

Gestão dos Recursos Hídricos e a Garantia do Abastecimento Humano de Grandes Aglomerados Urbanos no Semi-Árido – O Caso de Fortaleza

Rogério A. Menescal, Francisco L. Viana, Nelson N. Figueiredo

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza – CE

rogeriom@cogerb.com.br, viana@cogerb.com.br, nelson@cogerb.com.br

Joaquim G. C. Gondim Filho

ANA – Agência Nacional de Águas, Brasília – DF - joaquim@ana.gov.br

Recebido: 21/01/02 – revisado: 04/07/03 – aceito: 12/11/03

RESUMO

Este trabalho relata a experiência vivenciada pela COGERH no período de seca ocorrido entre os anos de 1997 e 1999, em que diversas intervenções de Gestão de Recursos Hídricos foram planejadas e implementadas para garantir o suprimento de água bruta para a Região Metropolitana de Fortaleza, a partir da operação do sistema de reservatórios existente.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, operação de reservatórios.

INTRODUÇÃO

“As moradias estão desertas, os lugares onde paramos e acampamos, em Mina; Ghawl e Rijan acham-se ambos abandonados. As inundações de Rayyan, os leitos dos rios mostram-se nus e lisos, como a escrita preservada em pedra. O esterco enegrecido jaz imperturbado desde que partiram os que lá estiveram: longos anos se passaram sobre ele, anos de meses santos e comuns. Nascentes que as estrelas fizeram brotar os alimentaram, e foram nutridos pelas águas das tempestades: pesados aguaceiros e chuvas leves, as nuvens da noite, as que cobrem o céu matinal, e as nuvens do entardecer cujas vozes se respondem umas às outras.” (Trecho de uma “qasida”, poema árabe, de Jair al-Tabari, apud Hourani, 1994)

O texto acima citado, apesar de referir-se a uma outra região, bem poderia ter sido escrito para descrever a condição de vida no semi-árido nordestino.

O regime hidrológico dos rios intermitentes é bastante crítico, pois depende da pluviometria irregular, tanto em nível mensal quanto anual; da natureza geológica das rochas, na maioria cristalinas; e de um clima megatérmico de alto poder evaporante.

A integração dos fatores acima é diretamente responsável pelas características extremadas do escoamento, ora se evidenciando cheias de grandes proporções contrapondo-se a períodos de demorada escassez, resultando na inadequabilidade do balanço tradicional dos recursos hídricos entre a oferta e a demanda na região semi-árida Nordeste.

Além do mais, as disponibilidades hídricas se concentram nas margens dos açudes e dos rios perenes ou perenizados, fazendo com que as áreas mais afastadas das infra-estruturas hídricas, que representam a grande maioria da Região, não tenham acesso à água, não se tendo, por isso, uma avaliação confiável do conflito “oferta x demanda” nessas áreas.

A sustentabilidade dos recursos hídricos do semi-árido Nordeste passa pela adoção de uma política para esses recursos que estabeleça níveis crescentes de proteção contra os efeitos das secas.

Os grandes açudes de regularização plurianual, projetados para enfrentar vários anos consecutivos de seca, garantem, até certo ponto, a proteção para as secas excepcionais.

Esses açudes são destinados para fins múltiplos (abastecimento de cidades, irrigação em larga escala, controle de cheias, recreação, turismo, entre outros usos), e estão associados ao desenvolvimento global da bacia onde se situam. Exercem assim, um papel preponderante no balanço oferta x demanda dos recursos hídricos de uma bacia.

Os açudes constituem equipamentos de transformação e de adaptação das potencialidades naturais às demandas. O número de reservatórios de uma região depende, portanto, da carência e da variabilidade, no tempo e no espaço, dos recursos hídricos. Daí o semi-árido

Nordeste constituir-se na região com maior densidade de açudes no País. Somente no Ceará, o número estimado de açudes, de todos os tamanhos e tipos, é da ordem de 30.000 (Menescal et alii, 2001a).

Entretanto, somente a construção de açudes não resolve o problema da escassez, para isso faz-se necessário implantar e implementar uma série de ações de gestão dos recursos hídricos que abrangem desde aspectos de planejamento e instrumentação legal, até a operação e segurança dos sistemas.

Este trabalho relata a experiência vivenciada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará-COGERH no período de seca ocorrido no Ceará entre os anos de 1997 e 1999, em que diversas intervenções de Gestão de Recursos Hídricos foram planejadas e implementadas para garantir o suprimento de água bruta para a Região Metropolitana de Fortaleza a partir da operação do sistema de açudes existente.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) encontra-se em uma região hidrográfica denominada Bacias Metropolitanas, composta por 14 bacias hidrográficas independentes, das quais apenas seis são hidrologicamente representativas, estando as demais restritas à região costeira (Figura 1). A Tabela 1 apresenta a relação dos municípios que integram a RMF com suas respectivas populações.

O Sistema de Abastecimento de Água Bruta da Região Metropolitana de Fortaleza (SAABRMF), inicia-se no açude Orós com capacidade para armazenar $1,94 \times 10^9$ m³ e regularizar uma vazão de 20,4 m³/s com 90% de garantia. As águas do Orós são liberadas para o Rio Jaguaribe, onde percorrem 280 km até serem captadas por um barramento de derivação existente próximo à cidade de Itaipaba-CE. Neste local foi construída uma estação de bombeamento (EB Itaipaba), com capacidade para 6 m³/s. A água é bombeada para o Canal do Trabalhador, com extensão de 110 km e composto por trechos em canais e sifões invertidos, para transpor vales, até atingir o açude Pacajús, com capacidade para acumular 240×10^6 m³ (cota 38 m) e regularizar 2,1 m³/s com 90% de garantia.

A vazão transferida é objeto de negociação com o Comitê do Jaguaribe e dos usuários ao longo do canal, bem como estudos de custo com energia para otimização das despesas. Esta vazão média considera eventuais paradas para manutenção no canal.

O açude Pacajús serve como reservatório de acumulação. Sua cota mínima operacional é a 31 m, para a transferência por gravidade para a EB-1, e 28 m, para a transferência por bombeamento através da EB-0. O aporte no primeiro semestre é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do sistema Jaguaribe, através do Canal do Trabalhador.

No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Canal do Trabalhador

No açude Pacajús encontra-se uma estação de bombeamento (EB-1 Pacajús), com capacidade para bombear 5,1 m³/s para um pequeno reservatório, chamado açude Ererê. Nos anos em que o nível do Pacajús atinge cota inferior a 30 m, faz-se necessário operar um sistema de bombeamento auxiliar (EB-0) para garantir a operacionalidade da EB-1.

O açude Ererê acumula $2,5 \times 10^6$ m³ (cota 42 m) e serve como barragem de derivação para manter, através do Canal do Ererê com 4 km de extensão, o nível mínimo operacional da EB-2. As demandas neste açude podem ser desprezadas sendo considerado como um reservatório de passagem. Só para se ter uma idéia o volume bombeado pela EB 1 é da ordem de 13×10^6 m³/mês, o que equivale a 5 vezes o seu volume máximo acumulado.

No final do canal do Ererê encontra-se a estação de bombeamento EB-2 Pacajús, que possui, também, uma capacidade para bombear 5,1 m³/s. As águas bombeadas pela EB-2 Pacajús são lançadas no Canal Ererê-Pacoti, com 8 km de extensão, indo alimentar o açude Pacoti com capacidade para acumular 380×10^6 m³ (cota 45 m) e regularizar uma vazão de 2,9 m³/s com 90 % de garantia.

O Açude Pacoti serve como principal reservatório de acumulação. Sua cota mínima operacional corresponde à cota 35 m, para a transferência por gravidade para o Riachão, e 30 m, para a transferência por bombeamento através da EB-Pacoti auxiliar. O aporte no primeiro semestre é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica, e por transferência do açude Pacajús, através dos canais Ererê e Ererê-Pacoti. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Açude Pacajús.

No açude Pacoti existe uma estação de tratamento de água (ETA Pacoti) que abastece as cidades de Horizonte, Pacajús e Chorozinho. As águas do açude Pacoti, nos anos de boa acumulação de água no Sistema, são transferidas por gravidade para o açude Riachão, com capacidade para acumular 47×10^6 m³ (cota 45 m) e regularizar uma vazão de 0,7 m³/s com 90% de garantia, através de um canal de ligação chamado Canal Pacoti/Riachão.

Para uma vazão aproximada de 8m³/s as transferências através do canal ocorrem gravitariamente até a cota mínima, a montante, de 35 m, nos anos em que o açude Pacoti está com um volume abaixo de 86×10^6 m³ (cota 35 m), que corresponde a 22,7% de sua capacidade, a transferência de água entre estes dois açudes é realizada utilizando um sistema auxiliar de bombeamento denominado EB Pacoti auxiliar, com capacidade para 10 m³/s.

O Açude Riachão serve como reservatório de derivação, sendo mantido acima da cota 35,5 m para permitir a transferência das vazões necessárias para manter a cota mínima operacional do açude Gavião. A cota (29/10/98) ocasionando grandes reduções no nível do

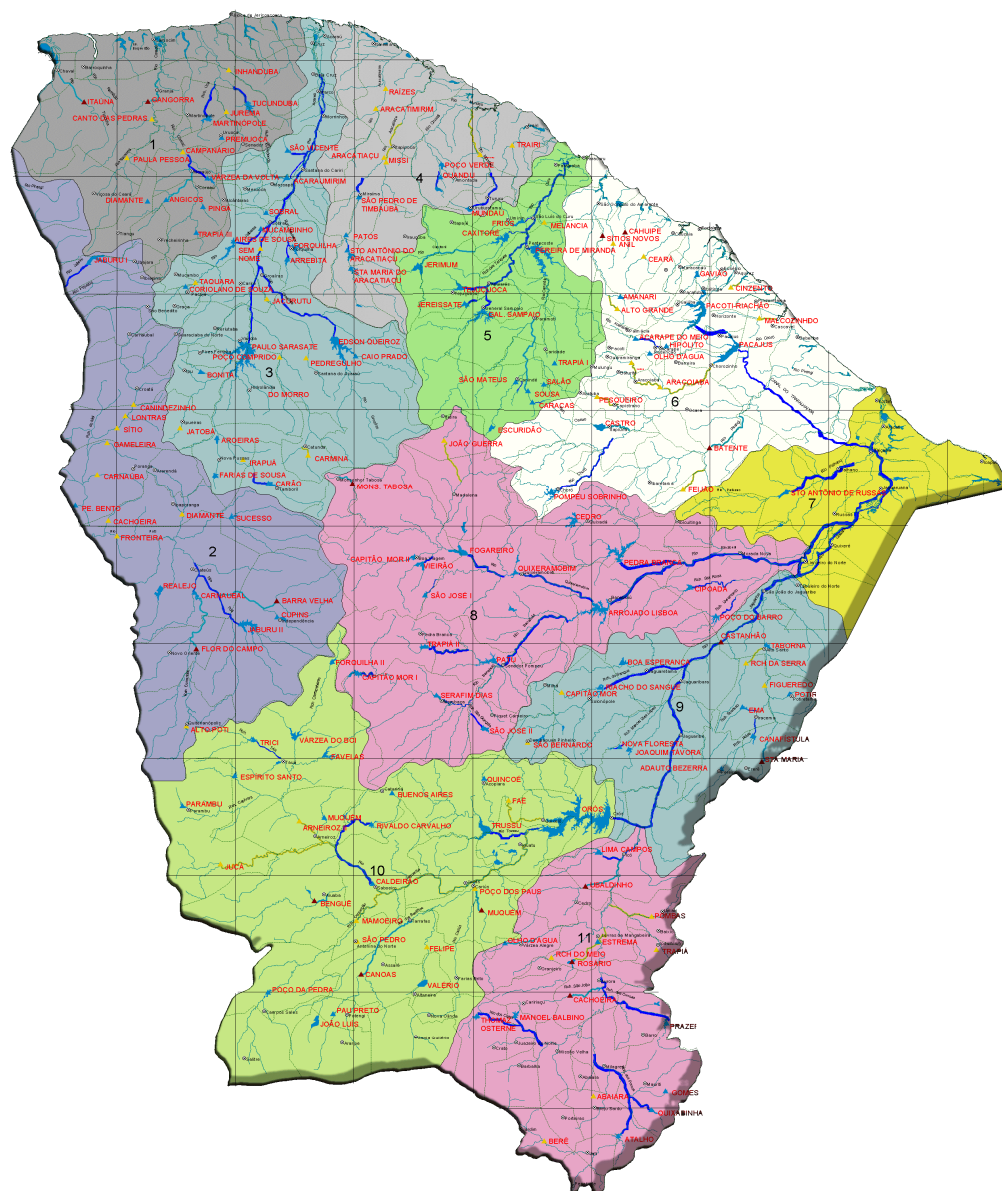


Figura 1 – Bacias hidrográficas do Estado do Ceará

mínima já operada pela COGERH foi de 34,24 m (em Açude Gavião, devido à redução da capacidade de transporte do túnel/canal Riachão-Gavião.

O aporte no primeiro semestre é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do açude Pacoti, através do canal de interligação. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Açude Pacoti.

Do açude Riachão a água é transferida para o açude Gavião, com capacidade para acumular $29,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (cota 35,5 m), através de um túnel/canal. O Açude Gavião serve como reservatório de derivação, sendo mantido artificialmente acima da cota 35 m para permitir a vazão demandada pela CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará, na ETA Gavião. Esta medida, além da perda considerável de capacidade de regularização,

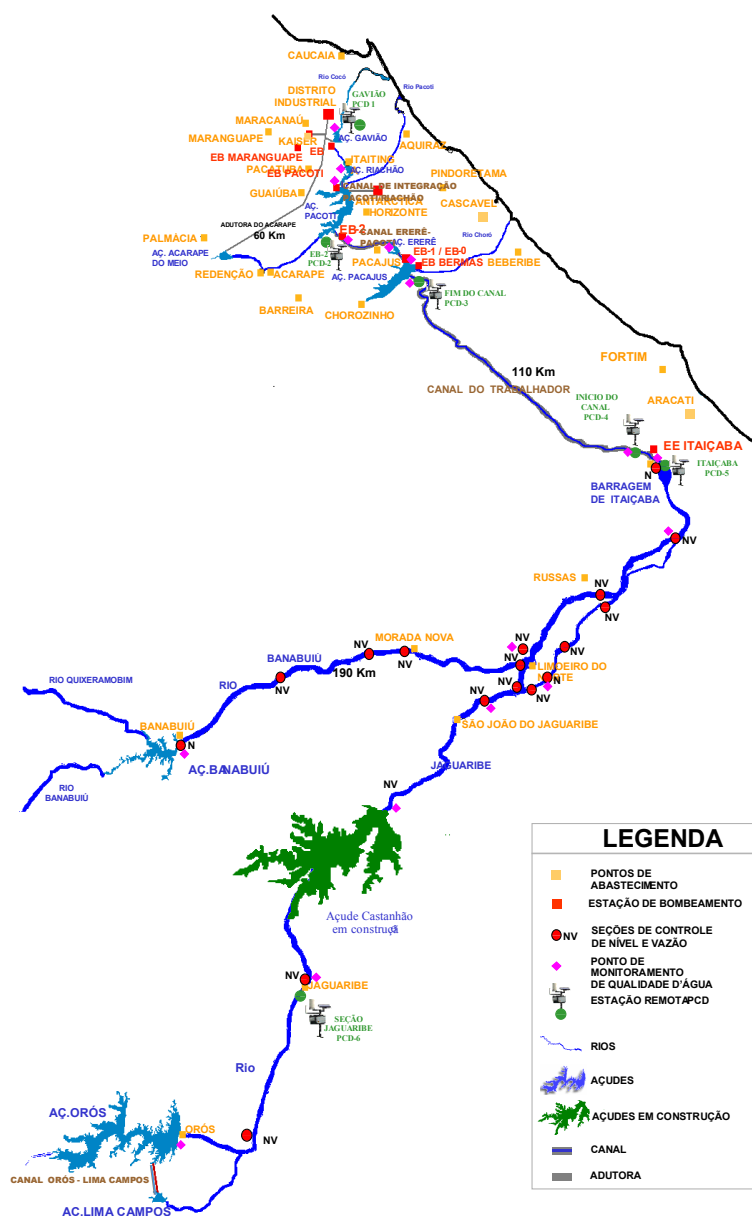


Figura 2 - Mapa com os principais aspectos do SAABRMF, incluindo o Sistema Jaguaribe.

implica em intervenções sistemáticas nas comportas da torre de tomada d'água do túnel Riachão–Gavião. Abaixo dessa cota, faz-se necessário implantar um sistema de bombeamento auxiliar. No período de chuvas (janeiro a junho) seria conveniente manter este reservatório na cota 34 m, com um volume de espera em torno de $8,3 \times 10^6 \text{ m}^3$, para amortecimento de cheias e evitar perdas por sangria na eventualidade de uma afluência de maior intensidade (Menescal et alii, 2001b).

Só para exemplificar, a economia de um mês de água no Gavião equivale a R\$ 300.000,00, somente em

custos com bombeamento, deste mesmo volume ao longo de todo o SAABRMF.

O aporte no primeiro semestre do ano é proveniente da afluência gerada pelas chuvas na sua bacia hidrográfica e por transferência do açude Riachão, através do canal/túnel de interligação, quando esta afluência não é suficiente para mantê-lo na cota desejada. No segundo semestre o aporte deve-se exclusivamente a transferências do Açude Riachão.

Junto ao açude Gavião está implantada a estação de Tratamento de Água do Gavião (ETA Gavião), responsável pelo abastecimento das cidades de Fortaleza,

Tabela 1 – Municípios que integram a RMF

Município		Área (Km ²)	População
1	AQUIRAZ	480,7	60.574
2	CAUCAIA	1.190,3	250.246
3	EUZÉBIO	77,7	31.505
4	FORTALEZA	312,4	2.138.234
5	GUAIÚBA	270,1	19.883
6	ITAITINGA	154,6	29.216
7	MARACANAÚ	98,1	174.599
8	MARANGUAPE	651,9	87.770
9	PACATUBA	137,3	51.812
Total		3.373,1	2.843.839

Maracanaú e Caucaia. Em anos de crise como em 1999 e 2000, instala-se uma EB auxiliar no Gavião para permitir o rebaixamento do nível sem comprometer a vazão na ETA Gavião. No açude Gavião existe também uma estação de bombeamento (EB Gavião) para abastecer com água bruta o Distrito Industrial de Maracanaú e as Cidades de Maranguape, Pacatuba e Guaiuba, através da inversão do fluxo na Adutora do Acarape, quando o açude Acarape do Meio está seco ou com turbidez elevada.

A vazão equivalente à evaporação no mês de outubro, considerando o sistema com 50% de acumulação, é da ordem de 10 m³/s. Desconsiderando a evaporação, o principal usuário do Sistema é a ETA-Gavião.

O abastecimento do Distrito Industrial de Maracanaú e das cidades de Maranguape, Pacatuba e Guaiuba, da ordem de 0,40 m³/s, é feito com águas provenientes do açude Acarape do Meio, entretanto nos anos em que este açude encontra-se seco ou com elevada turbidez, a adutora passa a receber água do Gavião através da EB-Gavião.

A tabela a seguir destaca as principais demandas no SAABRMF.

Para que o açude Gavião possa ser mantido cheio o ano todo, o açude Pacoti/Riachão tem que liberar adicionalmente uma vazão de 0,4 m³/s para compensar a perda com a evaporação no lago do açude Gavião.

Como se percebe, o Sistema Metropolitano atualmente só regulariza 5,7 m³/s, enquanto o consumo atual é de 8,5 m³/s. O déficit tem que ser coberto com a importação de água do rio Jaguaribe pelo Canal do Trabalhador.

A Figura 3 apresenta um esquema de aportes e de demandas nos principais mananciais do sistema de abastecimento de água bruta da RMF, no caso, a título de

exemplificação, o balanço hídrico apresentado corresponde ao mês de outubro de 1999.

Identificação	Vazão Média m ³ /s	Local
ETA Gavião	7,0	Aç. Gavião
EB Gavião (Ad. Acarape)	0,4	Aç. Gavião
ETA Itaitinga	0,1	Aç Riachão
ETA Pacoti (Horizonte, Pacajús e Chorozinho)	0,15	Aç. Pacoti
Indústria Antártica	0,1	Aç Pacoti
Indústria Bermas	0,05	Aç Pacajús
DI Horizonte/ Pacajús	0,2	Aç Pacajús
Perenização para abastecimento de Cascavel	0,3	Aç Pacajús
Irrigação	0,15	Canal do Trabalhador
Abastecimento Humano	0,05	Canal do Trabalhador
Total	8,5	

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

No Estado do Ceará a variabilidade das chuvas/aportes, em níveis intra e inter-anual e espacial, é um aspecto que não pode deixar de ser considerado. A Figura 4 apresenta a variação mensal do volume armazenado nos açudes do SAABRMF, no período de 1994 a 2001.

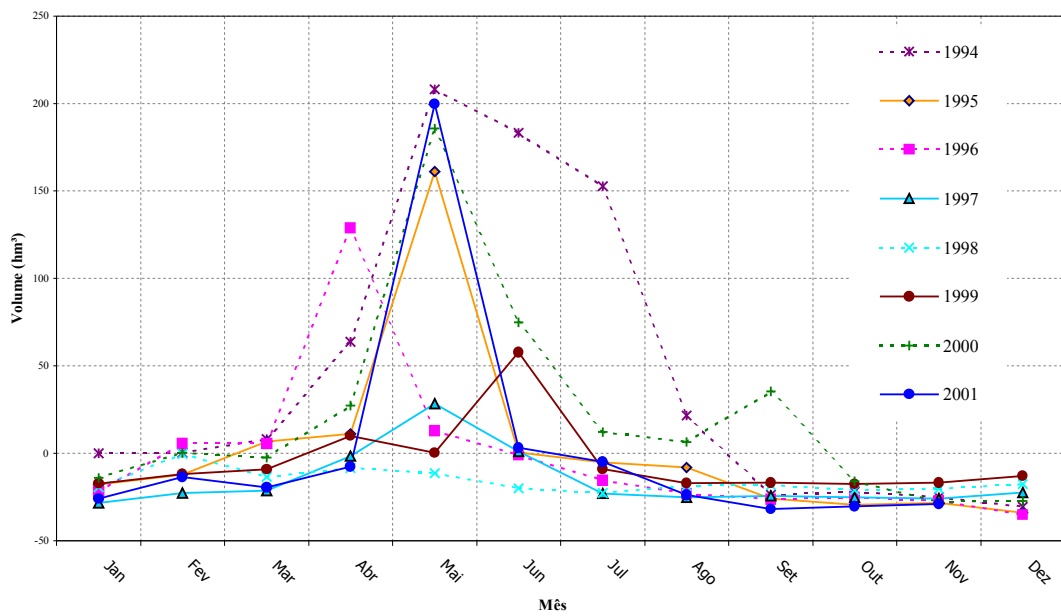


Figura 4 - Variação mensal do volume armazenado nos açudes do SAABRMF. (1994 a 2001)

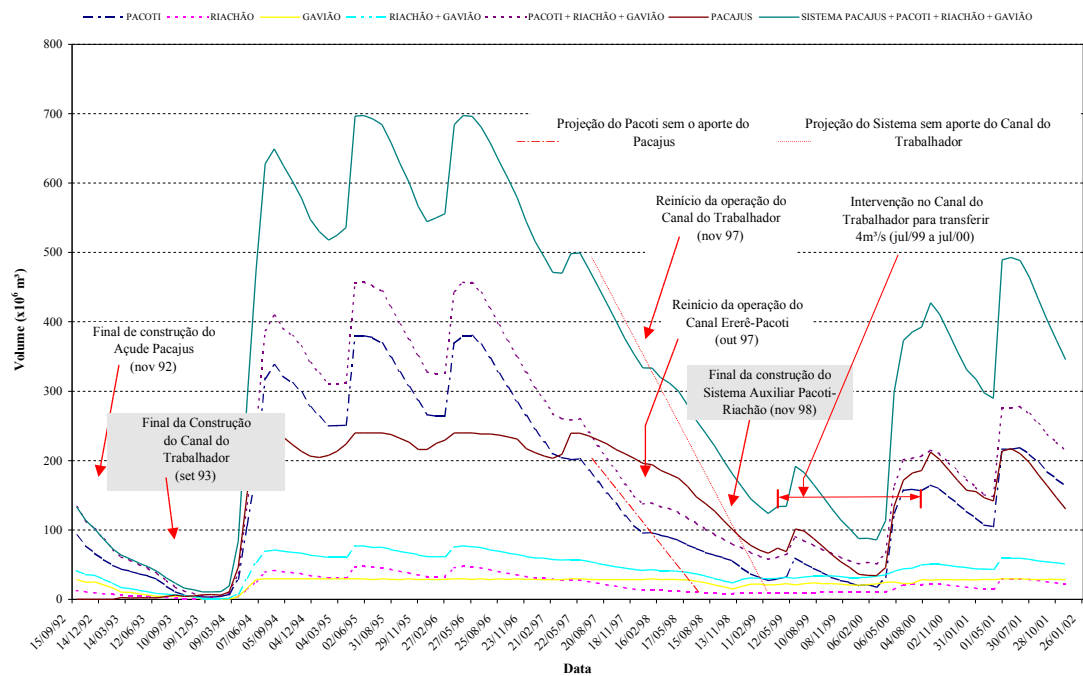


Figura 5 - Evolução dos volumes acumulados nos açudes do SAABRMF (1992 a 2001)

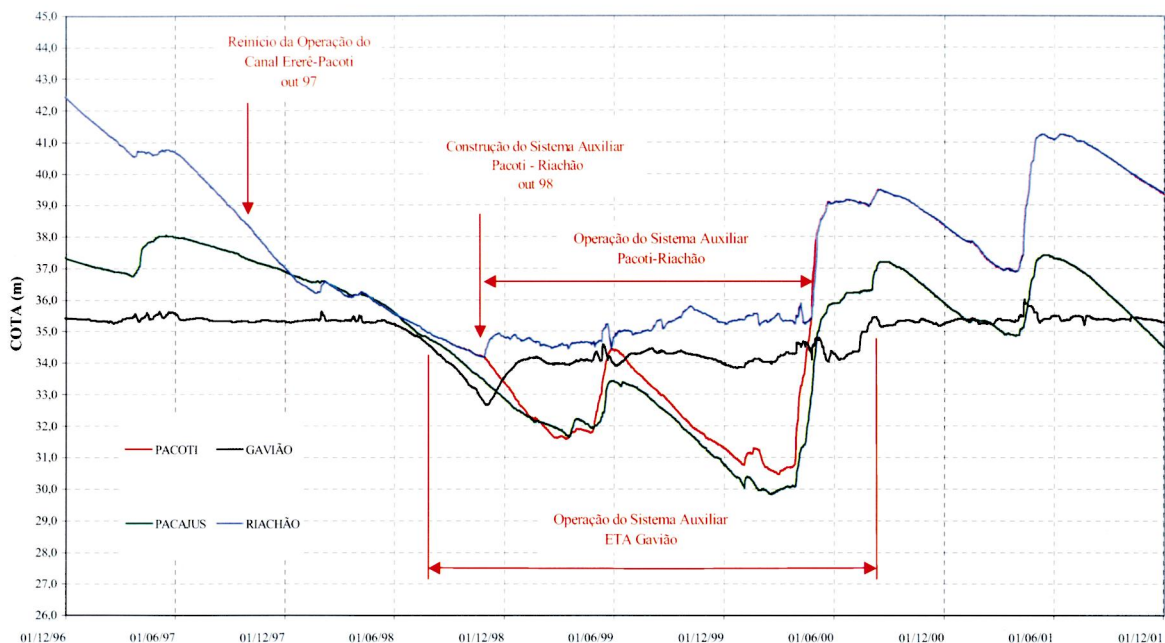


Figura 6 - Cota do nível d'água dos açudes do SAABRMF

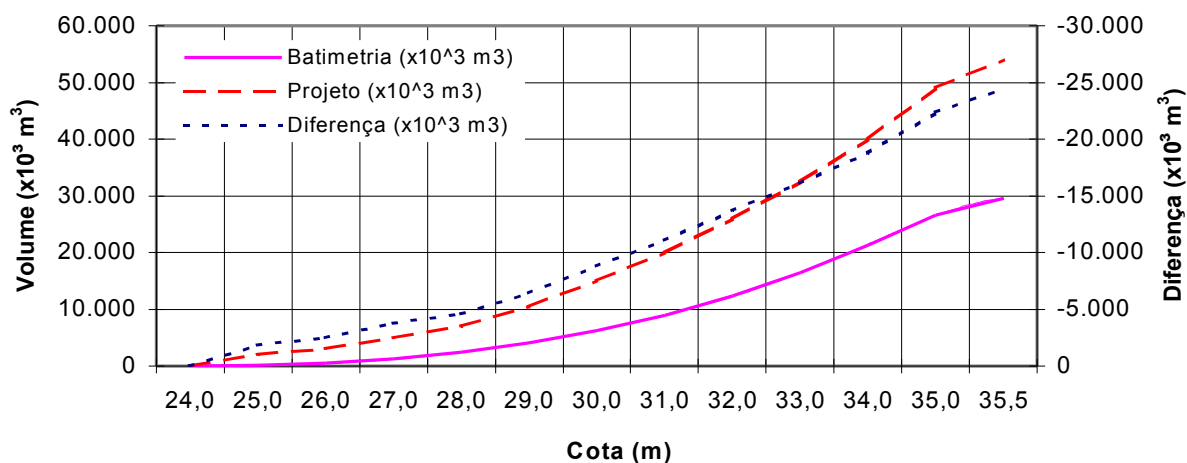


Figura 7 - Comparação do volume de projeto do Açude Gavião e o obtido por estudos batimétricos.

A operação dos grandes reservatórios da região semi-árida Nordeste deve ser extremamente cuidadosa, pois pelas suas características de acumulação apresentam memória da operação passada; isto é, as vazões liberadas num determinado período impactam na capacidade de liberação de vazões futuras por um longo tempo (normalmente 2 a 5 anos).

Assim, quando se incorporam as previsões climáticas ao planejamento da operação de açudes, está se

incorporando uma ferramenta de gerenciamento para diminuir as incertezas do aporte de água no período chuvoso.

No caso específico da operação do SAABRMF, devido aos açudes metropolitanos terem enchido nos períodos chuvosos de 1994, 1995 e 1996 (Figura 5), não foi necessária a importação de água da bacia do rio Jaguaribe pelo Canal do Trabalhador assim como a transferência de água do açude Pacajús para o açude Pacoti, ficando todas

as estações de bombeamento e os canais desativados neste período.

As principais ações empreendidas pela COGERH após ter assumido a responsabilidade pela operação do SAABRMF, em outubro de 1996, podem ser agrupadas em: planejamento, monitoramento (qualitativo e quantitativo), preservação ambiental, operação, manutenção, organização dos usuários, macromedição, outorga, cobrança e fiscalização. Cada um destes tópicos foi desenvolvido em diversas ações com diferentes graus de detalhamento ao longo do SAABRMF e culminaram com o sucesso da operação no período de crise entre os anos de 1997 e 1999, conforme relatado a seguir.

Esse sucesso pode ser mais bem compreendido analisando-se os gráficos das Figuras 5 e 6.

A Tabela 2 apresenta a relação das principais ações operacionais desenvolvidas nas estruturas hidráulicas componentes do SAABRMF.

Uma medida importante foi verificar os dados cota x área x volume dos reservatórios, pois os resultados dos balanços hídricos realizados não condiziam com os valores observados no monitoramento. Os resultados desta ação foram surpreendentes. A Figura, 7 obtida de Menescal & Costa (1998), apresenta o resultado do estudo batimétrico do Açude Gavião, onde se pode observar que os valores obtidos apresentam diferenças significativas quando comparados com os dados de projeto. Considerando os dados da cota 35,5 m o projeto indica um volume de $54 \times 10^6 \text{ m}^3$, enquanto que os dados referentes ao levantamento Batimétrico indicam $29,5 \times 10^6 \text{ m}^3$. Os autores concluem que as divergências encontradas entre os volumes de projeto e os obtidos pela batimetria para os açudes Gavião, Pacoti e Riachão devem-se ao fato de que as curvas de nível da bacia hidráulica foram obtidas por restituição aerofotogramétrica a cada 5 m e isto ocasionou erros consideráveis na avaliação da área, como no caso do Gavião, que para a cota 35,5 m a área de projeto é $9,2 \times 10^6 \text{ m}^2$, enquanto que a encontrada pela batimetria foi $5,8 \times 10^6 \text{ m}^2$, portanto, 63% do previsto em projeto. Não foram encontrados indícios que levem a considerar a hipótese de assoreamento.

Em 1996, a previsão dos institutos de pesquisas meteorológicas era de que no ano de 1997 as chuvas ocorreriam abaixo da média histórica no Estado do Ceará. Com base nesta previsão a COGERH iniciou o trabalho de recuperação e manutenção de todas as estações de bombeamento e dos canais do Sistema Metropolitano que se encontravam desativados desde maio de 1994.

Em 1997, com o SAABRMF com $370 \times 10^6 \text{ m}^3$ e o sistema Pacoti-Riachão-Gavião com $180 \times 10^6 \text{ m}^3$, foi reiniciada a operação do Canal do Trabalhador e do Canal Ererê-Pacoti. O primeiro, para reforçar o sistema como um todo, e o segundo, uma transferência interna para otimizar a operação do Açude Pacoti, já que este, no ritmo

da depleção que apresentava, entraria em colapso ou não teria nível para permitir a transferência para o Riachão ainda no início de 1998. O efeito destas intervenções pode ser visualizado na Figura 5, comparando-se a evolução dos volumes no SAABRMF e no Pacoti com e sem estas transferências.

No ano de 1998 o aporte ao SAABRMF foi praticamente nulo, não dando sequer para atender a demanda no período de chuvas. Com a limitação da transferência da EB-1 e EB-2 e canal Ererê-Pacoti, em $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$, as simulações indicaram que o Pacoti sofreria depleção para níveis inferiores à cota 36 m, o que causaria o corte da ligação por gravidade dos canais e túneis, entre o Pacoti, Riachão e o Gavião. Assim tornou-se necessário instalar uma EB auxiliar que permitisse manter um nível operacional mínimo para garantir transferência do Riachão para o Gavião. Nas Figuras 5 e 6 percebe-se claramente a necessidade desta EB, pois em torno de junho/98, não era mais possível manter o nível do Gavião na cota 35 m e este começou a sofrer depleção. A CAGECE instalou então uma EB auxiliar somente para garantir a vazão mínima na ETA-Gavião. Em novembro/98 a EB auxiliar no Pacoti, com capacidade para $10 \text{ m}^3/\text{s}$, entrou em operação e os níveis do Riachão e Gavião foram recuperados artificialmente no período de estiagem em detrimento do volume acumulado no Pacoti.

Ainda em 1998, com o Acarape também em condições críticas, foi construída uma adutora interligando o Gavião com a adutora do Acarape, que, em dezembro/98, permitiu o suprimento das indústrias e populações (300.000 habitantes) ao longo da adutora, através da inversão do fluxo.

Com os prognósticos pessimistas para 1999, outras intervenções foram planejadas. Naquela data, com a otimização das transferências internas no SAABRMF, os açudes atingiram os respectivos limites mínimos e a solução passou a exigir o aporte externo.

Planejar e operar o sistema de perenização dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú quando seus principais reservatórios Orós e Banabuiú encontravam-se com níveis de recarga abaixo do esperado para iniciar a operação do segundo semestre de 1999 foi um desafio para a Comissão de Usuários, dos Comitês das sub-bacias do Jaguaribe e da COGERH no VI Seminário de Planejamento e Operação das Águas, ocorrido na cidade de Limoeiro, em julho de 1999, com a presença de 18 cooperativas; 23 entidades representativas da sociedade civil (e.g. sindicatos, paróquias, associações, colônias, fundações, conselhos, sociedades, comissões etc.); 24 instituições estaduais, 7 instituições federais; 18 prefeituras e câmaras municipais; 5 ONG's e 9 empresas e escritórios de assessoria técnica. Os açudes Orós e Banabuiú acumulavam, respectivamente, 47% e 20,2% de suas capacidades totais, representando em volume $911 \times 10^6 \text{ m}^3$ e $364 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Figura 8).

Tabela 2 - Relação das principais intervenções operacionais realizadas nas estruturas hidráulicas do SAABRMF.

OBRA	INTERVENÇÃO
<u>Adutoras:</u>	Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.
Adutora do Acarape	Serviços de manutenção em geral, incluindo debelação de vazamentos e disciplinamento dos usos ao longo do sistema adutor (1999/2000). Construtora SARAIVA - R\$ 419.636,74; incluindo operação da adutora e das EB-Gavião e Maranguape.
- Ramal Gavião-Acarape	Construção de um sistema adutor para reforço da Adutora do Acarape, permitindo a inversão do fluxo e escolha da qualidade de água mais apropriada. Recuperação da estrada de acesso.
<u>Canais</u>	Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada obra.
Canal do Trabalhador	
- Sifão Macacos	Recuperação da Célula em ARMCO, instalação de sistema de stop-logs e construção de nova célula em aço soldado e instalação de proteção catódica. Instalação de medidor de vazão - R\$ 3.270.745,58.
- Sifão Umburanas	Recuperação total da Célula #2 em ARMCO, e parcial da #1 e instalação de sistema de stop-logs. Reforço dos aterros e instalação de sistema de drenagem interno - R\$ 511.324,06. Reforço na linha horizontal de parafusos com chapa soldada sobre os mesmos. Plataforma de acesso ao lado do Sifão nº 2.
- Sifão Pirangi	Debelação de vazamentos, manutenção nos dispositivos de descarga e pilares de sustentação. Instalação de medidor ultrassônico de Vazão.
- Trecho Barragem Itaiçaba-EB Itaiçaba	Remoção de vegetação aquática ao longo do canal de aproximação da EB - R\$ 21.750,00. Instalação de bóias e telas fixadas nas estruturas dos pontos existentes para contenção de vegetação, e desassoreamento do canal. Desassoreamento e dragagem.
- Trecho inicaíl até S. Macacos	Manutenção do revestimento em concreto e em lona asfáltica - R\$ 158.225,00. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação aquática na interna, desmatamento e roço na externa (nas margens direita e esquerda) e recuperação da estrada de acesso da CE-123 até o Sifão Macacos.
- Trecho entre o S. Macacos e o S. Umburanas	Instalação de comportas e manutenção do revestimento em lona asfáltica e concreto. Instalação de colchaceto - R\$ 59.680,00 para debelar vazamento com canal em carga. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento e dragagem. Remoção de vegetação nas partes interna e externa, reforço e elevação dos aterros. Instalação de passarela metálica - R\$ 14.000,00.
- Trecho entre S. Umburanas e S. Pirangi	Instalação de sistema telemétrico para monitoramento do nível d'água. Instalação de comportas e manutenção do revestimento em lona asfáltica. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação nas partes interna e externa e reforço e elevação dos aterros dragagem e instalação de grade para contenção de materiais em suspensão. Recuperação de bueiro com concreto projetado.
- Trecho entre S. Pirangi e Açude Pacajús	Remoção de vegetação interna - R\$ 14.000,00. Instalação de sistema telemétrico para monitoramento do nível d'água, instalação de comportas e manutenção do revestimento em lona asfáltica. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação nas partes interna e externa e reforço e elevação dos aterros. Dragagem. Instalação das comportas - R\$ 334.065,20.
Canal EB 0 - EB 1	Desassoreamento e melhorias no sistema de drenagem superficial.
Canal Ererê – Pacoti	
- Trecho Açude Ererê - EB 2	Desassoreamento e melhorias no sistema de drenagem superficial.
- Trecho entre EB 2 e Açude Pacoti	Instalação de sistema telemétrico para monitoramento do nível d'água. Melhorias no sistema de drenagem superficial, desassoreamento, remoção de vegetação nas partes interna e externa e reforço dos aterros. Reforço dos pontilhões ARMCO, construção de um pontilhão de concreto armado - R\$ 30.000,00. Colocação de enrolamento nos taludes. Confecção de revestimento de alvenaria de pedra e de colchaceto.

continua

continuação

OBRA	INTERVENÇÃO
Canal Pacoti – Riachão	Desassoreamento e melhorias no sistema de drenagem superficial. Construção de um prolongamento no canal para permitir captação abaixo da cota 34 utilizando um sistema flutuante (1999/2000).
Canal Riachão – Gavião	Recuperação das comportas da tomada de água na entrada do túnel. Construção de um muro de arrimo para conter erosão e conseqüente assoreamento no canal (1999/2000).
EB's :	Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada
EB Itaiçaba e Adutora de Recalque	Recuperação geral civil e elétrica - R\$ 49.432,60; recuperação mecânica, das estruturas e equipamentos - R\$ 33.200,00, incluindo substituição de rotores, recuperação de registros, recuperação nos motores e painéis elétricos etc (1999/2000/2001).
EB 0	Construção do sistema para permitir captação na bacia do Açude Pacajús incluindo dique, casa de comando, flutuantes, motobombas e tubulação de recalque flexível (1999). Obra Civil - R\$ 162.048,19; Bombas - R\$ 304.080,00; Elétrico R\$ 92.824,00; Flutuantes R\$ 110.940,00.
EB 1	Recuperação Geral civil, elétrica e mecânica das estruturas e equipamentos, incluindo substituição de rotores, recuperação de registros, recuperação nos motores e painéis elétricos etc.
EB 2 e recalque	Recuperação Geral civil, elétrica e mecânica das estruturas e equipamentos, incluindo substituição de rotores, recuperação de registros, recuperação nos motores e painéis elétricos - R\$ 33.000,00 etc. Recuperação das válvulas borboleta do sistema de recalque.
EB Pacoti	Construção de sistema de captação flutuante (1999).
EB Gavião / Acarape	Construção de uma estação elevatória para inverter o fluxo na adutora do Acarape, melhorando a segurança do sistema. Instalação de grupo gerador (1999/2000/2001) - Obra Civil R\$ 10.000,00.
EB Maranguape	Construção de uma re-elevatória para melhoria do sistema Acarape.
EB DI Maracanaú	Manutenção e melhorias gerais (civis, elétricas e mecânicas). (2000)
Açudes	Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada
Acarape do Meio	Remodelagem do sistema de captação na tomada d'água para permitir seleção da qualidade de água a ser fornecida. Batimetria do reservatório. Recuperação dos registro de Gaveta DN 900mm e fornecimento e colocação de válvula borboleta DN 500mm. Recuperação dos Guarda corpo da Barragem (2000). Instalação de vertedouro triangular para medição de vazão.
Ererê	Instalação de sistema de stop-logs para melhoria das condições operacionais do sistema. Batimetria do reservatório. Execução de cerca em estacas de concreto para proteção do sangradouro (2000).
Gavião	Recuperação geral no maciço, tomada d'água e sangradouro. Construção de cercas no entorno. Batimetria do reservatório. Recuperação das comportas da tomada de água e colocação de novas reguas em aço inox (2000).
Pacajus	Batimetria do reservatório (1997). Recuperação do maciço, sangradouro; estradas de acesso, recuperação dos equipamentos hidromecânicos; D108; construção de duas passagens molhadas a jusante do sangradouro; 42.025m de cercas de proteção da bacia hidráulica (2000). Construção de proteção da tomada d'água.
Pacoti	Batimetria do reservatório (1997). Recuperação do maciço, sangradouro e estradas de acesso; recuperação dos equipamentos hidromecânicos; construção do Posto de Operação do reservatório; execução de 21.600m de cercas de proteção da bacia hidráulica (2000).
Riachão	Batimetria do reservatório (1997). Recuperação do maciço e estradas de acesso; recuperação dos equipamentos hidromecânicos; execução de caixa de dissipação da tomada de água; construção do Posto de Operação do reservatório (2000).
Túneis	Além dos serviços rotineiros de manutenção e segurança, objetivando atender as ações de monitoramento qualitativo e quantitativo e a operação participativa algumas intervenções foram necessárias para a melhoria das condições operacionais, as quais encontram-se destacadas para cada
Túnel Riachão-Gavião	Recuperação das comportas
Túnel Acarape	Inspeção interna e limpeza.

Aliada a esta situação, existe a diversidade dos usos das águas, que leva a formação de grupos de interesse políticos diferenciados. Destacam-se, entre estes:

- a perenização de 20.000 ha no Vale do Jaguaribe e 6.000 ha no Vale do Banabuiú, que unifica os interesses dos irrigantes,

-o abastecimento humano e animal das 19 cidades dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú;
-os pescadores profissionais que tem no açude a sua principal atividade;
-os vazanteiros das bacias hidráulicas dos açudes que vêem as águas dos açudes afastarem-se das suas plantações ocasionando custos de tomba-

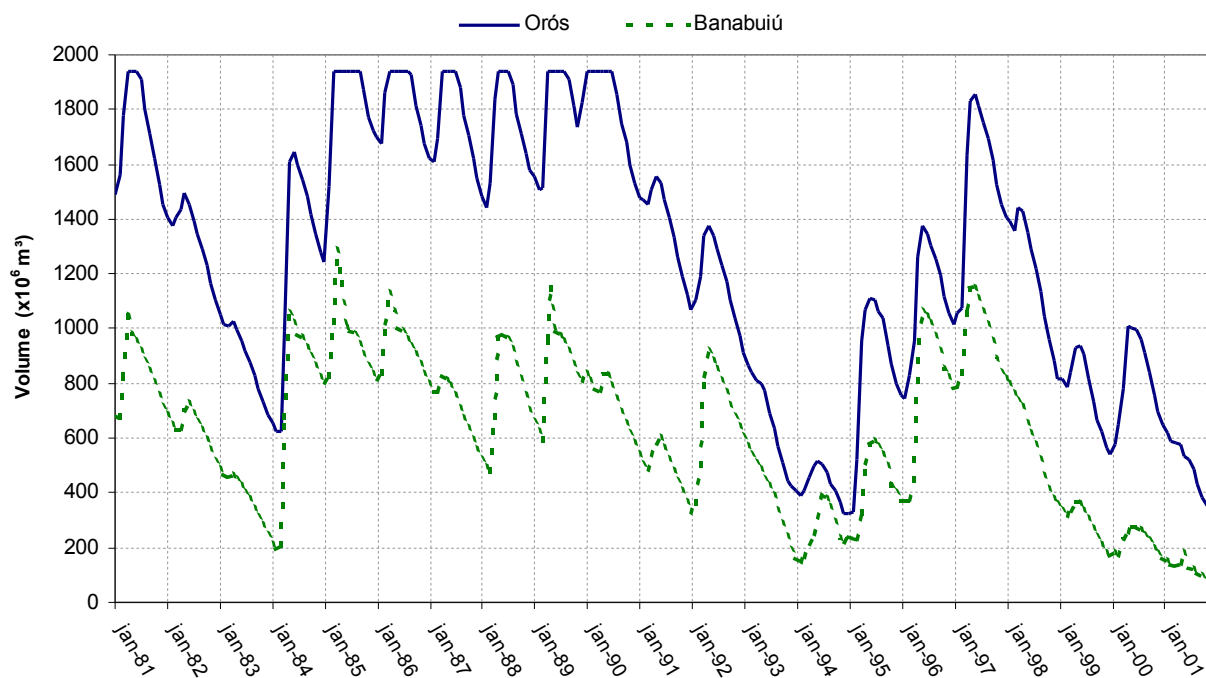


Figura 8 - Evolução do volume acumulado nos Açudes Orós e Banabuiú, de 1981 a 2001

mento que encarecem ou inviabilizam suas culturas.

Acrescentou-se a este contexto a situação dos açudes que abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza que tiveram recargas muito abaixo do esperado para suprir suas necessidades, o que implicou mais uma vez na necessidade de negociação da ampliação das vazões do Canal do Trabalhador.

Os resultados obtidos no VI Seminário de Planejamento mesmo não atendendo integralmente aos diversos interesses dos usuários dos vales perenizados do Jaguaribe e Banabuiú demonstrou o grau de maturidade da Comissão dos Usuários, dos Comitês de Bacia e dos órgãos gestores das águas. Prevaleceu neste seminário como nos demais o bom senso e a capacidade de argumentação tanto por parte dos usuários bem como dos órgãos gestores das águas. O consenso se estabeleceu por meio da argumentação e do diálogo democrático capaz de gerar entendimentos, que se sobrepôs aos interesses individuais, garantindo o possível para os diversos grupos de interesse COGERH (1999).

Em contrapartida às vazões transferidas do Sistema Jaguaribe, a COGERH tem realizado uma série de ações de Gestão de Recursos Hídricos com recursos

oriundos da cobrança pelo uso da água praticada para os setores industrial e de saneamento na RMF.

As ações estruturais no Canal do Trabalhador e a negociação com os usuários do Vale do Jaguaribe foram realizadas com sucesso, o que permitiu ao SAABRMF manter por mais um ano as demandas, tendo inclusive a da RMF crescido 10%, enquanto que outras cidades como Campina Grande, Recife e São Paulo sofriam severo racionamento.

As despesas realizadas pela COGERH, no período de 1997 a 1999, com todas as obras, manutenção e operação do SAABRMF, incluindo os mananciais, canais, adutoras e EB's, foram da ordem de R\$ 20 milhões.

Em 2000, finalmente, após 3 anos consecutivos de baixas recargas nos mananciais do SAABRMF, as chuvas contribuíram e a acumulação recuperou os níveis de agosto/1997.

Com o novo aporte ocorrido em 2001 o SAABRMF encontra-se em uma situação mais tranquila em termos de acumulação e por estar com toda a infraestrutura pronta para entrar em operação sem necessitar de grandes intervenções. Cabe aqui salientar a situação crítica em que se encontram os vales do Jaguaribe e Banabuiú, estando os consumos racionados a 50% e a vazão liberada pelo Orós não é suficiente para atender todos os usos no

Tabela 3 - Volume Mensal Transposto da Bacia do Rio Jaguaribe para o SAABRMF pelo Canal do Trabalhador

Tabela 4 - Volume Mensal Transposto da Bacia do Rio Jaguaribe para o SAABRMF pelo Canal do Trabalhador

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total
	Volume m³	Volume m³	Volume m³	Volume m³	Volume m³	Volume m³	
Jan		2.216.160	3.538.080	7.927.200	3.775.680	2.812.320	20.269.440
Fev		1.805.760	1.537.920	6.661.440	8.350.560	2.548.800	20.904.480
Mar		2.134.080	1.373.760	6.635.520	7.192.800	2.712.960	20.049.120
Abr		2.134.080	1.071.360	6.242.400	9.586.080	2.730.240	21.764.160
Mai		2.216.160	2.553.120	7.685.280	12.748.320	980.640	26.183.520
Jun		2.134.080	2.056.320	6.276.960	12.869.280	1.840.320	25.176.960
Jul		2.216.160	3.948.480	7.922.880	11.102.400	881.280	26.071.200
Ago		2.216.160	5.512.320	7.776.000	7.892.640	483.840	23.880.960
Set		3.244.320	5.425.920	7.788.960	1.421.280	60.480	17.940.960
Out		4.898.880	4.777.920	7.970.400	2.825.280	194.400	20.666.880
Nov	2.134.080	5.469.120	6.207.840	7.028.640	2.712.960	328.320	23.880.960
Dez	2.134.080	5.473.440	6.380.640	8.078.400	2.795.040		24.861.600
Total	4.268.160	36.158.400	44.383.680	87.994.080	83.272.320	15.573.600	271.650.240



Figura 9 - Concentração de cloratos ao longo do SAABRMF em fevereiro de 2001.



Figura 10 - Imagem de satélite Landsat ETM 7, resolução 15 m, composição 5R4G3B, de 07.10.1999, mostrando a pressão urbana nos arredores dos açudes Gavião e Riachão.

vale, e por isso, a transferência pelo Canal do Trabalhador encontra-se em níveis mínimos. Outro fato importante é a limitação do consumo de energia, tendo em vista a crise energética por que passa atualmente o Brasil, em especial a região NE.

Para garantir a transferência de água do Jaguaribe para o SAABRMF, além das ações estruturais, foram desenvolvidas ações de controle dos usuários (irrigação e abastecimento humano) ao longo do Canal do Trabalhador, incluindo outorga, medição e cobrança. Para isso foi formada uma Comissão de Usuários que acompanha mensalmente as ações e operação efetuada pela

COGERH e participa das negociações com os usuários do Jaguaribe sobre as vazões a serem transferidas.

A Tabela 3 apresenta os volumes bombeados na EB Itaipaba para abastecimento dos usos ao longo do Canal do Trabalhador e reforço do SAABRMF. O volume total bombeado no período de 1997 a 1999 atingiu o considerável valor de $168,53 \times 10^6 \text{ m}^3$. Em 2000 o bombeamento foi mantido como uma medida de segurança e para aproveitar ao máximo as águas que estavam vertendo sobre a barragem de Itaipaba.

Além das ações citadas foram desenvolvidas atividades de monitoramento quantitativo e qualitativo ao

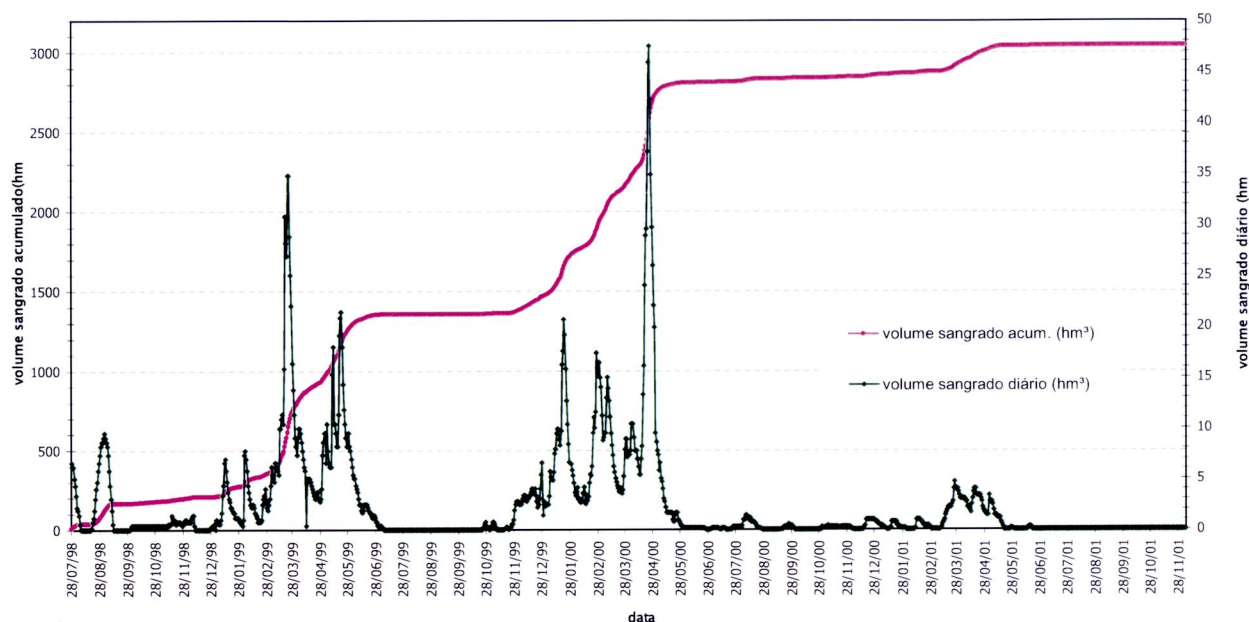


Figura 11 - Evolução dos volumes vertidos ($\times 10^6 \text{ m}^3$) na barragem de Itaíçaba.

longo do SAABRMF, nos mananciais e nas seções de controle indicadas na Figura 2.

No que se refere à qualidade da água bruta do Sistema Metropolitano, o principal parâmetro a ser considerado é a concentração de cloretos. O índice recomendado é de 250 mg/l, e o limite é 300 mg/l. Ressalte-se que no segundo semestre do ano, a concentração de cloretos nas águas dos açudes aumenta em decorrência da elevada evaporação. Como se pode observar na Figura 9, a água proveniente do rio Jaguaribe “adoça” as águas do SAABRMF no segundo semestre do ano. Assim a manutenção da transferência de água do rio Jaguaribe se justifica não somente pelos aspectos quantitativos como também pelos aspectos relacionados à manutenção da qualidade da água bruta dentro dos padrões recomendados.

Quanto às ações de controle ambiental, foram desenvolvidas atividades relacionadas a controle da pesca e das áreas de preservação. Para isso foram instalados Postos de Operação de Reservatórios, policiamento a cavalo e em barcos, construção de cercas nos principais mananciais etc. A Figura 10 apresenta uma imagem de satélite da região no entorno do Açude Gavião, onde se pode observar a pressão urbana sobre este importante manancial.

Como ações em fase de desenvolvimento e implantação, podemos citar:

- Construção do Açude Aracoíaba na Bacia do Rio Choró, a montante do Pacajús, que aumentará a vazão regularizada do SAABRMF.

- Construção do Açude Castanhão, na Bacia do Jaguaribe, com capacidade para $4,5 \times 10^9 \text{ m}^3$.

- Construção do eixo de integração Castanhão – RMF.

- Elaboração de um sistema de suporte à decisão, para permitir uma operação mais otimizada do SAABRMF, incluindo as restrições e características, como também análise de risco hidrológico e operacional.

- Estudos de transferência do Rio São Francisco e Tocantins.

- Ampliação das vazões na EB-1 e EB-2 e canal Ererê-Pacoti para $7 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Projeto de desvio do Açude Ererê para evitar problemas de poluição e risco de contaminação por acidentes na BR-116.

Encontra-se em andamento no Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, uma tese de Doutorado que tratará de um estudo crítico sobre a eficiência operacional do SAABRMF que poderá fornecer maiores subsídios para o seu aprimoramento.

A Figura 11 apresenta um gráfico com os volumes vertidos na barragem de Itaíçaba. Conforme se pode observar o volume sangrado foi de $1.200 \times 10^6 \text{ m}^3$ em 1999, $1.400 \times 10^6 \text{ m}^3$ em 2000, e $150 \times 10^6 \text{ m}^3$, em 2001, totalizando $2.750 \times 10^6 \text{ m}^3$. Estas vazões devem-se essencialmente à contribuição da Bacia do Salgado no período de chuvas. Com a construção do Castanhão este volume não será

“perdido para o mar”, melhorando assim a garantia no vale do Jaguaribe e no SAABRMF.

COMENTÁRIOS

Para garantir a proteção contra as secas excepcionais, que duram vários anos, os grandes açudes pagam um tributo altíssimo. Como eles têm de armazenar água dos anos normais para enfrentar os anos de seca, precisam ser mantidos o mais cheio possível, o que faz com que a sua disponibilidade média anual, para atendimento das demandas, seja muito baixa, cerca de 20 a 30% da sua capacidade de acumulação. Decorre disso, que os grandes açudes perdem por evaporação, que na região semi-árida atinge mais de 2000 mm/ano, a maior parte de suas águas acumuladas.

Esta exigência é mal compreendida pelo grande público, que vê no fato, um desperdício, tendo a falsa impressão de que a região dispõe de muita água acumulada, e de que são pouco exploradas.

As previsões climatológicas vêm sendo utilizadas como ferramenta auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos do Ceará, particularmente no planejamento operacional do SAABRMF, desde 1996 quando a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará – COGERH assumiu a administração, operação e manutenção dos mananciais, estações de bombeamento e canais que compõem este Sistema. Os modelos de previsão climática acoplados a modelos hidrológicos são ferramentas essenciais para a boa gestão dos recursos hídricos no semi-árido, e devem ser desenvolvidos para permitir uma maior acurácia das informações.

Através das ações de gerenciamento dos estoques de água dos açudes metropolitanos e da importação de água do açude Orós, situado a mais de 400 km de distância, conseguiu-se manter, sem nenhuma restrição, através da exploração máxima possível da sinergia do SAABRMF, o atendimento das demandas para o abastecimento de uma população de cerca de dois milhões e meio de habitantes e de todo o complexo industrial responsável por 75% do PIB Industrial do Estado, apesar da ocorrência de três anos consecutivos de seca na região.

O planejamento e operação dos sistemas que perenizam os vales do Jaguaribe e Banabuiú, a partir dos reservatórios Orós e Banabuiú, constituem parte importante no processo de gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos no Estado do Ceará, servindo como instrumento para a utilização racional da água bem como facilitar o entendimento mais abrangente das diversas demandas.

Na luta da humanidade contra o caos e aumento da entropia, a Gestão dos Recursos Hídricos aliada à melhoria dos modelos climáticos é capaz de propiciar um cabedal suficiente para que os efeitos das variações no

regime hídrico tornem-se uma lembrança somente para registro histórico e poemas antigos como a “qasida” apresentada no início deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- COGERH; 1999. “Relatório do VI Seminário de Planejamento e Operação das Águas dos Vales do Jaguaribe e Banabuiú”, Fortaleza-CE.
- COGERH; 2000. “Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas”. Fortaleza – CE.
- HOURLANI, A.H.; 1994. “Uma história dos povos árabes”. Ed. Companhia das Letras, São Paulo-SP, 523 p.
- IBGE; 2000. “Censo 2000”. www.ibge.gov.br
- MENESCAL, R.A. & Costa, M.P.; 1998. “Levantamentos Batimétricos em Reservatórios da Região Metropolitana de Fortaleza”. 4º Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Campina Grande - PB.
- MENESCAL, R.A.; Oliveira, S.K.F.; Fontenelle, A.S. & Vieira, v.p.p.b.; 2001a. “Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará”. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais, Fortaleza – CE.
- MENESCAL, R. A.; Figueiredo, N.N.; Franco, S.R. 2001b. “A problemática das Enchentes na RMF”. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais, Aracaju - SE.
- TERRA; 2001. www.terra.com.br.

Water Resources Management and Guaranteed Human Supply in Large Urbans Agglomeration in the Semi-Arid Region – The Case of Fortaleza

ABSTRACT

This paper reports the experience of COGERH during the drought period of 1997 through 1999, when several Water Resources Management actions were planned and implemented to ensure a water supply to the Metropolitan Region of Fortaleza.

Key words: water resources management, reservoir operation