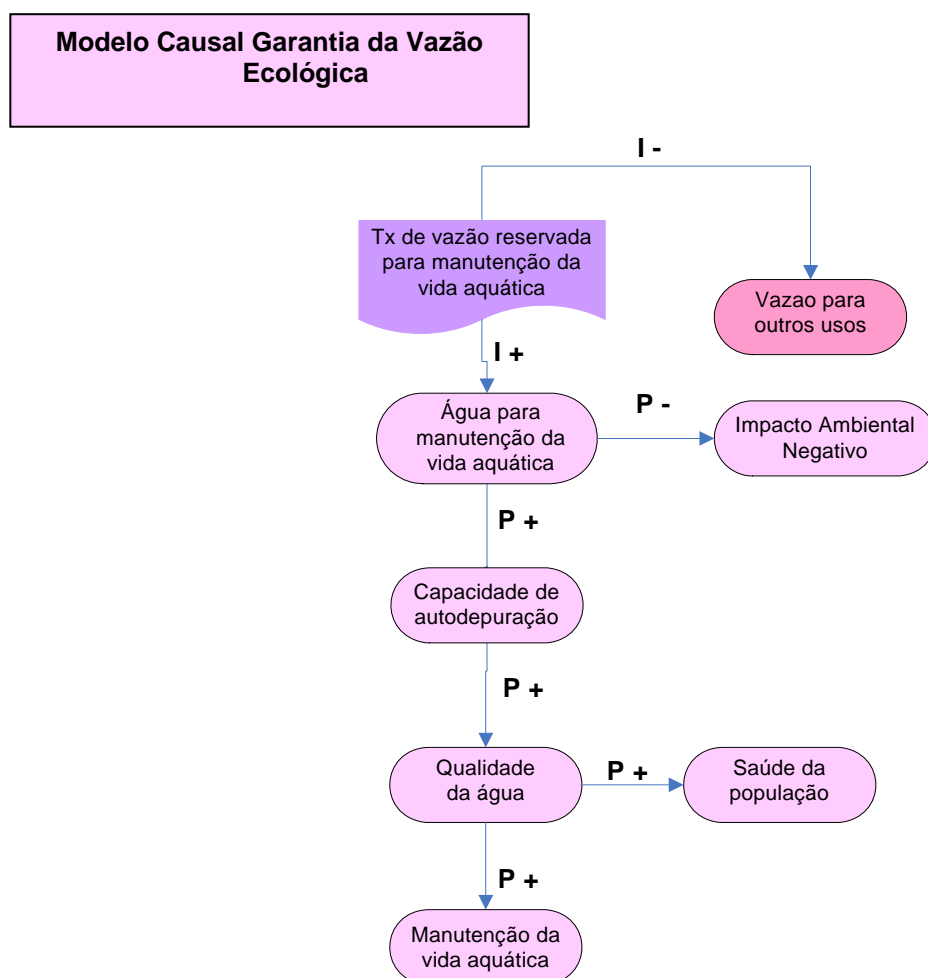


De acordo com as características apresentadas, observa-se que a Bacia do Rio São Francisco é complexa, e as decisões em seu território, por consequência também são, logo sua escolha não foi por acaso, uma vez que a aposta desse trabalho é que a metodologia do RQ possa contribuir em soluções complexas que exigem um grande entendimento sobre a situação de estudo.

A seguir, apresenta-se um exemplo de modelo qualitativo. Esse modelo explora aspectos relacionados à destinação de água para vazão ecológica em bacias hidrográficas (esse modelo deu origem ao modelo trabalhado nessa pesquisa, que será apresentado posteriormente). Na simulação do modelo, será possível avaliar consequências relacionadas à destinação de água para vazão ecológica.

Chama-se o modelo apresentado na figura a seguir, de ‘modelo em papel e lápis’, uma vez que o mesmo não foi implementado no simulador Garp3, mostrando apenas as relações de causa e efeito entre as quantidades.

**Figura 5: Modelo causal ‘Usos da água: vazão ecológica’.**



As simulações permitem observar mudanças no sistema ao longo do tempo, como pode ser visto nas figuras a seguir (telas do modelo implementado no simulador Garp3).

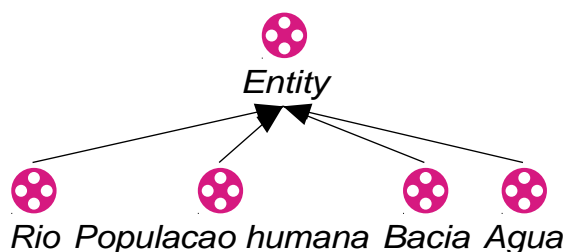
Em um modelo qualitativo, as ‘entidades’ são os principais ‘objetos’, são a estrutura do sistema: elas não mudam!

A hierarquia de entidades para esse modelo é a seguinte:





Figura 6: Hierarquia das entidades para o modelo ‘usos da água: vazão ecológica’.



As ‘quantidades’ são propriedades mensuráveis das ‘entidades’. Por exemplo: para a entidade ‘rio’, é possível ter a quantidade ‘volume de água’ (que pode ser pequeno, normal ou grande).

Espaço quantitativo é a divisão da ‘quantidade’. São os valores que a ‘quantidade’ pode assumir. Por exemplo: o volume de água pode ser pequeno, médio ou grande.

As configurações são os verbos de um texto, isto é exprimem as ações.

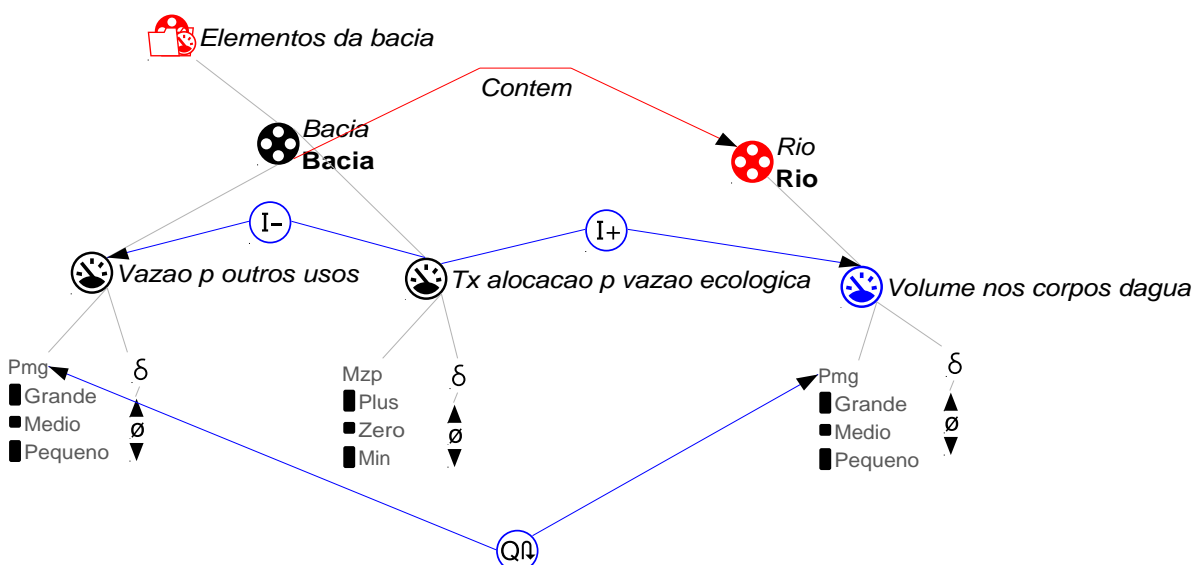
Os fragmentos de modelos são o "texto", o "comando" de um modelo. É nele que é dado o núcleo de informação que será analisada pelo Garp3. A princípio, cada fragmento serve pra um ‘I’ (fragmento do tipo processo) e pra um ‘P’ (fragmento do tipo estático), porém, à medida que os modelos ficam maiores e/ou mais complexos, isso vai mudando.

Nos fragmentos de modelo existem elementos em vermelho e em azul. Quem define as regras é o fragmento do modelo, o cenário só vai buscar as regras definidas no fragmento.

Em vermelho aparecem as ‘entidades’ (condições) e em azul (as regras que vão acontecer nas simulações), ou seja, se as condições forem satisfeitas no cenário ou na simulação, aquele fragmento de modelo vai ser ativo, portanto aquela regra vai ser usada na simulação.

Abaixo um exemplo de fragmento de modelo que traz parte do conhecimento modelado. Esse fragmento demonstra a relação entre a alocação para vazão ecológica e o que acontece com o volume nos corpos d’água. É do tipo processo, pois possui uma taxa.

Figura 7: Fragmento de modelo do tipo processo ‘Vazão ecológica e outros usos’.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Freqüentemente a tomada de decisões envolve informações incompletas, incertas ou representadas de maneira imprecisa. Essas limitações podem ameaçar a qualidade das decisões tomadas na gestão de recursos hídricos. Este trabalho descreve o potencial do uso de modelos construídos segundo técnicas desenvolvidas na área da Inteligência Artificial conhecida por Raciocínio Qualitativo, para aumentar a compreensão da estrutura e do comportamento de sistemas de interesse, elementos importantes para o processo de tomada de decisão. Além disso, tais modelos trazem a representação explícita da causalidade, útil para fundamentar previsões e explicações sobre fenômenos representados no modelo.

Na próxima seção apresenta-se o modelo causal 'Vazão Ecológica'. Através de uma cadeia de causalidade, observa-se o que acontece quando se destina água para manutenção de funções do ecossistema aquático, ou para geração de energia hidroelétrica, por exemplo. Esse modelo foi avaliado por especialistas quanto às suas possibilidades de contribuição ao entendimento de questões relacionadas à alocação de águas e os resultados, os resultados da avaliação, obtidos a partir da aplicação de questionários, serão discutidos nas seções seguintes.

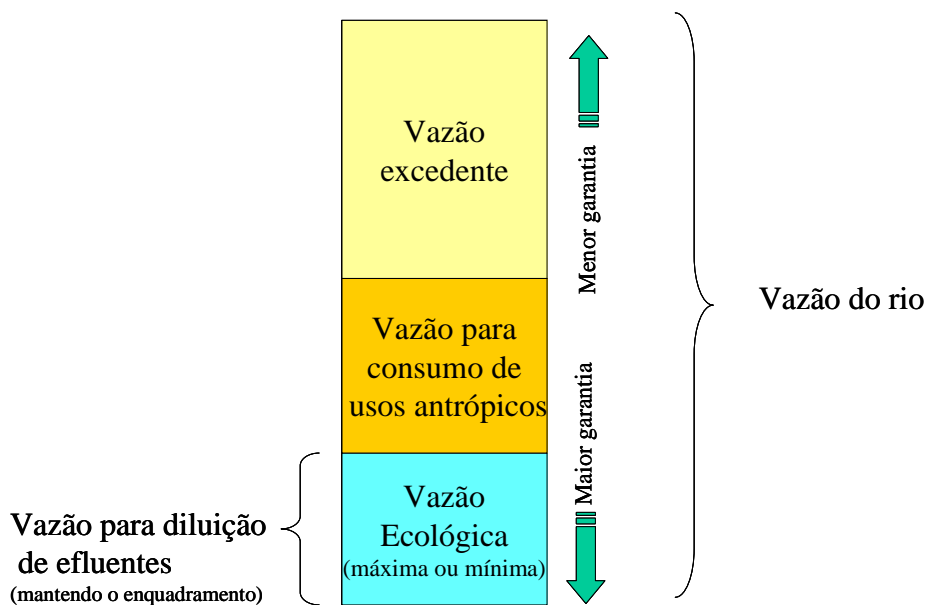
### Modelagem da Alocação de Água para Vazão Ecológica

O modelo explora aspectos relacionados à destinação de água para vazão ecológica, que representa um dos usos da água em uma bacia hidrográfica.

O glossário de termos hidrológicos empregados na gestão de recursos hídricos da SEPLANTEC/SRH/SERGIPE (2008) estabelece vazão ecológica como a vazão mínima necessária num curso d'água para garantir a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Segundo Barbosa e outros (2005), mais alguns termos são utilizados para definir vazão ecológica, entre eles: vazão de referência biológica, vazão remanescente e vazão mínima garantida.

A Figura 8 abaixo, apresentada por Amorim e Cidreira (2006), ilustra a idéia de que a vazão utilizada como base para a gestão dos recursos hídricos poderia ser a vazão ecológica, com manutenção da variabilidade em cada época do ano (máxima ou mínima) de forma a atender as necessidades do ecossistema e para diluição de efluentes, de acordo com o enquadramento dos corpos d'água, o excedente seria destinado para outros usos.

**Figura 8: Vazões de garantia aos usos antrópicos e demandas ecológicas.**





Considerando a importância do tema e as divergências e conflitos que ocorrem na definição e cumprimento dessa vazão nos rios, o modelo trabalho nessa pesquisa foi o que trata da vazão ecológica nas bacias hidrográficas.

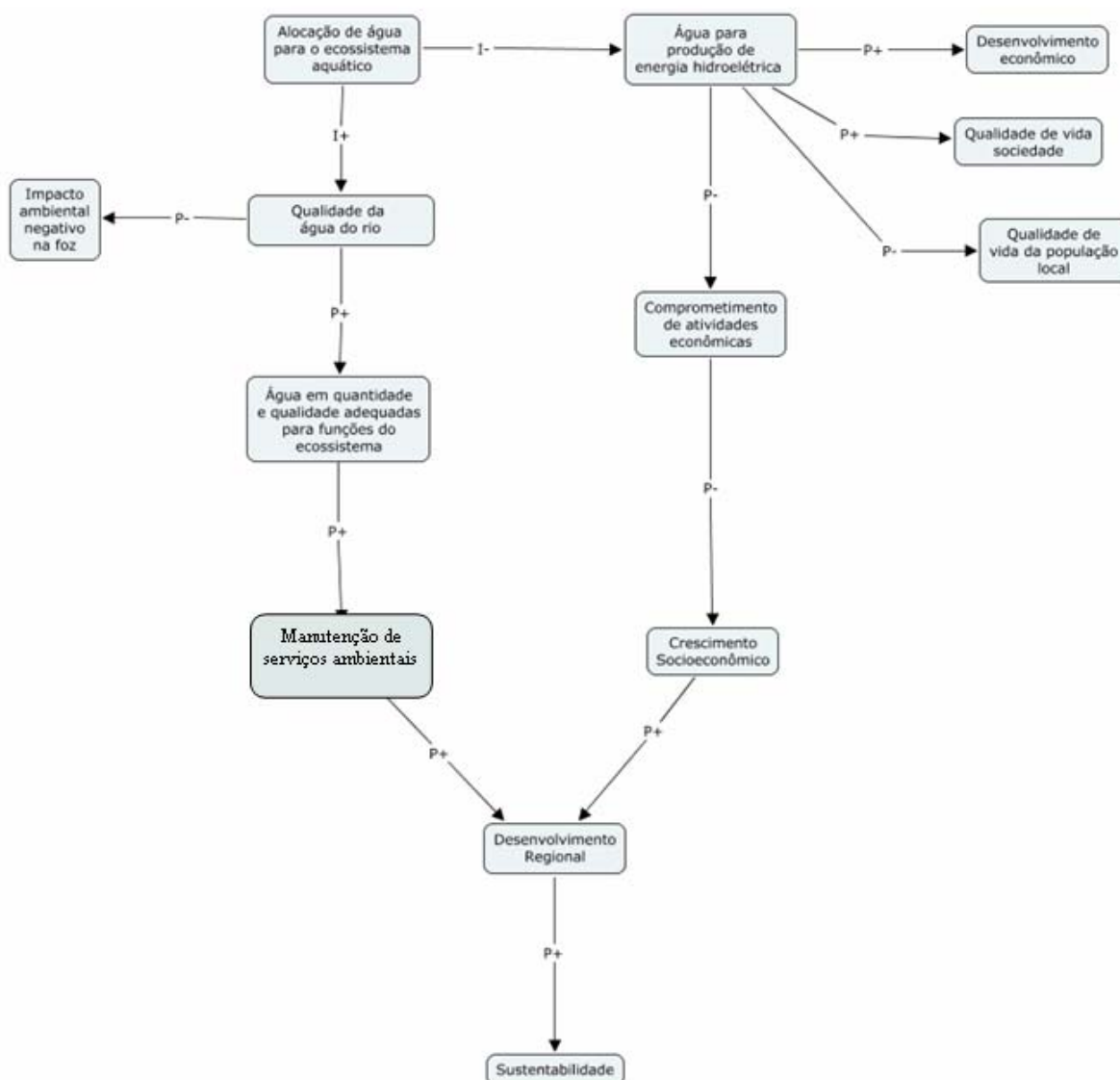
Na avaliação do modelo pelo grupo de especialistas, inicialmente foram trabalhados aspectos conceituais da técnica do RQ, para que fosse possível, a compreensão dos símbolos utilizados e seus significados.

Os modelos foram avaliados sob a forma de diagramas de influência sem terem sido simulados no Garp3, apenas representavam a cadeia de causalidade que acontece ao destinar água para manutenção de funções do ecossistema, ou para um outro uso da água.

O pressuposto do trabalho é o de que, ainda que sob a forma de diagramas de influências construídos em papel e lápis para representar cadeias de causalidade, modelos qualitativos contribuem para o processo de tomada de decisão nas etapas da negociação, esse foi o objetivo da pesquisa feita com os especialistas. Verificar ou não esse pressuposto. É conveniente que os modelos qualitativos sejam construídos em contato direto com os *stakeholders*. Estes podem adotar a linguagem proposta para a elaboração de modelos para expressar seus pontos de vista; desse modo, tais modelos causais passam a funcionar como material de suporte para a negociação sobre objetivos, alternativas e critérios do processo decisório.

O modelo utilizado neste trabalho, mostrado na Figura 9, pode ser descrito como segue: à esquerda, estão representadas as possíveis conseqüências da alocação de água para manutenção de 'serviços ambientais', entendido aqui como atividades que beneficiam o meio ambiente. À direita representa-se as conseqüências da destinação de água para o uso geração de energia hidroelétrica. O processo representado pela 'taxa de alocação para ecossistema aquático' dá início à cadeia de causalidade. Nota-se que quanto maior a quantidade de água alocada para ecossistema aquático, menor será a quantidade de água disponível para geração de energia hidroelétrica. Observa-se, no entanto, que quanto maior a quantidade de água disponibilizada para geração de energia hidroelétrica, maior será o 'desenvolvimento econômico' e a 'qualidade de vida da população' da região atendida pela energia gerada. Já um aumento na quantidade de 'água pra ecossistema aquático', proporcionará uma melhora na 'qualidade da água' do rio, se revertendo em uma garantia da manutenção de 'serviços ambientais' que conseqüentemente contribui para a 'sustentabilidade' local. No caso de um aumento da quantidade de 'água para produção de energia hidroelétrica' observa-se um aumento do 'crescimento econômico', o que também contribui para sustentabilidade local. É importante observar esse fato, pois dois ramos do modelo contribuem para a ocorrência de uma determinada situação (sustentabilidade local) se as 'quantidades' que a influenciam estiverem em determinados valores, o que pode ser bem observado quando da apresentação das simulações desse modelo no Garp3.

**Figura 9: Modelo Causal representado as conseqüências da alocação de água para a vazão ecológica na Bacia do Rio São Francisco.**



As tabelas 2, 3 e 4 apresentam descrições de cada uma das quantidades utilizadas no modelo: taxas, quantidades diretamente influenciadas (variáveis de estado) e quantidades indiretamente influenciadas pelos processos, respectivamente.

**Tabela 1 – Taxas dos processos utilizadas no modelo**

Quantidades	Descrição
Taxa de vazão alocada para vazão ecológica	Atividade de reserva ou de garantia de determinada quantidade de água por unidade de tempo, para uso em atividades do ecossistema aquático.

**Tabela 2 – Variáveis de estado utilizadas no modelo**

Quantidades	Descrição
Qualidade da água do rio	Nível de qualidade da água do rio que é determinado a partir do atendimento de determinados parâmetros específicos de legislações da área.
Água para produção energia elétrica	Quantidade de água destinada para a produção de energia hidroelétrica na área da bacia.



Tabela 3 – Outras variáveis utilizadas no modelo

Quantidades	Descrição
Impacto ambiental negativo na foz	Impactos negativos causados ao meio ambiente devido a interferências da qualidade da água que representam consequências ambientais negativas na foz do rio.
Água para funções dos ecossistemas	Quantidade de água disponível no rio para que os ecossistemas aquáticos possam exercer normalmente suas funções de reprodução, alimentação, etc. Está relacionada à definição da vazão ecológica mínima no rio e nos seus tributários que garanta a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos.
Manutenção de serviços ambientais	Garantia de atividades que beneficiam o meio ambiente, tanto em aspectos de preservação, como de recuperação do mesmo.
Desenvolvimento Regional	Nível de desenvolvimento alcançado na região, por consequência das ações da cadeia de causalidade do modelo.
Sustentabilidade	Desenvolvimento regional que garante o atendimento das necessidades atuais, sem o comprometimento da garantia das necessidades futuras.
Desenvolvimento Econômico	Nível de desenvolvimento da economia local, que se reverte em benefícios, como geração de emprego, renda, aumento do poder aquisitivo, etc.
Qualidade de vida da sociedade	Medida da qualidade de vida, quantidade que engloba a qualidade dos alimentos, o nível de consumo, o nível de renda, a incidência de doenças, nível de educação e de saúde da população beneficiada pela energia elétrica gerada na área da bacia.
Qualidade de vida da população local	Medida da qualidade de vida, quantidade que engloba a qualidade dos alimentos, o nível de consumo, o nível de renda, a incidência de doenças, nível de educação e de saúde da população que vive na área próxima ao local de produção de energia elétrica na bacia.
Comprometimento de atividades econômicas	Dificuldade em manter desenvolvimento de atividades de cunho econômico na área da bacia.
Crescimento Socioeconômico	Nível de crescimento observado na área da bacia, no que diz respeito à aspectos sociais e econômicos.

### Avaliação do Modelo

Os participantes desta atividade foram convidados a avaliar a contribuição do modelo qualitativo apresentado na Figura 9 para o entendimento de possíveis problemas relacionados à alocação de água para fins de manutenção de ecossistemas (ecológicos). A atividade foi realizada em Penedo – AL em uma reunião da Rede ECOVAZÃO (Projeto de Pesquisa do CT-HIDRO sobre vazão ecológica na foz do Rio São Francisco), com os especialistas que trabalham nos projetos dessa rede de pesquisa. O uso de modelos qualitativos ainda não tinha sido tratado no âmbito da rede ECOVAZÃO, e não houve nenhuma atividade prévia que pudesse interferir nos resultados da avaliação.

Inicialmente, os participantes foram esclarecidos sobre aspectos fundamentais do Raciocínio Qualitativo e sobre como os conhecimentos são representados em modelos qualitativos. Para tanto foi utilizado um modelo qualitativo simples, também implantado em papel e lápis, ou seja, apenas representando uma cadeia de causalidade, sem ter sido simulado. Em seguida, os participantes foram convidados a analisar individualmente o modelo causal ‘Vazão Ecológica’ e a observar os aspectos mais relevantes representados no modelo.

O instrumento de avaliação utilizado foi um questionário, apresentado em anexo. A primeira parte do questionário explorava o entendimento dos avaliadores sobre o significado do modelo qualitativo apresentado. As perguntas abordavam a representatividade das quantidades utilizadas e dos processos mencionados, e a compreensão das consequências decorrentes liberação de vazão para atendimento de demandas do ecossistema aquático ou geração de energia hidroelétrica, usando a cadeia de causalidade expressa no modelo. A segunda parte do questionário investigava a possibilidade de usar o modelo para a comunicação de conceitos. Aqui, questionava-se o grau de dificuldade que, na opinião dos avaliadores, teriam representantes de diversos segmentos da sociedade, geralmente presentes em comitês de bacia, para entender elementos expressos no modelo, depois de aprender a linguagem utilizada nos modelos qualitativos. A última parte do questionário pedia a opinião dos avaliadores a respeito da utilidade do modelo para a gestão de recursos hídricos. Os itens do questionário diziam respeito (a) ao entendimento de como funcionam os sistemas naturais (água para funções do ecossistema aquático, por exemplo); (b) à avaliação das consequências de determinadas ações humanas; e (c) à solução de conflitos no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica.



Depois de responder os questionários, esses foram entregues pessoalmente na mesma oportunidade da reunião e outros por meio de correio eletrônico. Os participantes sugeriram algumas modificações no modelo, como, por exemplo, a avaliação quali-quantitativa da água na calha do rio. Todos os participantes concordaram que modelos qualitativos contribuem para a gestão de recursos hídricos, à medida que aumentam o entendimento do sistema, possibilitam examinar as consequências de determinadas ações humanas e podem contribuir para a solução de conflitos no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A partir das respostas ao questionário foi possível avaliar, segundo visão dos participantes, como os modelos qualitativos podem contribuir no processo de alocação de águas em bacias hidrográficas. A seguir, na próxima seção, apresentamos a análise dos resultados obtidos com a aplicação do questionário.

### **Análise dos Resultados da Avaliação**

Participaram da atividade de avaliação 16 pessoas. Verificou-se que a maioria dos avaliadores é da área das ciências exatas ou biólogos, e que 100% do total de participantes declararam ter tido algum tipo de experiência com problemas ambientais em bacias hidrográficas. Nesse sentido, foram considerados potenciais usuários de modelos qualitativos.

Entre os que responderam ao questionário, 80% consideraram que as quantidades (variáveis) selecionadas para o compor o modelo poderiam sofrer alguma modificação nas relações entre si, com, por exemplo, um P-entre a quantidade 'água para produção de energia hidroelétrica' e 'impacto ambiental negativo na foz'. No entanto, consideram que modelos qualitativos têm boa aplicabilidade, principalmente no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica. No que diz respeito ao uso do modelo para comunicar conceitos, 100% dos participantes acharam que a possibilidade de expressar conceitos por meio dos modelos causais qualitativos é média ou grande. A Tabela 6 apresenta uma síntese das respostas relativas ao grau de dificuldade que os participantes encontraram para entender alguns elementos dos modelos qualitativos.

**Tabela 4 - Grau de dificuldade em compreender conceitos ligados à modelagem qualitativa.**

<b>Elementos</b>	<b>Muito difícil</b>	<b>Difícil</b>	<b>Médio</b>	<b>Fácil</b>	<b>Muito fácil</b>
Representação da estrutura do sistema modelado	0	0	40%	60%	0
Relações de causa e efeito	0	0	20%	80%	0
Processos	0	0	60%	40%	0
Quantidades (variáveis)	0	20%	20%	60%	0

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram que a maioria dos avaliadores do modelo considerou, de modo geral, média ou fácil a compreensão dos elementos do modelo qualitativo. Nota-se que 60% dos avaliadores do modelo consideraram média a compreensão do que é processo.

Muitos dos participantes fizeram sugestões no sentido de aperfeiçoar o modelo, sugerindo quantidades que poderiam ser suprimidas, acrescentadas ou modificadas, para melhor entendimento de seu significado. Por exemplo, foi sugerido que a quantidade 'qualidade de vida da população local' afetasse o crescimento socioeconômico da região, de forma que quando uma aumentasse a outra também caminhasse na mesma direção. Os avaliadores registraram diversas observações no questionário. Entre elas, podemos citar:

- modelos têm boa aplicabilidade devido a sua didática e o seu desenvolvimento de idéias por etapas, que organizam o raciocínio;
- a utilização de modelos qualitativos ajuda a expor as consequências de ações antrópicas e relações de sistemas naturais;
- modelos ajudam na gestão de recursos hídricos, através do mapeamento de informações de diagnóstico prévio e do monitoramento temporal sequenciado, dos indicadores físicos , biológicos e sociais da bacia;
- modelos qualitativos colaboram na solução de conflitos no âmbito de comitês de bacias hidrográficas, municiando-o de informações técnico-científicas fidedignas de cada estudo de caso a ser gerenciado;





- método de extrema importância para solucionar conflitos, pois expõe para as diferentes áreas envolvidas as demandas das demais.

A Tabela 6 sintetiza as opiniões dos participantes em relação à facilidade com que pessoas com diferentes formações podem apreender os conhecimentos representados no modelo qualitativo.

**Tabela 5 - Grau de dificuldade que teriam diferentes grupos de possíveis usuários para compreender conceitos expressos no modelo qualitativo.**

Grupos de pessoas	Muito difícil	Difícil	Médio	Fácil	Muito fácil
Agricultores	25%	50%	25%		
Pescadores	25%	75%			
Funcionários de prefeituras		25%	75%		
Empresários			50%	50%	
Trabalhadores do comércio e turismo		25%		75%	
Membros de ONG		25%		50%	25%
Donas de casa		50%	50%		
Estudantes do ensino médio			75%	25%	
Membros de um Comitê de Bacia			25%	50%	25%

Os dados mostrados na Tabela 3 sugerem que os participantes da avaliação consideraram ser o nível de escolaridade e a experiência em gestão de recursos hídricos fatores importantes para a compreensão de modelos qualitativos como o que foi apresentado para avaliação. Nesse caso, empresários, membros de ONGs e membros de Comitês seriam os usuários que teriam maior facilidade para lidar com essas ferramentas.

Este trabalho constitui de um estudo que envolveu a construção de modelos qualitativos e a análise de sua aplicabilidade na gestão de recursos hídricos. O processo de tomada de decisão em questões relacionadas ao uso dos recursos hídricos necessita de técnicas que possibilitem a criação de uma linguagem comum visando facilitar a apropriação de conhecimento e reduzir as incoerências coletivas que evidenciem opções estratégicas possíveis (Godet, 1997). Essas técnicas auxiliam a estruturação e a organização do processo de reflexão participativa, identificando e hierarquizando soluções alternativas de problemas em função de critérios e políticas múltiplas (Srdjevic *et al.*, 2004).

Em geral, modelos são associados a formulações (equações) matemáticas. Entretanto, o conhecimento incompleto de sistemas e a falta de dados numéricos completos e de boa qualidade limitam o uso desses modelos (Salles, 2004). Os métodos baseados em RQ permitem a representação do conhecimento integrado das características e comportamentos relevantes dos sistemas, preservando características da modelagem tradicional, sem, entretanto, requerer descrições analíticas profundas ou informações numéricas completas sobre as funções (Brajnik e Line, 1998).

A construção de modelos como aquele apresentado na Figura 9, e posterior discussão com potenciais usuários representa o primeiro esforço para a modelagem de sistemas que tratem das questões sociais, econômicas e ambientais relacionadas à alocação e à outorga de uso da água para usos múltiplos em uma bacia. O cenário escolhido para este estudo incluiu a destinação de água para manutenção dos ecossistemas aquáticos e geração de energia hidroelétrica na bacia do Rio São Francisco. Nesse contexto, o modelo buscou antecipar problemas decorrentes dessas atividades e, de acordo com os participantes da atividade de avaliação, as escolhas de quantidades e relações foram bem sucedidas, podendo ser refinadas.

O uso de um vocabulário cotidiano – uma das premissas pedagógicas da abordagem de Raciocínio Qualitativo utilizada – foi aprovado pelos avaliadores do modelo. Vale ressaltar que em menos de uma hora, tempo que durou a atividade de avaliação, os avaliadores foram apresentados aos fundamentos do RQ, puderam compreender as relações de causalidade presentes no modelo e, finalmente, ainda elaboraram considerações diversas sobre a utilização dessa metodologia junto aos *stakeholders* de uma bacia hidrográfica. Esses resultados confirmaram o grande potencial dos modelos causais no sentido de facilitar a contextualização e a comunicação entre os envolvidos no processo de tomada de decisão em Comitês de Bacia Hidrográfica.



A ontologia fornecida pela Teoria Qualitativa dos Processos tem sido utilizada em diversos trabalhos destinados a aumentar a compreensão dos fatores que influenciam a gestão de recursos hídricos, trabalhos que, de certo modo, contribuíram para a idealização deste estudo (Salles *et al.*, 2006; Araújo, 2005; Anjos, 2005). Por exemplo, Salles *et al.* (2006) realizaram estudos exploratórios sobre o uso do RQ para a recuperação de rios degradados, em particular de recursos pesqueiros influenciados pela quantidade de oxigênio dissolvido. Araújo (2005) apresentou um estudo sobre qualidade da água em que o lançamento de efluentes e o oxigênio dissolvido são os principais temas abordados. Os resultados obtidos pela autora indicam que os modelos qualitativos geraram previsões confirmadas pelos dados de campo, disponibilizados pela companhia local de águas e esgotos.

Além da descarga de esgotos em corpos d'água, abordados nos modelos anteriores, a erosão é outro fator relevante para a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos. Anjos (2005) modelou os efeitos da urbanização sobre a vegetação ripária, rica em biodiversidade, e solicitou, a pessoas de diferentes formações e experiências em gestão de recursos hídricos que avaliassem seus modelos. Os resultados reafirmaram o potencial dessa abordagem como ferramenta de apoio para a gestão de recursos hídricos. No entanto, em seu estudo o autor recomenda que o público alvo participe ativamente na construção dos modelos, e que estes sejam apresentados de maneira simples e em grau crescente de complexidade.

Diferentes técnicas de Raciocínio Qualitativo foram utilizadas em outros estudos sobre o uso de recursos hídricos (Guerrin, 1991; Guerrin e Dumas, 2001). No entanto, apenas o trabalho de Salles *et al.* (2006) aborda uma bacia de grande porte, com trechos em regiões semi-áridas, como é o caso da bacia do Rio São Francisco. Dessa forma, o presente trabalho tem caráter estratégico para a aplicação do RQ a novos problemas, como aqueles colocados por condições diferentes ao longo do curso do rio e pela necessidade de soluções diferenciadas para as demandas de uso da água.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho procurou-se demonstrar como uma técnica de RQ, o uso de modelo causal, e posteriores resultados da simulação de cenários podem contribuir para modelar o problema da alocação de recursos hídricos para atender demandas ecológicas na Bacia do Rio São Francisco. Os resultados obtidos confirmam expectativas anteriores de que ferramentas construídas com técnicas de RQ podem ser úteis no processo de alocação e outorga de recursos hídricos, pois permitem formalizar conhecimentos relevantes para a definição de objetivos, formulação de critérios e alternativas e atribuição de pesos que tipicamente ocorrem na etapa de negociação que precede a tomada de decisão. Além disso, a avaliação do modelo por potenciais usuários mostrou que essa abordagem pode contribuir para a interpretação das consequências de determinadas ações humanas e para a solução de conflitos em questões tratadas em comitês de bacias hidrográficas.

Recomenda-se que se investiguem as condições para usar o Raciocínio Qualitativo na integração entre as etapas de negociação e tomada de decisão, quando são utilizados algoritmos consagrados como PROMETHEE (Brans e Vincke, 1985), ELECTRE (Roy, 1968) e AHP (Saaty, 1980). É certo que o Raciocínio Qualitativo oferece abordagens promissoras para dar suporte à tomada de decisão no processo de gestão participativa dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, Flávia Bezerra; CIDREIRA, Tatiana dos Santos. Alocação de águas em bacias hidrográficas: uma abordagem ambiental. Monografia Curso de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos – Salvador, 2006. 62 f.
2. ANJOS, B.V. (2005). “Modelagem em Raciocínio Qualitativo sobre Degradação de Vegetação Ripária na Micro bacia do Riacho Fundo”. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal.
3. ARAÚJO, S.C.S. Modelos de Simulação Baseados Em Raciocínio Qualitativo Para Avaliação Da Qualidade Da Água Em Bacias Hidrográficas. 2005. 218f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas. Departamento de Ecologia. Brasília, 2005.
4. BARBOSA, D.L. et al. Vazão ecológica – Metodologias aplicadas e estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 16. 2005, João Pessoa, PB.



5. BOWER, A., LIEM, J., BREDEWEG, B. (2005). "User Manual for Single-User Version of QR Workbench". Deliverable document D6.4, NaturNet-Redime (New education and Decision Support Model for Active Behaviour in Sustainable Development Based on Innovative Web Services and Qualitative Reasoning), EU STREP, project number 004074. Disponível em: <www.naturnet.org>
6. BRAJNIK, G.; LINE, M. (1998). "Qualitative modeling and simulation of socioeconomic phenomena". Journal of Artificial and Social Simulation (1)1,. Disponível em: <www.soc.surrey.ac.uk/JASS/1/1/2.html>. Acesso em 27 jun. 2005.
7. BRANS, J. P., e VINCKE, Ph.. (1985). "A preference ranking organization method".. Manag. Sci., v. 31, pp. 647-656.
8. Brasil. Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9 433, 8 de janeiro de 1997.
9. BREDEWEG, B. Expertise in Qualitative Prediction of Behaviour. 1992. 271f. PhD thesis (Doutorado em Inteligência Artificial). University of Amsterdam. Amsterdam, The Netherlands, 1992.
10. BREDEWEG, B.; BOUWER, A.; LIEM, J. Single-user QR model building and simulation workbench. NaturNet-Redime, STREP project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006). Project no. 004074. Project Deliverable D4.1, 2006.
11. BREDEWEG, B.; STRUSS, P. Current Topics in Qualitative Reasoning (editorial introduction). AI Magazine, v.24, n.4, p.13-16, 2003.
12. CAMPOS, J. N. B. et al. Alocação e realocação do direito de uso da água: uma proposta de modelo de mercado limitado no espaço. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, n. 2, 2002.
13. CBHSF. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Módulo 1 Resumo Executivo; versão final aprovada pelo Plenário do CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (III Plenária - Juazeiro, junho 2004 e IV Plenária - Salvador-outubro 2004).
14. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M. Apoio à Decisão – Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas. Florianópolis: Insular, 2001. 296p.
15. FARIA, A. S.; MEDEIROS, Y. D. P. ; SRDJEVIC, B. Aplicação de Técnicas Computacionais para Tomada de Decisão no Processo de Alocação de Água na Bacia do Rio Paraguaçu - Bahia. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7, 2004,. São Luis/MA. Anais... (CD Rom). São Luis/MA: ABRH/NE, 2004.
16. FARIA, Alessandra da Silva; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto ; SRDJEVIC, Bojan. Aplicação de Ferramentas de Tomada de Decisão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu. In: VI Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2003, Cabo Verde / África. Anais do VI Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos países de Língua Oficial Portuguesa. Cabo Verde / África : ABRH, 2003. v. 1
17. FIGUEROA, F.E.V. et al. Aplicabilidade do método de análise multiobjetivo TOPSIS à gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 3, 2004, Goiânia/ Brasil. Anais... (CD Rom). Goiânia: UFG, 2004.
18. FORBUS, K. Qualitative Process Theory. Artificial Intelligence, Cambridge, n.24, p. 85-168, 1984.
19. FORBUS, K. Qualitative Reasoning. Draft of a chapter for the CRC Handbook of Computer Science. CRC Press. 1996.
20. GARJULLI, R. et.al. Projeto Marca D'água Relatórios Preliminares 2001 - A Bacia do Rio Jaguaribe, Ceará – 2002. Disponível em: <http://www.marcadagua.org.br/jaguaribe.pdf> . Acesso em 15/02/2007, às 14:25.
21. Glossário de termos hidrológicos. SEPLANTEC/SRH/SERGIPE. Disponível em: [www.seplantec-srh.se.gov.br](http://www.seplantec-srh.se.gov.br). Acesso em 15 de setembro de 2008, às 13:28.
22. GODET, M. (1997) "Manuel de prospective stratégique, tomo 2": L'art et la méthode, Paris.
23. GUERRIN, F. (1991). "Qualitative reasoning about an ecological process: interpretation in hydroecology". Ecological Modelling 59: 165-201.
24. GUERRIN, F.; DUMAS, J. (2001) . "Representation and qualitative simulation of salmon reed functioning. Part I: qualitative modelling and simulation". BioSystems, v. 59, p. 75-84.
25. HOBAN, J.T. Managing Conflict. A Guide for Watershed Partnerships. In: [www.ctic.purdue.edu/KYW/Brochures/ManageConflict.html](http://www.ctic.purdue.edu/KYW/Brochures/ManageConflict.html). Acesso em 26/02/2007 às 08:55. 2001.
26. LABADIE, J. Program MODSIM, river basin network flow model for the microcomputer. Department of Civil Engineering. Colorado State University, Fort Collins, Co. 1988.
27. MEDEIROS, Y.D.P. Aplicação da programação linear inteira 0 (zero) e 1 (um) na otimização de sistemas de recursos hídricos a múltiplos propósitos. 1985. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1985.
28. MORAES, M.G.A.; CIRILO, J.A.; SAMPAIO, Y. Apoio a decisão na gestão de recursos hídricos usando modelo econômico-hidrológico integrado para alocação ótima de Água: uma aplicação na bacia do Rio



- Pirapama. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 16, 2005, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABRH, 2005.
29. ROBERTO, Alexandre Nunes; PORTO, Rubem La Laina. Alocação da água entre múltiplos usos em uma bacia hidrográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13.1999, Belo Horizonte, MG.
  30. ROY B. (1968) "Classement et choix en presence de points devue multiples (la methode ELECTRE)", Revue d Informatique et de recherche operationelle, 6(8) 57-75.
  31. SAATY, T.L. (1980). "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, Inc.
  32. SALLES et al. Uso de Raciocínio Qualitativo no Processo de Alocação de Águas em Bacias Hidrográficas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 1, 2006 (a). Curitiba/Brasil. Anais... (CD Rom). Curitiba: ABRH/Sul - Sudeste, 2006.
  33. SALLES, P. Objetivo de Desenvolvimento do Milênio 7: garantir a sustentabilidade ambiental. Relatório nacional sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Brasília: Centro de Pesquisa e Opinião Pública, 2004, Universidade de Brasília; PNUD; Belo Horizonte: PUCMinas /IDHS.
  34. SALLES, P.; BREDEWEG, B.; ARAÚJO, S. Qualitative models about stream ecosystem recover: exploratory studies. Ecological Modelling, 194 (1-3), p.80-89. 2006 (b).
  35. SILVA, L.M.C.; NOLETO, F.A.; RIBEIRO, M.O. Alocação negociada de água do açude Cocorobó (Rio Vaza Barris, Canudos - BA). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8, 2006. Gravatá/Brasil. Anais... (CD Rom). Gravatá: ABRH/NE, 2006.
  36. SILVA, U.P.A; COSTA, A.M; LIMA, G.P.B. A Experiência da Alocação Negociada de Água nos Vales do Jaguaribe e Banabuiú. In: ENCONTRO REGIONAL DE COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 2, 2006, Natal/RN.
  37. SRDJEVIC, B.; MEDEIROS, Y. D. P. ; FARIA, A. S.. (2004). "An Objective Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios". Journal of Water Resources Planning and Management, Kluwer Academic Publishers. Pr. v. 18, n. I, p. 35-53.
  38. UNESCO. (1999). "Educação para um futuro sustentável: uma visão transdisciplinar para ações compartilhadas". Brasília: Ed. IBAMA. 118 p.
  39. SALLES, P.; BREDEWEG, B. (2003a). "Qualitative Reasoning about Population and Community Ecology". AI Magazine, Volume 24, Number 4, pages 77-90.
  40. SALLES, P. (2006). "Da possibilidade de aplicar RQ à tomada de decisões". Manuscrito não publicado. Universidade de Brasília, Projeto AMODOUTOR.