

# APRIMORAMENTO DO PROCESSO DE ALOCAÇÃO ÁGUA DE CURTO PRAZO NO CEARÁ ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO CLIMÁTICA

Francisco de Assis de Souza Filho<sup>1,2</sup> & Rubem L.L. Porto<sup>2</sup>

**Resumo** - Este trabalho propõe metodologia alternativa para o cálculo do volume alocável na macro alocação anual dos hidrossistemas Cearenses. Esta metodologia alternativa contempla a utilização da previsão climática para as vazões a construção de cenários alternativos ao processo de tomada de decisão.

**Abstract** - This work proposes alternative methodology for the calculation of the water allocate volume in the annual allocation of hidrossistemas. This alternative methodology use inflow climatic forecast and alternative scenaries to the decision makers

## INTRODUÇÃO

A análise do processo de alocação de recursos hídricos em ambiente de alta variabilidade climática é o objetivo deste texto. Propõe-se uma metodologia com vistas a reduzir as desvantagens comparativas de região de alta variabilidade climática, ao ter que reduzir ainda mais suas parcas disponibilidades em nome da segurança extrema do abastecimento. A utilização da informação climática é a chave neste processo. A metodologia procura assim construir mecanismo de convivência com as incertezas, necessária em ambiente de variabilidade e mudança climática, propondo um mecanismo de alocação de água com a utilização da previsão climática das vazões afluentes aos reservatórios.

A construção deste objetivo foi realizado através da utilização de um modelo de previsão de previsão de vazões desenvolvido por Souza Filho e Lall (2003 a,b) . Estas vazões afluentes foram incorporadas em um modelo de operação de um sistema de reservatórios com suas demandas com

---

<sup>1</sup> Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. [assisfilho@seccrel.com.br](mailto:assisfilho@seccrel.com.br). (85)4331803

<sup>2</sup> Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária - Av. Prof. Almeida Prado, 271 – Trav. 3 - Cidade Universitária - São Paulo – Brasil - CEP: 05508-900 - Tel: (11) 3091 5403 [assisfilho@seccrel.com.br](mailto:assisfilho@seccrel.com.br), [rlporto@usp.br](mailto:rlporto@usp.br);

vistas a elaboração de cenários de alocação de água. Outra abordagem para o cálculo das afluências foi obtida através de modelação estocástica multivariada.

## **Modelos de Alocação de Água**

Os projetos em recursos hídricos estão associados usualmente a grandes investimentos que normalmente os mercados de capitais não tem a capacidade de financiar. Em função dos investimentos necessários serem grandes e das falhas de mercado nos projetos de recursos hídricos as infra-estruturas hídricas são investimentos e construções do setor público (World Bank, 1993). Em muitos casos a alocação de água é usada pelo governo para promover a reforma agrária, redistribuição de renda, segurança alimentar, desenvolvimento de regiões e como parte da equação de bem estar social. Esta estratégia associada as características físicas da água e a dificuldade de transporte e alocação e o grande número de usos associados a geração de benefícios em seu consumo a alocação pública (governamental) continua sendo o principal mecanismo de para diversos países. Dinar et al(2002) .

Os princípios econômicos que orientam a alocação de um recurso escasso segundo Dinar et al(2002) são:

- **Eficiência econômica** entendida, como a maximização do bem estar social ou como o benefício econômico marginal para um uso é igual para todos os setores;
- **Equidade** entre os grupos com diferentes capacidades econômicas, a equidade pode ou não ser consistente com a eficiência;
- **Crítérios de alocação:** i)flexibilidade na alocação das disponibilidades com possibilidade de realocação entre usos e usuários, entre locais e com as mudanças nas demandas; ii)Segurança para os usuários; iii)custo de oportunidade real; iii)previsibilidade dos resultados do processo de alocação; iv)aceitação pública e política do processo de alocação.

Os modelos de alocação mais utilizados são: i) o preço baseado no custo marginal; ii)alocação pública; iii)mercado de águas e iv)alocação baseada nos usuários. Uma descrição e a análise da utilização destes modelos de alocação no semi-árido será objeto de outro trabalho.

## **Modelo de Alocação de água no Ceará**

Analisa-se o processo de alocação na ambiência jurídico e institucional do Ceará.

O processo de alocação atual no Ceará é construído em duas fases: a primeira é a Macro Alocação Negociada e a segunda fase é a outorga. No processo de Macro Alocação define-se o volume de água disponível para a alocação, isto é, o nível de racionamento necessário. Definindo inclusive a quantidade de água para cada uso e região. A outorga personaliza a definição da Macro

Alocação, definindo a quantidade destinada a cada usuário particular. O fluxo da decisão de alocação é apresentado na Figura 1.

Alguns fatos positivos devem ser destacados neste processo de macro alocação: i)A forte participação pública no processo; ii)O estabelecimento de um consenso na sociedade sobre a alocação realizada; iii)O estabelecimento de mecanismos de avaliação, acompanhamento e controle por parte dos usuários e sociedade civil da implementação do acordo realizado; iv)Suporte técnico das informações de monitoramento na decisão inicial e na avaliação e controle; v)A operação do sistema hidráulico ser parte decisiva em todo o processo.

O processo de alocação de água é um processo político e ocorre através da negociação da regra anual de operação dos reservatórios. Este tipo de modelo, conforme bem definiu Grigg (1996), pressupõe: a identificação dos grupos de interesse; ii) a identificação das trocas potenciais e estratégias na negociação; iii) a participação popular; iv) o estabelecimento de alternativas que possibilitem aproximações no sentido da resolução do conflitos; v)identificação das preferências individuais e de grupos; vi)análise do comportamento, votação e outros conceitos das ciências políticas.

O processo de macro alocação do Ceará descrito é um processo de alocação política. Este processo não é o único, decisões baseadas no mercado e decisões de caráter técnico podem ser as definidoras da alocação de água. A Figura 2 apresenta o espaço destas decisões e posiciona o tipo de decisão do Ceará com relação a tomada nos estados americanos do Colorado e Califórnia.

A outorga é instrumento de gerenciamento de recursos hídricos na medida em que é instrumento de alocação de água, caso contrário é apenas uma peça burocrática.

A forma política de alocação *pode* vir a incorporar um sistema de critérios e valores mais amplos que a alocação econômica, permitindo equacionar melhor o uso social e ecológico da água.

A outorga de uso da água é instrumento de gestão prioritário no atual modelo de gerenciamento definido pela legislação em vigor. A decisão técnica pode ser adotada em ambiente de forte regulamentação dos critérios e princípios da outorga.

O processo de alocação de água no Ceará, hoje, se dá nas audiências públicas realizadas pela COGERH nos reservatórios isolados ou nas grandes reuniões dos comitês de bacia ou comissões de usuários de água onde se define a regra de operação dos reservatórios. A definição da regra de operação dos reservatórios é em si o primeiro passo da alocação da água estocada, o segundo está na tomada d'água do usuário.O fluxo da decisão de alocação é apresentado na Figura 1.

**Dados Básicos.** A base de dados necessárias à tomada de decisão é o cadastro de usuários, os dados dos reservatórios e os dados oriundos do monitoramento dos estoques de água e da qualidade da água. **Modelos.** Os modelos necessários ao processo de negociação e a outorga são modelos de estimativa da demanda, modelos de simulação de reservatórios e modelos de qualidade da água.

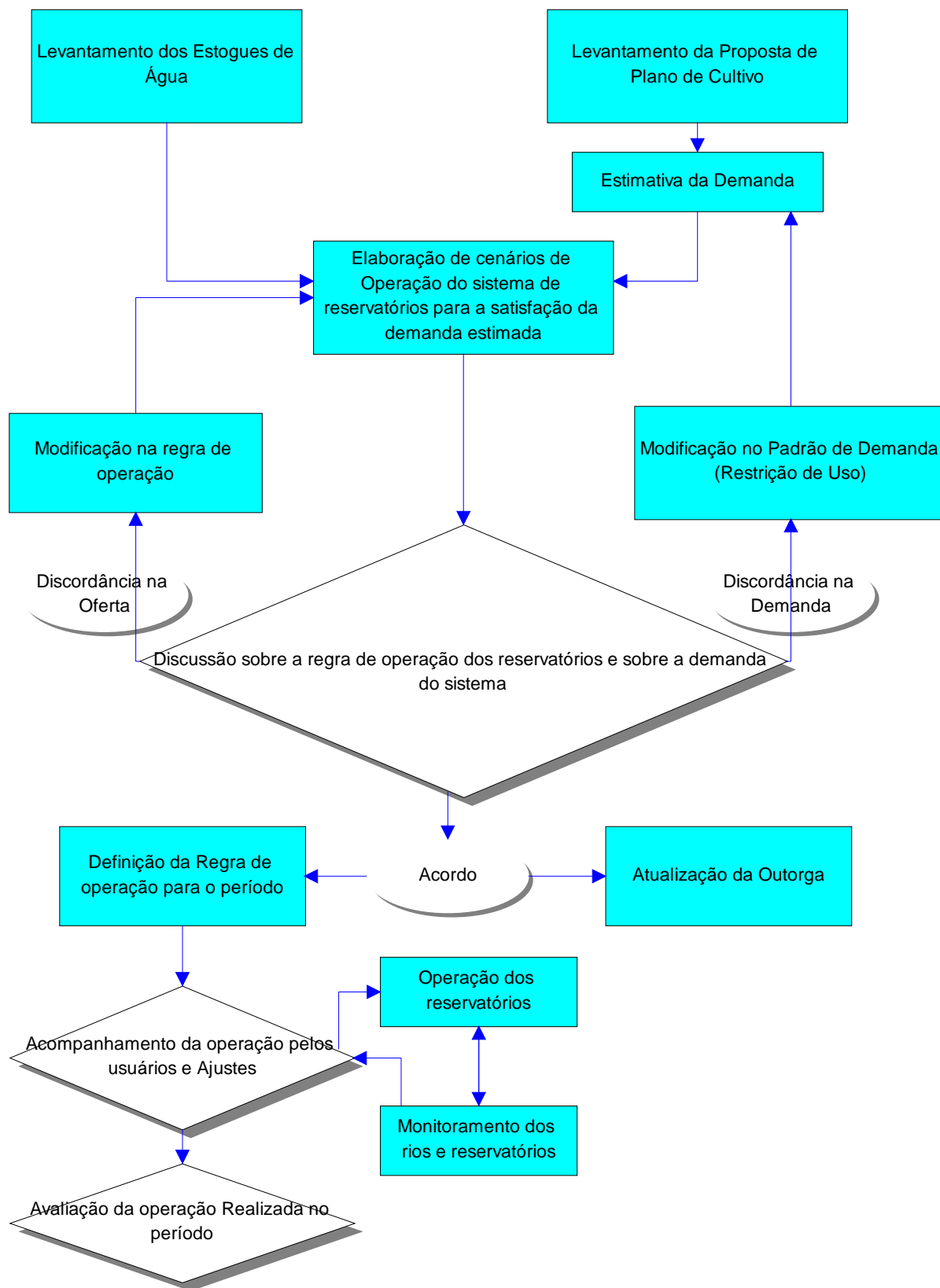
## O volume alocável de longo prazo

O volume alocável de longo prazo é uma função da garantia do suprimento desejada. Maiores garantias estão associadas a volumes menores. A garantia ótima pode ser diferente para diferentes usos e diferentes usuários. O volume alocável (outorgável) de longo prazo no Ceará é noventa por cento (90%) da vazão com 90% de garantia. Esta garantia não garante o ponto ótimo de utilização para os diferentes usos e usuários pelo motivo já apresentado. Observa-se também que há diferença entre os valores de vazão obtidos calculando-se a garantia de forma anual ( $1-nfa/NA$ ), mensal ( $1-nfm/NM$ ) ou a garantia volumétrica (razão entre volume ofertado e volume demandado). A lei não especifica a qual destas garantias se refere. Lembrando que nfa é o número de anos em que houve falha de abastecimento em pelo menos um mês; NA é o número total de anos; nfm é o número de meses com falha no abastecimento e NM é o número total de meses.

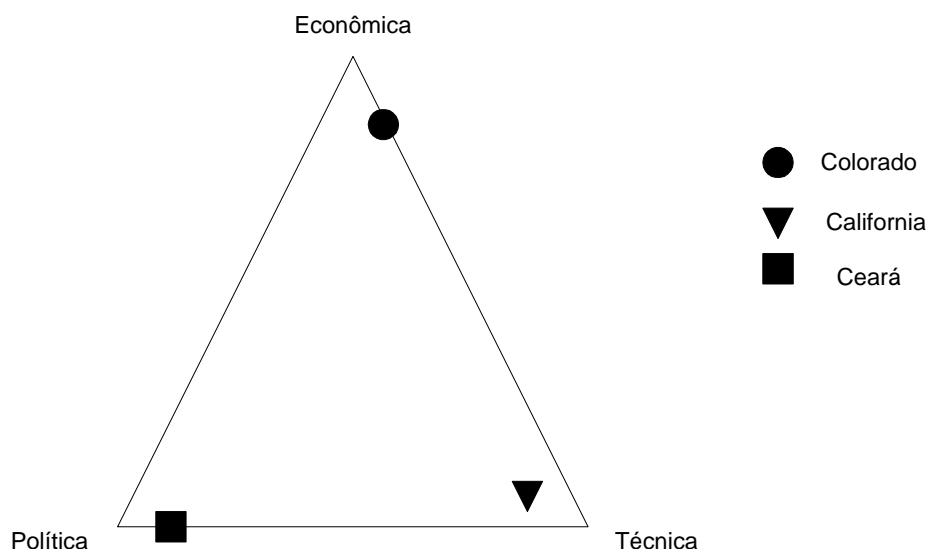
A garantia está associada a uma incerteza. A incerteza do suprimento hídrico produzida pela grande variabilidade dos deflúvios é uma realidade que necessita ser incorporada na definição do volume alocável de um reservatório. Não basta a definição da vazão regularizada de longo termo é necessário referência da vazão regularizável em séries temporais de menor duração, tais como as de trinta e sessenta anos. Na perspectiva de provê referência da regularização destas séries e os riscos associados as regularizações associada as mesmas é que se constrói o texto a seguir.

O processo de alocação atual tem como base o cálculo do volume outorgável (90% de  $Q_{90}$ ). Calcula-se esta vazão e outorga-se até o valor do volume outorgável. Todos os usos são outorgados com a garantia de 90% calculado com base na falha mensal. Alguns melhoramentos poderiam ser obtidos através das seguintes ações:

- outorgar uma percentagem de um volume de referência arbitrário (não necessariamente associado a uma dada garantia), este volume seria dividido dinamicamente em lotes com prioridades diferentes. A cada ano o comitê ou a SRH definiria um fator multiplicativo (Fator de Alocação-FA) por hidrossistema e por prioridade de uso. Este fator multiplicado pelo volume outorgado de longo curso seria o volume alocado para aquele ano para o usuário. A outorga, assim, é realizada de forma plurianual e tem um ajuste anual em função dos volumes disponíveis nos reservatórios.
- Volume alocável poderá ser calculado para diferentes garantias e as outorgas serem dadas para estas garantias diferenciadas.



**Figura 1** :Estrutura da decisão sobre a operação de reservatórios



**Figura 2:** Espaço de decisão da alocação de água

### O volume alocável de curto prazo

A alocação de curto prazo tem como fator determinante a sazonalidade do regime fluvial. No semi-árido com rios intermitentes o ciclo anual tem dois momentos: no primeiro semestre do ano há a possibilidade de ocorrência de vazões significativas; no segundo semestre os rios apresentam vazão zero. Assim, a disponibilidade de água superficial é única e exclusivamente da água oriunda dos reservatórios. Conhecer os estoques de água em julho é conhecer a disponibilidade hídrica superficial.

A Macro Alocação se utiliza desta informação para tomar uma decisão determinística com futuro conhecido de seis(6) meses (julho à dezembro). Esta visão do ponto de vista da oferta é consistente com a da demanda que tem a demanda da irrigação (maior usuário) do segundo semestre onde a irrigação é complementar as chuvas.

O problema estaria fechado e com uma abordagem determinística se não fosse a necessidade da regularização plurianual que impõe a pergunta: quanta água devo manter no reservatório ao final do ano? A resposta desta pergunta é forte restrição ao volume alocável no horizonte de 6 meses.

A resposta historicamente dada aquela pergunta foi manter no reservatório, no mínimo, a quantidade de água que satisfizesse as demandas humanas no ano seguinte sem racionamento, mesmo que as vazões afluentes ao reservatório fossem nulas no ano seguinte. O horizonte do plano de operação deixa de ser 6 meses e passava a 18 meses com uma formulação determinística.

Esta regra está associada a uma otimização com função objetivo MAXMIN(BENEFÍCIO). O pior estado da natureza já ocorrido foi o de vazões anuais zero, assim, os menores benefícios estariam associados a este estado da natureza. Desta forma bastava maximizar os benefícios neste

estado da natureza para termos o resultado do MAXMIN. Esta maximização imporia a utilização da água para a irrigação o mais cedo possível (devido a linearidade de sua curva de demanda) e a imposição de que o racionamento do abastecimento humano fosse o menor e mais constante possível no horizonte de análise (devido ao forte decréscimo dos benefícios marginal para índices de satisfação da demanda mais elevada).

Esta abordagem minimiza o risco, porém, pode levar a um elevado nível de arrependimento devido a imposição de racionamento do abastecimento humano e a irrigação realizada no período de julho a dezembro se mostrarem totalmente desnecessário após a recarga dos reservatórios ocorridos no período de janeiro a junho do ano seguinte. Os benefícios de longo prazo são menores na MAXMIN que em outras abordagens possíveis.

A utilização de uma metodologia que maximize o benefício em uma análise de longo prazo ou que reduza o arrependimento a cada realização é desejável. Estas abordagens estariam sujeitas a um risco maior que a MAXMIM. Pode-se a aqueles objetivos associar o risco máximo desejado, de forma tal que quanto maior for o risco maior a disponibilidade. Os cenários a serem construídos para esta análise podem utilizar a série histórica ou de uma previsão climática das vazões. A previsão tem por objetivo reduzir o erro da utilização da série histórica (clima) tanto na estimativa do valor esperado, como na redução da dispersão (variância) das vazões utilizadas para a construção dos cenários. Uma previsão é considerada boa se consegue reduzir o erro do clima.

O que se propõe enfim é a adoção de um risco aceitável no processo de alocação com vistas a aumentar o nível atual de benefícios dos empreendimentos agrícolas, industriais e a satisfação das demandas de consumo humano. Para este fim foram elaborados os modelos de previsão de vazões apresentados a seguir.

### **Informações climáticas na alocação**

A previsão de vazão pode ser realizada utilizando-se modelagem dinâmica ou estatística. Um procedimento para a realização de tais previsões é o uso de Modelos de Circulação Gerais (GCMs) do oceano e a atmosfera, seguindo-se por "downscaling" que usa Modelos regionais de previsão de clima ou aproximações estatísticas, seguido por modelos chuva-deflúvio concentrados ou distribuídos. Esta é uma direção de pesquisa útil. Neste momento, ainda estão sendo avaliados assuntos relacionados a propagação de incerteza ao longo da metodologia, processos estão sendo parametrizados e capacidade de previsão final esta sendo avaliada.

Uma alternativa a esta metodologia é o desenvolvimento direto de previsões estatísticas para os aportes de água e as demandas a partir de uma adequada seleção de preditores do clima.

A aplicação destes modelos requer o conhecimento das relações entre o clima global e o regime de vazões e precipitações. Souza Filho e Lall (2003) descrevem os esforços realizados neste sentido.

O método desenvolvido em Souza Filho e Lall (2003) pretende prever vazões mensais mantendo a estrutura espacial e temporal da série de vazões históricas e em um período de operação dos reservatórios de três meses a 18 meses. Utiliza-se a re-amostragem com vistas a operar os hidrossistemas com vistas a tomada de decisões. Desenvolveu-se um método de re-amostragem de vazões condicionada ao estado climático. Utilizaram-se técnicas de regressão multivariada para explorar a relação entre vazões anuais (ou sazonais) e um conjunto de potenciais predictores climáticos. Pontos chave nesta previsão são a relação não linear e os resíduos desta regressão não apresentarem uma distribuição normal. A regressão linear é utilizada para transformar o espaço das variáveis preditoras. Emprega-se, no espaço transformado das variáveis preditoras, uma aproximação não paramétrica para a densidade de probabilidade condicional da matriz de vazões mensais. Em todos os locais, para o horizonte de interesse, são realizadas simulações de Monte Carlo para as vazões futuras geradas pelo método não paramétrico k-Nearest Neighbor.

O procedimento utilizado para desenvolver as previsões para os seis locais no Ceará utilizando a série de temperatura da superfície do mar em regiões do Atlântico e do Pacífico (NINO3). As idéias principais no desenvolvimento do algoritmo são:

i) As vazões nos seis locais tem alta correlação espacial e são aparentemente influenciadas pelo clima de uma maneira semelhante, este fato sugere a possibilidade da utilização de um mesmo modelo para todas as localidades.

ii) enquanto os índices de clima são autocorrelacionados, e tendo distribuição aproximadamente normal, as vazões anuais não parecem ser correlacionadas (pelo menos na análise autoregressiva habitual), sugerindo que um procedimento de previsão apropriado pode ser obtido pela regressão das vazões anuais/mensais e uma seqüência de valores de índices de climáticos;

iii) o uso de métodos estatísticos tradicionais, métodos paramétricos para construir um modelo comum de regressão linear para construir um modelo de previsão na escala anual e posterior desagregação mensal podem ser de difícil elaboração devido a grande assimetria das distribuições anuais e mensais, o grande número de vazões zero, e a relação não linear entre vazão e os índices do clima, e entre vazões mensais e anuais;

iv) os métodos não paramétricos para a regressão e estimativa da densidade de probabilidade podem também ter um sucesso limitado em uma aplicação direta, devido a grande amplitude dos dados de vazão, as dimensões do problema multivariado no espaço, e a quantidade de dados disponível;



v) por conseguinte, desenvolveu-se uma aproximação semi-paramétrica decompondo o problema de estimação em três partes: (1) a transformação das vazões anuais em cada local, com vistas a garantir na regressão destas vazões com os índices um resíduo normal e com variância aproximadamente constante; (2) um modelo de regressão de vetor (por exemplo, regressão agrupada, regressão de componente principal, ou regressão canônica) com redução de dimensão com vistas a desenvolver um modelo comum de previsão das vazões anuais utilizando como preditores um conjunto de índices climáticos com certa antecedência; e (3) utilizar este modelo de previsão para a reamostragem não paramétrica do conjunto de dados anuais da série histórica (e consequentemente um conjunto de vazões mensais/anuais em todos os locais), reamostragem esta construída a partir de valores atuais dos índices climáticos.

### **A Região de aplicação do Modelo**

O sistema de água de interesse é o Hidrossistema Jaguaribe-Metropolitano (JMH) no Ceará. Este é o sistema de água mais importante no Estado. Seis reservatórios principais abastecem as áreas irrigadas do Jaguaribe e a área metropolitana (Fortaleza). Os primeiros quatro reservatórios estão na região semi-árida do estado. Os registros de chuva nas bacias estão disponíveis desde aproximadamente 1911. O Registro de vazão nos locais tem diferentes datas de início variando de 1912 a 1970. Espera-se que a qualidade dos dados de vazão seja melhor para o reservatório de Orós, e pior para o Pacoti-Riachão. Observa-se certa quantidade de anos com vazão anual zero.

A vazão anual em todos os locais é altamente variável e assimétrica. Noventa por cento das vazões tem sua ocorrência nos meses de janeiro a junho. O Plano Estadual de Recursos Hídricos (SRH, 1991) e Plano de Bacia de Hidrografias (COGERH,2000\_a; COGERH,2000\_b) apresentam as projeções de demanda para JMH. A Bacia do Jaguaribe a demanda de água é 80% Irrigação e 20% urbano. A demanda de água das Bacias Metropolitanas é predominantemente para uso Urbano e Industrial. Por conseguinte, são distribuídas relativamente uniformemente as demandas na bacia Metropolitana durante o ano, enquanto essas na bacia de Jaguaribe se concentram na estação de irrigação (agosto a novembro).

### **Melhoria no Modelo de alocação de curto prazo proposta**

A alocação de curto prazo proposta tem como centro o comitê de bacia e o processo de negociação aí sediado. O processo tem início com a elaboração do cenário de demandas e oferta como mostrado na Figura 1. Seria acrescida aquele fluxograma para a construção dos cenários de alocação:

- uma clara definição de prioridades de abastecimento de cada um dos centro de demandas do hidrossistema.

- A previsão de vazões afluentes seria utilizada no cálculo dos volumes disponíveis
- O horizonte de operação do sistema deixaria de ser seis meses e passaria a 18 meses.

A operação do reservatório seria realizada e os demais passos seriam similares ao fluxo mostrado na Figura 1. Os cenários obtidos seriam analisados pelo Comitê de Bacia (reunião dos usuários do vale perenizado) e definindo uma solução de compromisso associada ao risco de desabastecimento calculado.

### **A construção de cenários de alocação de curto prazo**

Escolheu-se o modelo estocástico para apresentar a metodologia de construção de cenários. Este modelo facilita a análise de incerteza dos parâmetros e acredito ser de mais fácil entendimento para os usuários o conceito de ano similar.

### ***A regra de alocação***

A definição da regra de operação em simulação de sistemas de reservatório no modelo MODSIM é definida a partir de um sistema de prioridades e custos.

Simulações iniciais de teste e aprendizado do comportamento do sistema induziram a escolha do sistema de prioridades e custos que garantissem as seguintes decisões padrão de política de operação do sistema de reservatórios:

- A prioridade para o abastecimento urbano é superior ao abastecimento industrial e a deste é superior a agrícola;
- A prioridade para o mesmo uso é fixa, isto é, não variando em função do usuário.

### ***O modelo de Operação de reservatório***

A modelagem realizada para a alocação é realizada pela aplicação de um sistema de prioridades e custos no modelo de rede de fluxo denominado MODSIM. Este modelo foi desenvolvido pelo Prof. Labadie da CSU (Colorado State University). A interface utilizada para operacionalizar o trabalho foi desenvolvida pelo grupo do Prof. Rubem L. Porto no Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões da Escola Politécnica da USP que construiu uma interface gráfica para facilitar a aplicação do MODSIM, chamada de MODSIMP32.

O MODSIM faz parte de uma classe de modelos denominado de modelos de rede de fluxo. Os modelos de rede de fluxo na realidade misturam características dos modelos de simulação e otimização e podem incorporar as características estocásticas das vazões de entrada.

O Modelo utiliza uma estrutura de rede, entendendo-se rede como um conjunto de pontos, chamados nós (reservatórios, pontos de retirada de água, confluência de rios) e um conjunto de curvas, chamados ramos (ou arcos, ou ligações) que conectam um certo número de pares de nós.

Cada arco é caracterizado por três parâmetros, ou seja, os limites superior ( $S_{i,j}$ ) e inferior ( $I_{i,j}$ ) do fluxo que passas pelo arco (ex. capacidade máxima e mínima de um canal) e um “custo” ( $C_{i,j}$ ) por unidade de fluxo que transita pelo arco. Os custos podem ser positivos ou negativos, ou seja, podem representar uma penalidade (no caso de custo positivo), ou um prêmio (custo negativo). Este custo não significa, obrigatoriamente, um valor financeiro, podendo representar preferências estabelecidas pelo usuário. As capacidades máxima e mínima de cada arco podem ser fixas para todo o período de simulação ou podem variar ao longo do tempo. O problema de otimização toma, portanto a forma:

$$\text{Min} \sum \sum C_{ij} \times Q_{ij} \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum Q_{ij} - \sum Q_{ki} = 0 \quad (2)$$

e

$$I_{ij} \leq Q_{ij} \leq S_{ij} \quad (3)$$

onde  $Q_{ij}$  é a vazão que transita do nó  $j$  ao nó  $i$ .

A primeira equação é a função objetivo e representa o custo total da rede. A segunda estabelece que a rede dever ser totalmente conservativa (diz-se também totalmente circulante), ou seja, a soma das vazões afluentes ao nó  $i$  ( $Q_{ij}$ ) deve ser igual à soma dos fluxos que saem ( $Q_{ki}$ ). Esta é uma imposição do algoritmo que precisa ser obedecida incondicionalmente. A terceira equação representa o segundo tipo de restrição, ou seja, o valor da vazão em cada arco deve estar sempre na faixa limitada pelas capacidades mínima e máxima do arco.

### **Análise e Resultados da aplicação do modelo**

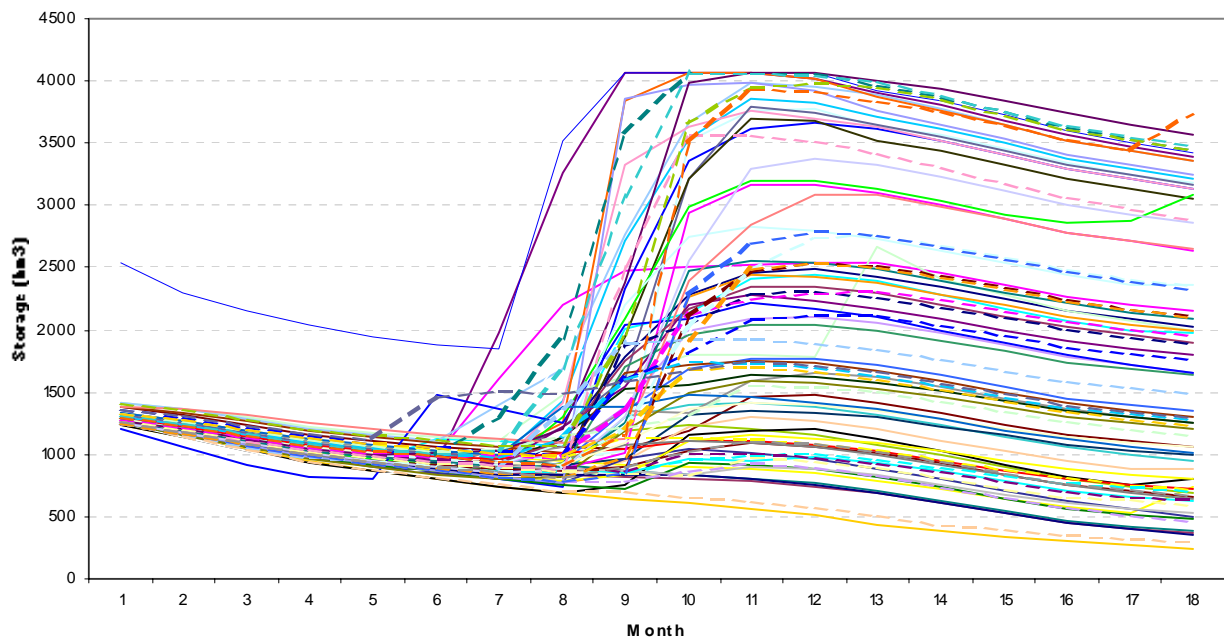
O cenário foi construído para um horizonte de simulação de 18 meses e sendo satisfeitas todas as demandas, não havendo racionamento.

Utilizou-se um indicador agregado da performance dos reservatórios para apresentar os resultados. O indicador agregado foi o armazenamento de água em todos os reservatórios do sistema Jaguaribe. A Figura 3 apresenta a simulação do sistema para todos os anos da série histórica (clima) para o ano de 1993 e a Figura 4 apresenta o resultado para s anos reamostrados para compor a previsão. O ano de 1993 foi um ano extremo de seca. Observa-se que os anos escolhidos apresentaram uma quantidade maior de anos secos que úmidos em valor absoluto em relação ao clima. Sinalizando a tendência de seca.

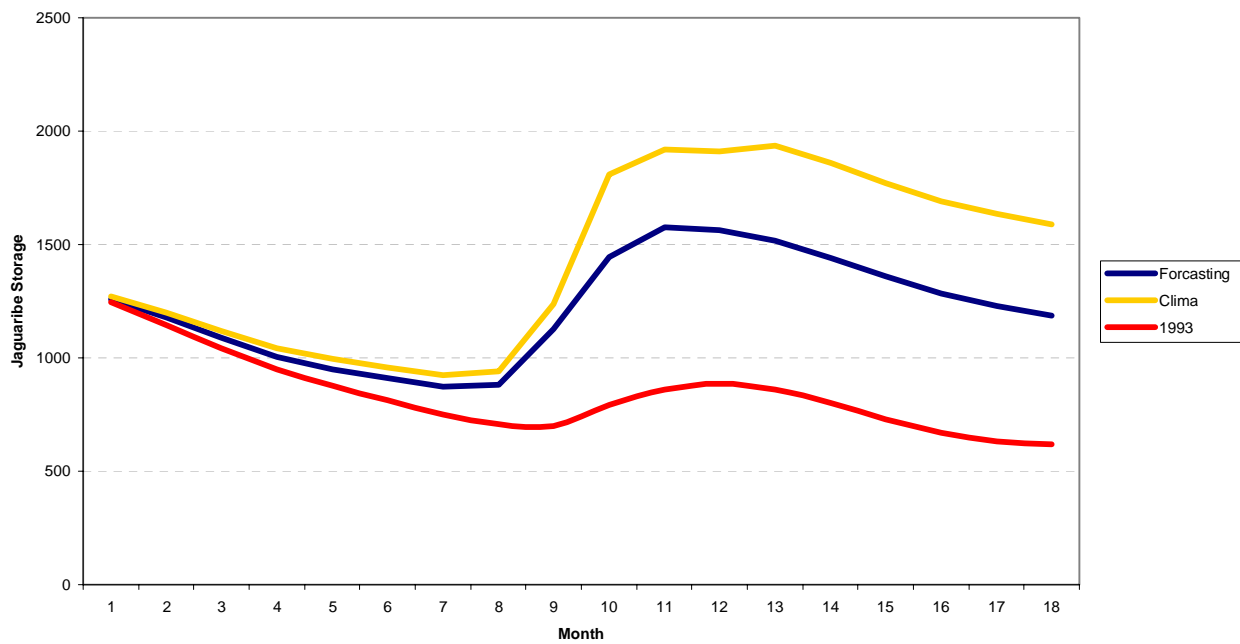
A Figura 5 reforça este fato mostrando que o valor esperado na previsão é menor do que o valor esperado do clima e com valores mais próximos dos desejados para 1993 se o futuro fosse conhecido. A Figura 6 apresenta os resultados para 1995 onde o valor esperado apresentou-se muito próximo do valor desejado calculado com futuro conhecido.

A Figura 7 apresenta a possibilidade de vertimento ou do reservatório secar. Observa-se que a probabilidade do reservatórios esta seco ao final do primeiro semestre do ano dois é praticamente igual na Previsão (P) e no clima (C ). A probabilidade de secar no final do período porem é duas vezes maior na previsão que no clima. Uma forte sinalização da tendência de ano seco, fato verificado a posteriori com a observação.

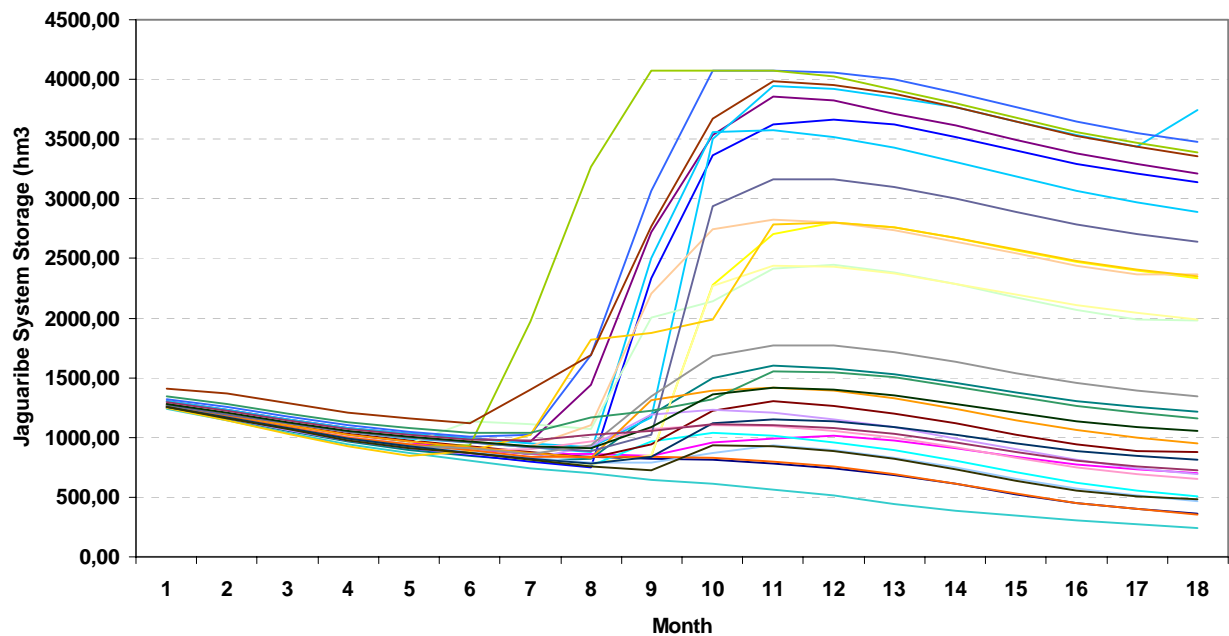
As Figuras 8 e 9 apresentam a curva de permanência do reservatório para a previsão e para o clima. Observa-se o descolamento para a direita (estoques menores) da previsão com relação ao clima no final do período de simulação (dezembro do ano 2) e Para julho do ano 2.



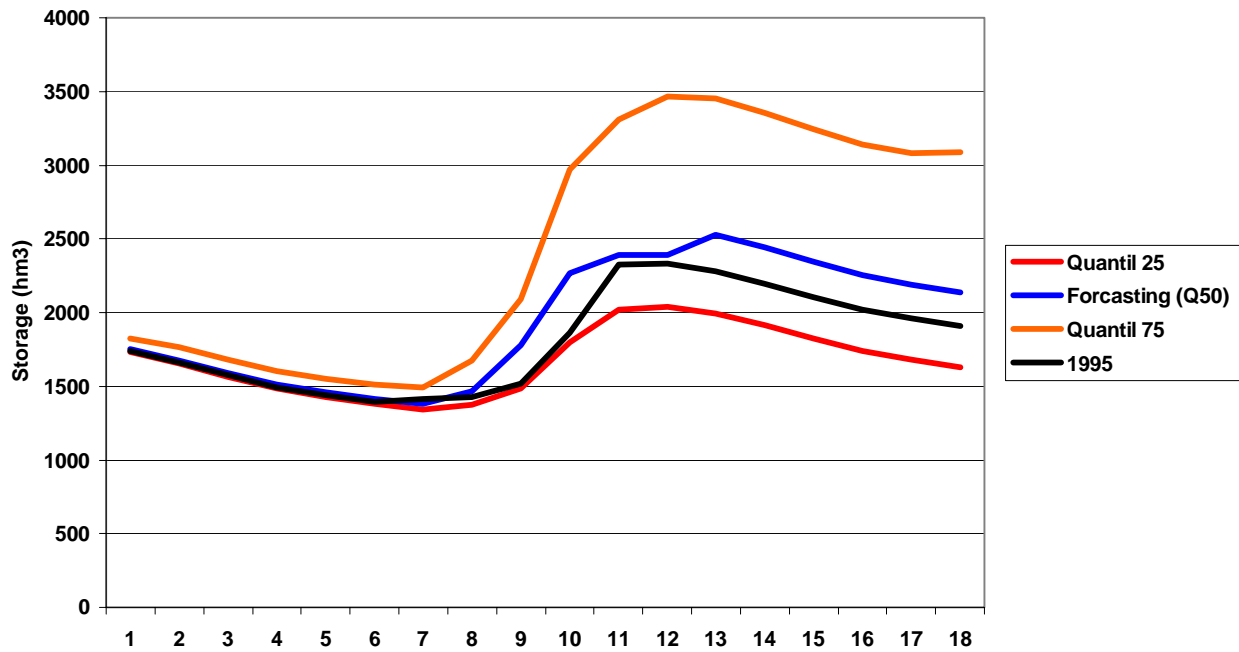
**Figura 3:** Simulação do Clima para 1993



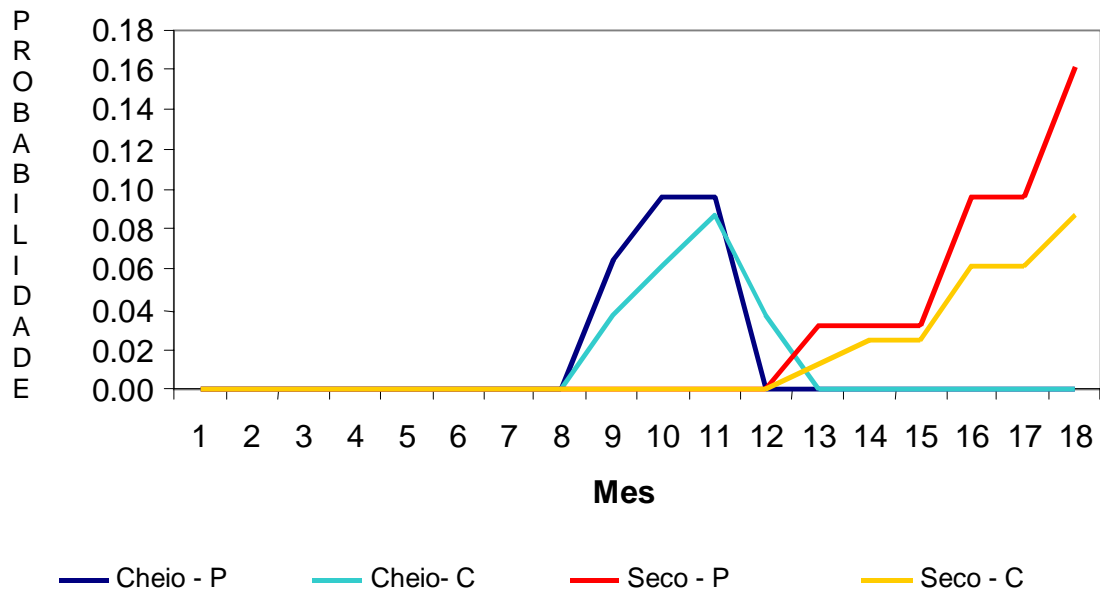
**Figura 4:** resultados dos anos reamostrados (Previsão de 1993)



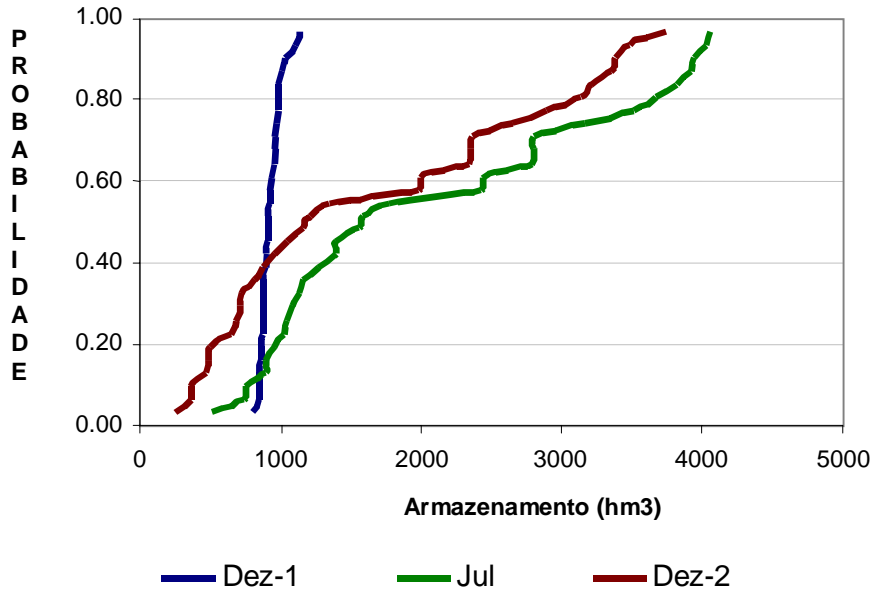
**Figura 5:** valor da mediana do Clima, da previsão e o desejado para 1993 se o futuro fosse conhecido.



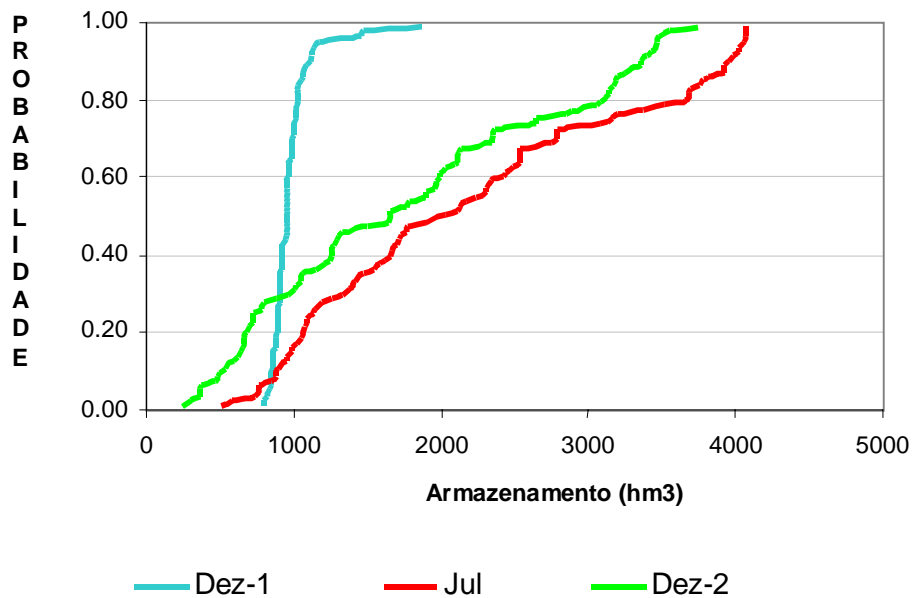
**Figura 6:** Previsão para o ano de 1995



**Figura 7:** Probabilidade de vertimento e de secar do reservatório para o ano de 1993



**Figura 8:** curva de permanência do reservatório na **PREVISÃO** para o ano de 1993



**Figura 9:** curva de permanência do reservatório na **CLIMA** para o ano de 1993

## CONCLUSÕES

A outorga deverá ser dada por períodos de tempo maiores ( 5 a 10 anos) devendo ser outorgado uma percentagem de um *volume de referência arbitrário*, este volume seria dividido em lotes com prioridades diferentes. A cada ano o comitê ou a SRH definiria um fator multiplicativo (Fator de Alocação-FA) por hidrossistema e por prioridade de uso. Este fator multiplicado pelo

volume outorgado de longo curso seria o volume alocado para aquele ano para o usuário. A outorga, assim, é realizada de forma plurianual e tem um ajuste anual em função dos volumes disponíveis nos reservatórios.

Este *volume de referência arbitrário* que define o volume alocável poderá ser calculado para diferentes garantias e as outorgas deverão ser dadas para estas garantias. Usos diferentes ou usuários diferentes tem garantias diferentes de longo prazo. A outorga será definida pelo estoque do reservatório e não só tendo como base o centro de demanda.

Deve-se procurar na alocação anual modificar a prática de menor risco e menor benefício atualmente utilizada para um processo de alocação que associe o risco a tomada de decisão e com isto gere maiores benefícios econômicos a agricultura e indústria e maior satisfação as populações humanas com redução do desabastecimento desnecessário.

A melhoria da previsão de vazões é meta necessária para a consecução destes resultados. Não obstante medidas de ação estrutural de ligação das populações dos centros urbanos a mananciais que fornecem maiores garantias ser sempre desejado.

O desenvolvimento deverá utilizar modelo de otimização com o futuro conhecido para realizar os cálculos apresentados pelo MODSIM, que é um modelo de otimização estático.

Este texto procurou propor uma metodologia que reduz as desvantagens comparativas de região de alta variabilidade climática ao ter que reduzir ainda mais suas parcas disponibilidades em nome da segurança extrema do abastecimento. A utilização da informação climática é a chave neste processo. A metodologia procura assim construir mecanismo de convivência com as incertezas, necessária em ambiente de variabilidade e mudança climática.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

COGERH, *Plano de Gerenciamento da Bacia do Jaguaribe*, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza. Ceará. 1999a.

COGERH, *Plano de Gerenciamento das Bacias Metropolitanas*, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza. Ceará. 1999b.

Dinar, A., Rosegrant, M.W, Meinzen-Dick, R. “Water Allocation Mechanisms-Principles and Exemples”. Retirado da página na internet do WORLD BANK em 2002.

Grigg, N.S.G. “Water Resources Management”. Ed. McGraw Hill.1996.

Souza Filho, F. A. and U. Lall, 2003, Multi-Scale, Multi-site, Seasonal to Interannual Probabilistic Ensemble Streamflow Forecasts for Ceara, Brazil: Applications of a Multivariate, Semi-Parametric Algorithm, Water Resources Research, in press.



## **AGRADECIMENTO**

Agradecemos ao CNPQ pelo auxílio dado na elaboração das pesquisas que possibilitaram este trabalho.