

Marco Regulatório para a Gestão do Sistema Curema-Açu e as Disponibilidades Hídricas do Reservatório Curema-Mãe D'Água

Cícero Aurélio G. Lima

ciceroglima@hotmail.com.

Wilson F. Curi, Rosires C. Curi

CCT – Universidade Federal de Campina Grande

wfcuri@pesquisador.cnpq.br, rosirescuri@pesquisador.cnpq.br

Recebido: 15/05/06 - revisado: 22/08/06 - aceito: 09/08/07

RESUMO

O reservatório Curema-Mãe D'Água (RCM), com capacidade total de 1,358 bilhões de metros cúbicos, se constitui na maior reserva hídrica da Paraíba, representando 25% das disponibilidades superficiais do Estado. Está inserido na região semi-árida do Estado, na bacia hidrográfica do Rio Piancó, principal sub-bacia do Rio Piranhas-Açu que abrange parte dos territórios da Paraíba e Rio Grande do Norte. O RCM é responsável pelo atendimento de diversos usos da bacia: abastecimento, agricultura irrigada, piscicultura, lazer e geração de energia. Atende também as demandas do Estado do RN através da perenização do rio Piancó. Neste reservatório, observa-se um grande conflito no gerenciamento das disponibilidades hídricas no tocante à alocação de água entre os diversos setores de usuários dos dois estados envolvidos. Para dirimir tal conflito, foi realizada uma ação conjunta envolvendo a ANA, o DNOCS e os Governos da PB e RN, com o objetivo de estabelecer critérios, normas e procedimentos relativos ao uso dos recursos hídricos, que resultou no Marco Regulatório para gestão do sistema Curema-Açu. Esse sistema abrange a bacia hidráulica do reservatório Curema-Mãe D'Água e o sistema hídrico a jusante do mesmo (Rio Piranhas-Açu até sua foz no estado do RN). Na elaboração do Marco Regulatório, adotou-se como parâmetro para a definição da política para a alocação de água do referido reservatório, a vazão regularizada de 7,9 m³/s, com a garantia de 100%. Neste estudo foi avaliada a sustentabilidade hídrica do RCM para atendimento às demandas de montante e jusante, através de simulação integrada dos reservatórios. Foi analisado o comportamento hídrico do RCM considerando diversos cenários e situações de afluências hídricas, de uso da água e de operação dos reservatórios. Para tanto, foram utilizados os modelos ModSim P32, ORNAP e um modelo desenvolvido para realizar o balanço hídrico do reservatório Curema-Mãe D'Água - SimCOMA. O estudo mostrou que o conceito de vazão regularizada como parâmetro para o estabelecimento de uma política de alocação das disponibilidades hídricas do reservatório Curema-Mãe D'Água se mostrou inadequado, em face da variabilidade dos valores obtidos desse parâmetro. As variações nas disponibilidades hídricas do reservatório mostraram que, para algumas situações estudadas, não seria possível atender as demandas estabelecidas pelo Marco Regulatório.

Palavras-chave: Reservatórios interligados, simulação, gestão de bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A alocação e o gerenciamento dos recursos hídricos para usos múltiplos envolvem conflitos entre os diversos setores de interesse. O mundo enfrenta hoje, uma séria crise relacionada com a questão da água, não somente pela má distribuição espacial e temporal das precipitações, mas, fundamentalmente, pela falta de um gerenciamento adequado, principalmente em regiões onde existe escassez desses recursos. O aumento da população e a ocupação das bacias hidrográficas de modo não

planejado, sem a devida preocupação com o Meio Ambiente, causaram a degradação da água. Todos esses fatores estão debilitando uma das principais bases de recursos sobre a qual se edifica a sociedade humana.

A diversificação do uso da água e o consequente aumento da demanda fizeram surgir o problema de demandas conflitantes. Segundo Lanna (1997), estes conflitos podem ser: conflitos de destinação de uso e conflitos de disponibilidades quantitativas e/ou qualitativas. Um processo privilegiado para dirimir esses conflitos é a negociação. Entretanto, é preciso o conhecimento do impacto causado

pelas diversas alternativas e os benefícios associados às mesmas.

A sustentabilidade, o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos devem ser discutidos dentro do contexto de desenvolvimento sustentável. O atendimento das aspirações da população atual não deve comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades. Nas regiões semi-áridas, como é o caso da região Nordeste do Brasil, o uso racional dos recursos hídricos passa a ser imprescindível, face às peculiaridades climáticas e ambientais que condicionam as atividades humanas e o desenvolvimento social da região (Vieira, 1996).

A prática mais utilizada nessa região para atenuar os problemas de escassez de água é a construção de açudes. Entretanto, sem um planejamento adequado, os reservatórios têm sido construídos sem prever uma operação que propicie o uso otimizado dos volumes acumulados. Em muitos casos, eles têm servido apenas para acumular água durante a estação chuvosa. Dispersos, mal operados e sem conservação, constituem por vezes, motivo de desperdício e de deterioração dos recursos hídricos. Vale ressaltar que em algumas bacias hidrográficas esta prática já não é mais possível por se encontrarem nos seus limites de disponibilidade hídrica superficial. Nesses casos, a adoção de uma política de uso racional desses recursos se apresenta não somente como solução ideal, mas como a única, dentro do contexto de gestão para uso racional dos recursos hídricos, preconizada pela lei 9.433/97.

No contexto da política para gerenciamento dos recursos hídricos, de uma maneira geral, o parâmetro utilizado na alocação das disponibilidades dos reservatórios, para fins de outorga, tem sido a vazão regularizada. Na Paraíba, esse critério está estabelecido pelo Decreto nº 19.260/97, no qual o artigo 26 estabelece que: a soma do volume outorgado em uma bacia hidrográfica não deverá exceder 9/10 da vazão regularizada anual com garantia de 90%. Esse critério, estabelecido em nível estadual, pode ser questionado, uma vez que não leva em consideração a região onde está localizada a bacia (portanto, o regime pluviométrico), a existência de reservatórios estratégicos e os conflitos de uso dos recursos hídricos.

Com o objetivo de avaliar a eficiência do uso desse parâmetro para o estabelecimento de uma política de alocação de água para outorga em sistemas de reservatórios integrados, foi estudado o sistema Curema-Mãe D'Água, localizado a sudoeste do estado da Paraíba, região semi-árida. O gerenciamento integrado desse sistema é bastante complexo,

pois envolve usos conflitantes a montante e a jusante com interesses diferenciados entre os usuários dos Estados da PB e RN, beneficiários do RCM. No estudo integrado do RCM foram considerados 24 reservatórios de montante, com abastecimento de vários municípios e atendimento às demandas de irrigação de 6 perímetros de irrigação, com uma área potencial de 4.500 ha. Neste sistema encontra-se a única usina hidroelétrica do Estado (sistema CHESF), responsável pela geração de 3,52 MW de energia. As águas, após passarem pelas turbinas desaguam no rio Piancó, perenizando o rio Piranhas-Açu, atingindo o estado do RN. Parte dessa água é utilizada para atendimento às demandas de jusante do sistema: adutora Coremas/Sabugi, irrigação à jusante, inclusive a vazão requerida pelo RN. No reservatório Mãe D'Água, inicia-se a maior obra hidráulica de transposição do Estado: o Canal da Redenção. Com extensão de 37 km e capacidade para transportar 4,0 m³/s, o canal foi construído para suprir a demanda hídrica do projeto de irrigação Várzeas de Sousa (5.000 ha), localizado na bacia do Rio do Peixe.

Até o ano de 2004, a gestão dos recursos hídricos do Sistema Curema-Mãe D'Água era ainda mais complexa, pois existia alternância da dominância das águas deste sistema, entre o Estado da Paraíba e a União. A partir da Resolução nº 687/04 (ANA, 2004a), a gestão das disponibilidades hídricas do rio Piancó passou a ser de domínio da União. A busca para minimização dos conflitos de uso da água do RCM veio através do Marco Regulatório para a gestão do Sistema Curema-Açu (ANA, 2004b). O referido documento contemplou, através de cadastramento de usuários, as demandas hídricas da bacia hidráulica do reservatório Curema-Mãe D'Água e a jusante, ao longo do rio Piranhas-Açu até a foz, no estado do Rio Grande do Norte. A elaboração deste documento, que contou com as participações da Agência Nacional de Água (ANA), o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) e os órgãos gestores dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, teve como objetivo estabelecer parâmetros e condições para emissão de outorga preventiva e de direito de uso dos recursos hídricos. Entretanto, nesse estudo não foram avaliadas as demandas de montante dos reservatórios Curema-Mãe D'Água e seus impactos sobre suas disponibilidades hídricas. Neste estudo, avaliou-se o comportamento hídrico desses reservatórios de forma integrada, considerando as demandas de montante e jusante e submetendo-os a diversos cenários e situações de afluência hídrica e operacional dos reservatórios. O objetivo foi analisar a sustentabilidade hídrica do RCM, através do balanço entre oferta versus demanda de mon-

tante (não consideradas pelo Marco Regulatório do SCA) e as demandas de jusante estabelecidas pelo referido documento.

O SISTEMA ESTUDADO

Para melhor entendimento das simulações do sistema estudado e dos resultados analisados, faz-se as seguintes definições:

- Sistema Curema-Açu (SCA), formado pela bacia hidráulica dos reservatórios Curema-Mãe D'Água e o sistema hídrico de jusante, ao longo do Rio Piranha-Açu, até sua foz, no estado do RN;
- Sistema Curema-Mãe D'Água (SCM), formado pelas bacias hidrográficas dos reservatórios Curema-Mãe d'Água; e
- Reservatórios Curema-Mãe D'Água (RCM), formado por dois reservatórios interligados por um canal adutor.

Caracterização do sistema hídrico

O sistema hídrico formado pelos reservatórios Curema-Mãe D'Água (RCM) está localizado no ponto de coordenadas: 7°01' S e 37°59' W, na bacia hidrográfica do Rio Piancó, no Sudoeste do Estado da Paraíba (Figura 1).

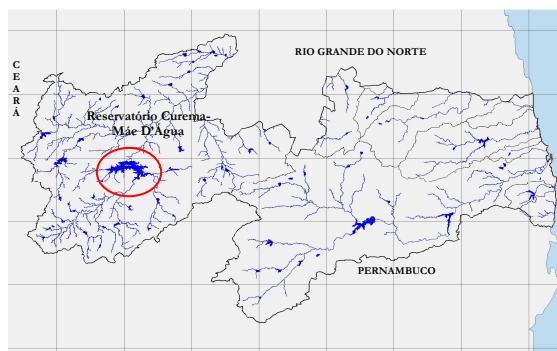


Figura 1 – Localização do sistema Curema-Mãe D'Água

Com capacidade para acumular 1.358 bilhões de m³, o mesmo é formado por dois reservatórios: o açude Curema, com capacidade máxima de 720 hm³ e o açude Mãe D'Água, com capacidade máxima de 638,7 hm³. Os reservatórios são interligados por um canal adutor na cota 237m, a partir da

qual formam um único lago, atingindo a capacidade máxima na cota 245m. Ambos foram construídos pelo DNOCS com as finalidades de abastecimento, irrigação, piscicultura, eletrificação, perenização do rio Piancó e lazer.

A bacia do rio Piancó, onde se localiza o RCM apresenta aspectos climáticos do tipo Awig, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24 °C e a evaporação média anual é de aproximadamente 3.000 mm. Os solos predominantes encontrados na bacia são: os Litossolos, Bruno não Cálcico, Podzólicos, Cambissolos Eutrófico, Regossolos Eutrófico, Aluvissolos Eutrófico e Latossolos. A vegetação natural é do tipo xerófita, pertencente ao bioma caatinga. A área de antropismo já ocupa mais da metade das terras da bacia, contribuindo assim para o processo de aridez mais acentuada na região.

A caracterização hídrica do sistema hídrico para o estudo foi formada pelo reservatório Curema-Mãe D'Água, 24 reservatórios de montante e das áreas não controladas por reservatórios, distribuídos em quatro tributários principais (Figura 2), a seguir definidos:

- **Tributário 01** – formado pelas contribuições hídricas advindas dos vertimentos dos reservatórios localizados no rio Aguiar;
- **Tributário 02** – formado pelas contribuições hídricas advindas dos vertimentos dos reservatórios localizados no rio Piancó;
- **Tributário 03** – formado pelas contribuições hídricas advindas dos vertimentos dos reservatórios localizados no rio Emas;
- **Tributário 04** – formado pelas contribuições hídricas advindas das áreas não controladas por reservatórios. A área total de contribuição desse tributário é de 5.289,40 km².

O reservatório Curema-Mãe D'Água e o Marco Regulatório

A busca para minimização dos conflitos de uso da água do RCM veio através do Marco Regulatório, o qual contemplou, através de cadastramento de usuários, as demandas hídricas da bacia hidráulica do reservatório e a jusante do mesmo, ao longo do rio Piranhas-Açu, no estado do RN. No referido documento foram estabelecidos seis trechos, dos quais, três estão localizados integralmente na Paraíba. A Figura 3 mostra a localização dos referidos trechos no Estado da Paraíba. As vazões mínimas a

serem fornecidas pelo RCM para os referidos trechos foram:

- **Trecho 01**, abrangendo a área da bacia hidráulica do reservatório Curema e Mãe D'Água. A vazão mínima estabelecida foi de 2,093 m³/s;
- **Trecho 02**, compreendido entre as barragens dos reservatórios Curema e Mãe D'Água até a confluência com o rio Piranhas. A vazão mínima estabelecida foi de 2,161 m³/s; e
- **Trecho 03**, compreendido entre o rio Piranhas, a partir da confluência com o rio Piçanço, até a divisa dos estados da PB e RN. A vazão mínima estabelecida foi de 2,146 m³/s.

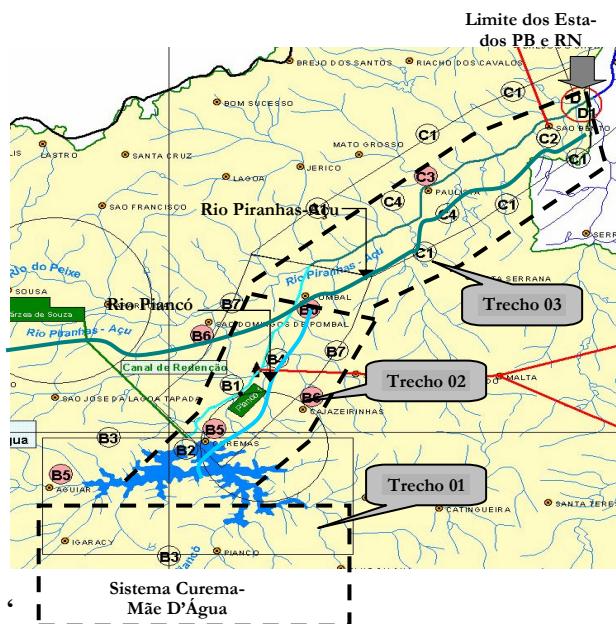


Figura 3 - Demandas por trecho na PB: Marco Regulatório

A vazão total a ser fornecida pelo reservatório Curema-Mãe D'Água é de 6,40 m³/s. O reservatório ainda fornecerá uma vazão mínima de 1,5 m³/s para o RN (nos primeiros cinco anos de regulação), totalizando 7,9 m³/s. Este foi o valor adotado pelo Marco Regulatório como sendo a vazão máxima outorgável do referido reservatório.

DADOS DO SISTEMA

Precipitação

Para o cálculo das precipitações diretas sobre os reservatórios e os perímetros irrigados foram considerados valores médios dos postos pluviométricos inseridos ou próximos dos reservatórios e das áreas dos perímetros. Na Tabela 1 estão listados os postos pluviométricos utilizados no estudo, com as respectivas precipitações médias anuais.

Tabela 1 – Postos pluviométricos utilizados nas simulações.

Nome	Código	Precipitação média anual (mm)
Água Branca	03854072	712,1
Aguiar	03843166	744,1
Boa Ventura	03843857	804,4
Catingueira	03844279	945,0
Conceição	03852197	879,0
Curema Aç.	03844008	860,6
Garrotes	03844703	728,5
Ibiara	03843919	974,7
Imaculada	03845703	655,5
Itaporanga	03843667	813,6
Juru	03854036	801,4
Manaíra	03853467	929,5
Nova Olinda	03843992	834,1

Evaporação

Para a estimativa da evaporação nos reservatórios e da evapotranspiração dos perímetros irrigados foram utilizados os valores médios mensais de evaporação do Tanque Classe “A” do posto de Corremas (Tabela 1), cujo valor médio anual da região é de 2.993 mm.

Tabela 2 – Evaporação média mensal (mm).

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
272	215	204	182	183	182	220	272	300	333	319	311

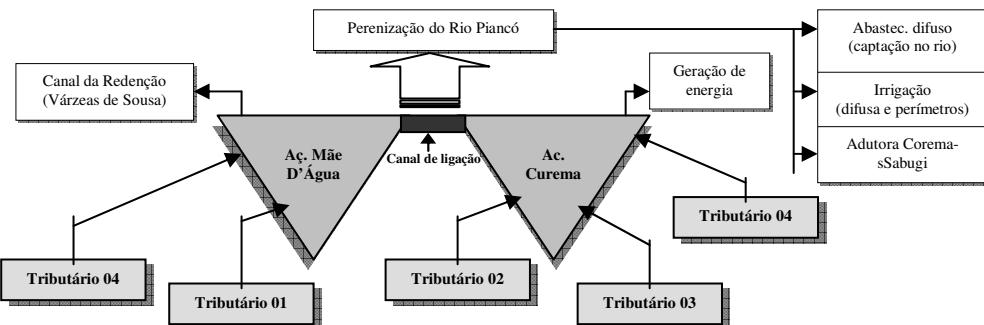


Figura 2 – Esquema hídrico representativo do Sistema Curema-Mãe D'Água (SCM).

Tabela 3 – Vazões médias mensais afluentes aos reservatórios Curema e Mãe D'Água (m^3/s).

Reserv.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Curema	0,8	7,7	42,2	82,6	42,9	15,7	4,9	0,3	0,0	0,0	0,1	0,4
Mãe D'Água	0,2	1,9	10,4	20,4	10,6	3,9	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1

Vazões afluentes

A série pseudo-histórica de vazões foi gerada pelo Modelo Hidrológico Auto Calibráve MODHAC (Lanna e Marwell, 1997), para uma série de precipitação média diária de 53 anos. Optou-se por uma abordagem determinística conceitual através da versão aperfeiçoada do MOHTSAR para o Trópico do semi-árido. O referido modelo foi calibrado utilizando-se duas sub-séries 1964/85 e 1975/85 e validada para a série de 1985/89, do posto fluviométrico de Piancó. Foram geradas as séries de deflúvios médios mensais a partir de dados de precipitação totais diários, com extensão de 57 anos.

Neste trabalho, por não se dispor do mesmo período da série pseudo-histórica de vazão para todos os reservatórios, adotou-se a série comum a todos, ou seja, 53 anos, período de 1937 a 1989. Na Tabela 3 estão representadas as vazões médias mensais das séries pseudo-históricas obtidas para os reservatórios Curema e Mãe D'Água.

Curvas dos reservatórios

Os dados das curvas cota-área-volume dos reservatórios foram obtidos do Cadastro de Açudes do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Piancó - PDRH/PB (SCIENTEC, 1997).

Tabela 4 – Dados de volumes e de demandas hídricas estabelecidos para os reservatórios.

Reservatórios	Volumes (hm ³)			Demandas
	Máx.	Mín.	Localidade	(l/s)
B. dos Cochos	4,20	0,35	Iguaracy	11,50
Frutuoso II	3,52	0,17	Aguiar	9,72
Vídeo	6,04	0,3	—	—
Vazantes	9,09	0,45	—	—
Piranhas	25,69	1,28	Ibiara	5,0
Serra Vermelha I	11,80	0,59	Conceição	31,2
Condado	35,01	1,75	—	—
Santa Inês	26,11	0,83	—	—
Poço Redondo*	10,00	3,33	S.de Manguera	3,2
Catolé II	10,50	0,50	Manáíra	14,8
Cachoeira dos Alves	10,61	0,54	Itaporanga	53,9
Bruscas	38,20	1,91	Curral Velho	2,0
S. de Nova Olinda	97,48	4,87	Nova Olinda	11,5
Jatobá II	6,49	0,32	Princesa Isabel	86,7
Canoas	10,0	0,50	—	—
Tavares	6,47	0,32	—	—
Quicimadas	15,62	0,78	S. dos Garrotes	—
Emas	2,01	0,10	Emas	8,16
Cachoeira dos Cegos	80,00	4,00	Catingueira	4,81
Garra*	0,50	0,00	—	—
Jenipapeiro	70,00	5,20	Olho D'Água	9,36
Timbaúba	14,47	0,77	—	—
Bom Jesus	14,64	0,73	Água Branca	11,50

(*) – Reservatórios não concluídos.

Tabela 5 – Demandas hídricas mensais dos perímetros irrigados a montante do reservatório Curema-Mãe D’Água.

Perímetros irrigados e as respectivas áreas potenciais	Demandas hídricas mensais (m^3/s)											
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
LIGADOS AOS RESERVATÓRIOS												
Poço Redondo (500ha)	0,292	0,322	0,357	0,317	0,293	0,285	0,185	0,000	0,094	0,171	0,194	0,230
Bruscas (500 ha)	0,393	0,377	0,408	0,265	0,118	0,210	0,000	0,000	0,122	0,157	0,129	0,286
Gravatá (934ha)	1,373	1,317	0,863	0,925	0,411	0,730	0,000	0,000	0,424	0,549	0,448	0,990
AO LONGO DO RIO PIANCÓ												
Piancó II * (1.000ha)	1,000	0,749	0,897	0,00	0,00	0,346	0,000	0,000	0,344	0,000	0,000	0,607
Piancó III (1.000 ha)	0,787	0,754	0,815	0,530	0,237	0,419	0,000	0,000	0,243	0,314	0,257	0,572
Piancó Brotas (500 ha)	0,393	0,377	0,408	0,265	0,119	0,210	0,000	0,000	0,122	0,157	0,129	0,286

(*) Somente as culturas temporárias

Demandas hídricas de montante

Na análise da sustentabilidade do SCM foram consideradas as demandas hídricas de abastecimento e de irrigação, atendidas pelos reservatórios a montante do RCM. As demandas hídricas das cidades são referentes ao ano de 2003, com base nas informações fornecidas pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Na Tabela 4 estão mostrados os dados de volumes mínimos e máximos dos reservatórios, as localidades abastecidas e as respectivas demandas hídricas.

As demandas hídricas mensais potenciais para a irrigação foram obtidas com a utilização do modelo de otimização ORNAP (Curi e Curi, 2001), a partir dos dados das culturas temporárias e peregrinas e dos sistemas de irrigação dos perímetros: Poço Redondo, Bruscas, Gravatá, Piancó II, III e Brotas. A área potencial total desses perímetros é de aproximadamente 4.500 ha. Na Tabela 5 estão relacionadas as demandas hídricas mensais dos referidos perímetros.

Demandas do reservatório Curema-Mãe D’Água

Na avaliação da sustentabilidade hídrica do reservatório Curema-Mãe D’Água, diferentemente da estabelecida pelo Marco Regulatório, o mesmo foi analisado integrado, considerando as demandas de montante e de jusante. As demandas hídricas RCM foram obtidas do Marco Regulatório, definidas para os trechos 1, 2 e 3 (Figura 3). O valor de 7,9 m^3/s foi estabelecido como sendo a vazão mínima a ser fornecida pelo reservatório.

METODOLOGIA

Para a obtenção do comportamento hídrico do reservatório Curema-Mãe D’Água foram utilizadas técnicas de simulação, a partir do balanço hídrico integrado dos reservatórios. As análises da sustentabilidade para o atendimento às demandas estabelecidas para o reservatório foram realizadas submetendo o reservatório às mudanças no padrão de afluxo, no uso e na operação dos reservatórios, definidos através dos cenários e situações estabelecidos pelo estudo. Para efeito de simulação, o sistema foi subdividido em: reservatórios de montante e o RCM, nos quais foram utilizados modelos específicos, em virtude de suas características peculiares.

Simulação dos reservatórios de montante

Na simulação dos reservatórios de montante foram considerados 24 reservatórios integrados, distribuídos nos tributários: Aguiar, Emas e Piancó. O modelo utilizado foi ModSim P32 (Labadie et al., 1989). Na Figura 4 está representada a estrutura hídrica para a simulação do sub-sistema 3 do tributário Piancó (Lima, 2004).

Simulação do reservatório Curema-Mãe D’Água

Normalmente, o reservatório Curema-Açu é simulado considerando-o como um único reservatório, representado pela soma das curvas cota x área x volume dos respectivos reservatórios. Estudos reali-

zados no RCM (Lima, 2004) mostraram diferenças significativas na vazão regularizada do reservatório, nesta concepção hídrica e considerando-o como dois reservatórios interligados. Neste estudo, a avaliação das respostas hídricas do RCM, no tocante a sua vazão regularizável, foi realizada considerando o sistema como dois reservatórios (Curema e Mãe D'Água), interligados por um canal, com transferência mútua de água entre os reservatórios. Para realização do balanço hídrico do RCM foi utilizado o modelo SimCOMA (Lima, 2004). Neste modelo, cada reservatório é simulado separadamente, compatibilizando as cotas com base nos seus volumes finais e no estágio nos quais estes podem estar acima ou abaixo da cota do canal de ligação.

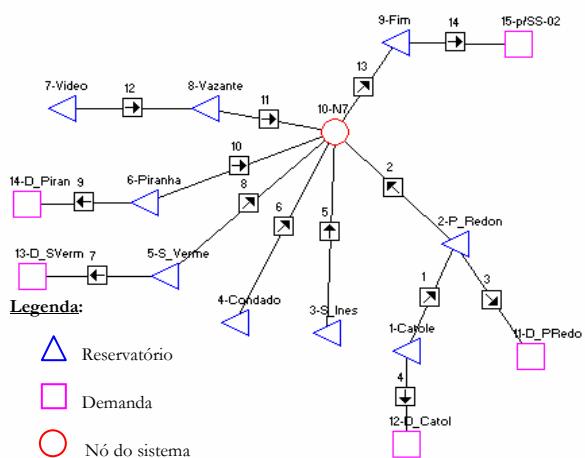


Figura 4 – Esquema para simulação no MODSIM P32 do sub-Sistema 3.

Na Figura 5 está mostrada a representação do reservatório Curema-Mãe D'Água para a simulação no SimCOMA. As cotas operacionais estabelecidas foram:

- **Reservatório Mãe D'Água:** cota para a simulação igual a 231 m, considerada como mínima operacional para o Canal da Redenção; e
- **Reservatório Curema:** cota para a simulação igual a 223 m, considerada como mínima operacional para geração de energia.

Equações do Balanço hídrico

Reservatório Curema

Para o reservatório Curema são considerados os afluxos do rio Piancó (tributário 02), do rio

Emas (tributário 03) e o percentual referente à área não controlada por reservatórios (tributário 04). A equação do balanço pode ser escrita como:

$$V_{Cu}(t+1) = V_{Cu}(t) + V_{Piancó}(t) + V_{Emas}(t) + V_{TR4}(t) - [(Ev(t)-Pr(t)]A_{cu}(t) - V_{dCu}(t) - V_{lig}(t) \quad (1)$$

Onde,

$V_{Cu}(t+1)$ – armazenado no reservatório Curema no início do intervalo de tempo $t+1$;

$V_{Cu}(t)$ - armazenado no reservatório Curema no início do intervalo de tempo t ;

$V_{Piancó}(t)$ – volume afluente do tributário Piancó ao reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$V_{dCu}(t)$ – volume de descarga do reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$V_{lig}(t)$ – volume transferido ou recebido pelo reservatório através do canal de ligação, no intervalo de tempo t ;

$V_{Emas}(t)$ – volume afluente do tributário Emas ao reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$V_{TR4}(t)$ - volume afluente do tributário 4 ao reservatório durante o intervalo de tempo t ; e

$Ev(t)$ - evaporação do reservatório durante o intervalo de tempo t .

Reservatório Mãe D'Água

Para o reservatório Mãe D'Água são considerados os seguintes afluxos do rio Aguiar (tributário 01) e o percentual referente à área não controlada por reservatórios neste curso d'água (tributário 04). A equação do balanço pode ser escrita como:

$$V_{MD}(t+1) = V_{MD}(t) + V_{Aguiar}(t) + V_{TR4}(t) - [Ev(t)-Pr(t)]A_{MA}(t) - V_{dMD}(t) - V_{lig}(t) \quad (2)$$

Onde,

$V_{MD}(t+1)$ – armazenado no reservatório Mãe D'Água no início do intervalo de tempo $t+1$;

$V_{MD}(t)$ - armazenado no reservatório Mãe D'Água no início do intervalo de tempo t ;

$V_{Aguiar}(t)$ - volume afluente do tributário Aguiar ao reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$V_{TR4}(t)$ - volume afluente do tributário 04 ao reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$Ev(t)$ - evaporação do reservatório durante o intervalo de t ;

Pr – precipitação sobre o reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$A_{MA}(t)$ – área média do espelho d'água do reservatório durante o intervalo de tempo t .

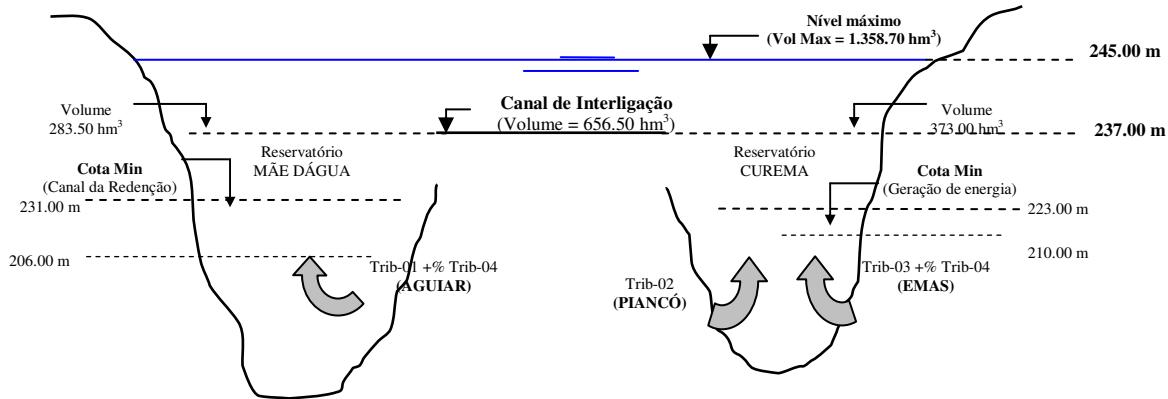


Figura 5 – Representação do reservatório Curema-Mãe D'Água para a simulação no modelo SimCOMA.

$V_{dMD}(t)$ – volume de descarga do reservatório durante o intervalo de tempo t ;

$V_{lig}(t)$ – volume transferido ou recebido pelo reservatório através do canal de ligação, no intervalo de tempo t ;

$P_r(t)$ – precipitação sobre o reservatório durante o intervalo de tempo t ; e

$A_{cu}(t)$ – área média do espelho d'água do reservatório durante o intervalo de tempo t .

Transferência de água entre os reservatórios

Para o desenvolvimento do algoritmo de compatibilização das cotas do nível da água nos reservatórios, seis situações de ocorrência do nível de água nos reservatórios foram consideradas, conforme mostradas na Figura 6.

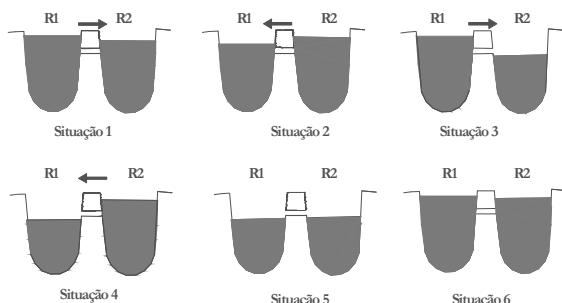


Figura 6 – Situações hídricas possíveis de nível da água nos reservatórios MÃE D'Água (R1) e CUREMA (R2).

As situações possíveis de transferência de água entre os reservatórios foram assim definidas:

- Situação 1.** Os dois reservatórios estão com os volumes de água acima da cota do canal de ligação e o *reservatório 1*, com o volume acima da cota do volume do *reservatório 2*. Nesta situação, haverá transferência de água do *reservatório 1* para o *reservatório 2*;
- Situação 2.** Idem ao anterior, mas o *reservatório 1* está com o volume abaixo da cota do volume do *reservatório 2*. Nesta situação, haverá transferência de água do *reservatório 2* para o *reservatório 1*;
- Situação 3.** Somente o *reservatório 1* se encontra com o volume de água acima da cota do canal de ligação. Nesta situação, a transferência de água é idêntica a situação 1; e
- Situação 4.** Somente o *reservatório 2* se encontra com o volume de água acima da cota do canal de ligação. Nesta situação, a transferência de água é idêntica a situação 2.

Nas situações 5 e 6 não ocorrerá transferência de águas entre os reservatórios, uma vez que, ambos estão com os níveis abaixo da cota do canal de ligação ou com os níveis iguais acima do canal, respectivamente.

Após o balanço hídrico em cada reservatório, o modelo calcula o volume de água transferido de um reservatório para outro, de modo a compatibilizar suas respectivas cotas finais. Para o cálculo do volume de transferência entre os reservatórios, através da compatibilização das respectivas cotas do nível da água, o modelo utiliza o processo de linearização da curva cota-volume individual dos reservatórios. Deste processo, as seguintes equações são obtidas para determinação das cotas do nível da água nos reservatórios:

Reservatório com a cota menor:

$$Hr2(t) = (\Delta Hr / \Delta Vr2).Vr2(t) \quad (3)$$

Reservatório com a cota maior:

$$Hr1(t) = \Delta Hr - (\Delta Hr / \Delta Vr1).Vr1(t) \quad (4)$$

Sendo,

$$\Delta Hr = \text{abs} [Hr(2)-Hr(1)] \quad (5)$$

$$\Delta Vr1 = \text{abs} [Vr1(2)-Vr1(1)] \quad (6)$$

$$\Delta Vr2 = \text{abs} [Vr2(2)-Vr2(1)] \quad (7)$$

Onde,

- $Hr1(t)$ e $Hr2(t)$ - representam os incrementos nas cotas do nível da água dos reservatórios 1 e 2, respectivamente, a partir da cota menor;
- $Vr1(t)$ e $Vr2(t)$ - representam os volumes transferidos dos reservatórios 1 e 2, respectivamente;
- ΔHr - representa o valor absoluto da diferença de cota do nível da água entre os reservatórios;
- $Hr(1)$ e $Hr(2)$ – representam as cotas de nível de água dos reservatórios 1 e 2, respectivamente;
- $\Delta Vr1$ - representa o valor absoluto do volume transferido do reservatório 1;
- $\Delta Vr2$ - representa o valor absoluto do volume transferido do reservatório 2;
- $Vr1(1)$ e $Vr1(2)$ – representam os volumes no reservatório 1 nas cotas $Hr(1)$ e $Hr(2)$, respectivamente; e
- $Vr2(1)$ e $Vr2(2)$ – representam os volumes no reservatório 1 nas cotas $Hr(1)$ e $Hr(2)$, respectivamente.

CENÁRIOS E SITUAÇÕES ESTUDADOS

Para as análises do comportamento hídrico do sistema Curema-Mãe D'Água (SCM) foram estabelecidos diversos cenários e situações de afluxos hídricos e operacionais dos reservatórios, descritos a seguir:

- **Cenário 1 (C1).** Cenário destinado às análises da sustentabilidade hídrica dos reservatórios de montante do SCM para o abastecimento humano;

- **Cenário 2 (C2).** Cenário a partir do qual foram realizadas as análises de sustentabilidade dos reservatórios de montante do SCM, para o atendimento às demandas de irrigação dos perímetros estudados (Figura 7). Duas situações foram analisadas:

Perímetros ligados a reservatórios (C2S1). Neste cenário foi analisado, o impacto sobre a disponibilidade hídrica do RCM em decorrência do uso dos reservatórios de montante para o atendimento às demandas de irrigação. Avaliou-se também a sustentabilidade hídrica dos reservatórios de montante no atendimento das demandas hídricas das áreas potenciais dos perímetros ligados diretamente aos reservatórios: Bruscas, Poço Redondo e Gravatá; e

Irrigação ao longo do Rio Piancó (C2S2). Neste cenário foi avaliado o impacto das irrigações dos perímetros Piancó II, Piancó III e Piancó Brotas sobre as disponibilidades hídricas do RCM. Também foi analisada a sustentabilidade hídrica dos reservatórios de montante para atendimento das áreas potenciais dos referidos perímetros. Não foram considerados os reservatórios comprometidos com o abastecimento ou com perímetros de irrigação ligados diretamente a estes.

A análise do impacto do uso dos reservatórios sobre as disponibilidades do RCM, neste cenário, foi realizada a partir da simulação integrada dos 24 reservatórios de montante, utilizando-se o modelo ModSim P32 (Labadie et al., 1989).

- **Cenário 3 (C3).** Cenário destinado às análises da interferência do padrão de afluxo de água sobre as vazões máximas regularizáveis do RCM. Teve como objetivo principal determinar as perdas de vazão do reservatório caso as disponibilidades dos reservatórios de montante fossem utilizados de forma a não se observar vertimentos nos mesmos. Ou seja, os volumes excedentes nos reservatórios seriam totalmente utilizados para atendimento aos usos de montante. Neste cenário, considerou-se como afluência hídrica ao RCM somente aquela decorrente da área da bacia não controlada por reservatórios.

As simulações foram realizadas considerando três situações de afluência hídrica ao sistema:

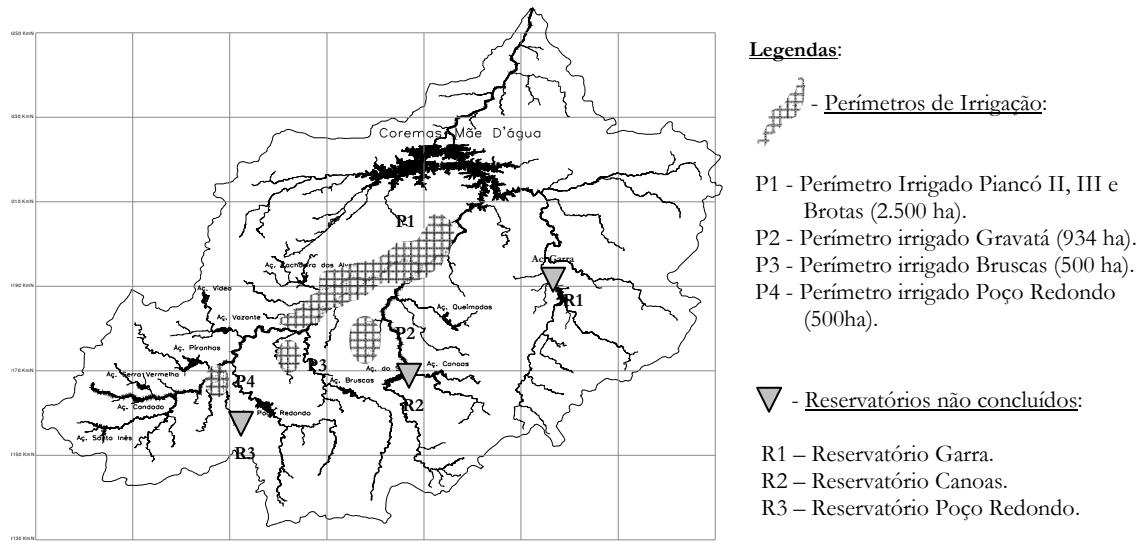
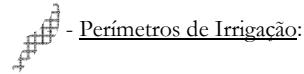


Figura 7 – Localizações dos reservatórios não concluídos e dos perímetros irrigados do SCM.

- **C3S1**, considerando os vertimentos dos 24 reservatórios de montante;
 - **C3S2**, sem considerar os vertimentos dos 24 reservatórios de montante; e
 - **C3S3**, sem considerar os vertimentos apenas dos 15 reservatórios localizados no tributário Piancó. Isto devido a sua importância para o RCM, pois, os perímetros irrigados e os reservatórios não concluídos, com exceção de Garra, estão situados neste tributário.
- **Cenário 4 (C4)**. Neste cenário foi analisado o impacto das conclusões dos reservatórios Garra, Poço Redondo e Canoas (Figura 7) sobre as disponibilidades hídricas do RCM. Para tanto, foram realizadas simulações do reservatório analisando seu comportamento hídrico para duas situações:
- **C4S1**, considerando os reservatórios Garra, Poço Redondo e Canoas na capacidade atual (Tabela 4); e
 - **C4S2**, considerando os reservatórios nas capacidades de projeto: Garra ($29,4 \text{ hm}^3$), Poço Redondo ($62,7 \text{ hm}^3$) e Canoas ($48,1 \text{ hm}^3$).

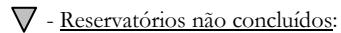
Em todos os cenários e situações idealizadas para o estudo, foi analisado o comportamento hí-

Legendas:



- Perímetros de Irrigação:

- P1 - Perímetro Irrigado Piancó II, III e Brotas (2.500 ha).
 P2 - Perímetro irrigado Gravatá (934 ha).
 P3 - Perímetro irrigado Bruscas (500 ha).
 P4 - Perímetro irrigado Poço Redondo (500ha).



- Reservatórios não concluídos:

- R1 – Reservatório Garra.
 R2 – Reservatório Canoas.
 R3 – Reservatório Poço Redondo.

drico do RCM considerando diferentes retiradas de água do reservatório Mãe D'Água para atendimento a demanda do perímetro irrigado das Várzeas de Sousa. Este fato se deve à alteração pelo Marco Regulatório na vazão inicialmente prevista para o Canal da Redenção ($4,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Com objetivo de verificar a sustentabilidade hídrica do RCM para o atendimento as variações nas demandas do perímetro irrigado Várzeas de Sousa, foram estabelecidas as seguintes vazões de retirada do referido reservatório:

- $Q = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, estabelecida pelo Marco Regulatório;
- $Q = 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$, com a diminuição de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ na vazão fornecida atualmente ao estado do Rio Grande do Norte, prevista a partir do ano 2010, esta poderá ser incorporada para o atendimento da demanda do perímetro Várzeas de Sousa; e
- $Q = 4,0 \text{ m}^3/\text{s}$, prevista no projeto inicial, correspondente a capacidade máxima do canal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cenário C1 - reservatórios de montante

O estudo do sistema hídrico de montante revelou que apenas os reservatórios Catolé e Jatobá II apresentaram falhas no atendimento às demandas

atuais dos municípios que abastecem: Manáira e Princesa Isabel, respectivamente.

Cenário C2 – Irrigação a montante do sistema

C2S1 - perímetros ligados diretamente aos reservatórios

Com relação à sustentabilidade hídrica dos reservatórios de montante ligados diretamente a perímetros de irrigação, os resultados obtidos pelo estudo demonstraram que:

- **Projeto Bruscas**, o reservatório Bruscas não apresentou falhas no atendimento às demandas do perímetro, dentro da garantia estabelecida para o referido uso (90%);
- **Projeto Poço Redondo**, somente com a conclusão do reservatório Poço Redondo para sua capacidade de projeto ($62,7 \text{ hm}^3$), seria possível atender às demandas totais do perímetro, para a garantia estabelecida; e
- **Projeto Gravatá**, somente com a conclusão do reservatório Canoas para sua capacidade de projeto ($48,1 \text{ hm}^3$), seria possível atender as demandas totais do perímetro, para a garantia estabelecida.

Com relação ao impacto do uso de reservatórios de montante sobre as disponibilidades do RCM, os resultados apresentados na Tabela 6 mostraram que as perdas de vazão regularizável do sistema foram maiores na medida em que foram sendo aumentadas as retiradas do reservatório Mãe D'Água. O estudo revelou que, para manter o atendimento a todas as demandas do sistema, a vazão máxima a ser retirada do reservatório Mãe D'Água, para atendimento a demanda de irrigação das Várzeas de Sousa, seria de $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 6 – Vazões máximas regularizáveis pelo RCM sem e com a irrigação de montante.

Padrão de afluência	Vazões retiradas do reservatório Mãe D'Água (m^3/s)		
1,9	2,4	4,0	
Sem irrigação	9,05	8,71	8,22
Com irrigação	8,62	8,16	7,62
% de redução	4,8	6,3	7,3

C2S2 - irrigação ao longo do Rio Piancó

O estudo revelou que os reservatórios de montante não teriam sustentabilidade hídrica para atender as demandas totais dos perímetros com a garantia requerida. Os déficits hídricos médios mensais observados para os perímetros estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Volumes deficitários médios mensais para os perímetros Piancó II, III e Brotas (hm^3).

Projeto	Meses com deficit hídrico									
	Jan	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
P-II	0,76	-	-	1,45	2,27	1,94	2,32	-	-	
P-III e										
Brotas	1,32	0,05	0,91	2,04	2,76	2,92	3,19	1,97	0,82	

Outra análise realizada diz respeito ao uso de parte do excedente hídrico da área não controlada por reservatórios para suplementação dos déficits de irrigação. Os resultados apresentados na Tabela 8 mostraram que este cenário causaria reduções significativas nas vazões regularizáveis do sistema.

Tabela 8 – Vazões máximas regularizáveis pelo RCM sem e com a irrigação dos perímetros Piancó II, III e Brotas.

Padrão de afluência	Vazões retiradas do reservatório Mãe D'Água (m^3/s)		
1,9	2,4	4,0	
Sem irrigação*	8,77	8,42	7,76
Com irrigação	7,60	7,16	6,38
% de redução	13,3	15,0	17,8

(*) considerando as conclusões dos reservatórios Garra, Poço Redondo e Canoas.

As perdas de vazões regularizáveis do RCM foram superiores à medida que se aumentaram as retiradas de água do reservatório Mãe D'Água, podendo atingir uma perda de $1,38 \text{ m}^3/\text{s}$ (17,8%), para uma retirada de $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$. O estudo mostrou ainda que, em nenhuma das operações estabelecidas para o referido reservatório, o RCM supriu a demanda total estabelecida pelo Marco Regulatório. Neste cenário, a vazão máxima regularizável pelo RCM, obtida para uma retirada de $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ do reservatório Mãe D'Água, foi de $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Este valor foi inferior em 4% da requerida pelo Marco Regulatório. Este fato demonstra a importância da afluência hídrica da área não controlada por reservatórios

para o atendimento das demandas requeridas do RCM. Portanto, de acordo com os resultados mostrados na Tabela 8, a área não controlada não deverá ser usada exclusivamente para atender o déficit hídrico dos perímetros a montante do sistema.

Diante deste fato, questionou-se então, qual seria o percentual máximo a ser ativado do potencial hídrico do tributário Piancó, para atendimento dos déficits hídricos dos perímetros irrigados a montante. Neste caso foi necessário determinar as vazões mínimas a serem fornecidas pela área não controlada por reservatório, de modo que o RCM garantisse a vazão mínima estabelecida pelo Marco Regulatório ($7,9 \text{ m}^3/\text{s}$). As vazões máximas regularizáveis pelo RCM, em função dos percentuais de ativação do tributário e da operação do reservatório Mãe D'Água, estão mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Vazões max. regularizáveis pelo RCM em função do percentual de ativação do potencial do rio Piancó.

Ativação do potencial (%)	Vazões retiradas do reservatório Mãe D'Água (m^3/s)	1,9	2,4	4,0
0	8,12	7,67	6,87	
5	7,86	7,42	6,72	
10	7,62	7,18	6,54	

Os resultados mostram que, para a ativação de apenas 5% do potencial do tributário Piancó e, mantendo uma retirada constante de $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ do reservatório Mãe D'Água, o RCM não teria sustentabilidade hídrica para o atendimento a vazão de $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Vale ressaltar que este pequeno percentual de ativação, além de comprometer a sustentabilidade hídrica do RCM, forneceria apenas 70% da demanda necessária para implantação das áreas potenciais dos perímetros Piancó II, III e Brotas.

Cenário C3 - padrão de afluxo ao RCM

C3S1 e C3S2 – com e sem os vertimentos dos reservatórios de montante

Os resultados apresentados na Tabela 10 mostraram que, em todas as condições operacionais do reservatório Mãe D'Água, considerando os vertimentos dos reservatórios de montante (C3S1), o RCM regularizou vazões superiores à vazão mínima estabelecidas pelo Marco Regulatório. A máxima vazão regularizável observada foi de $9,05 \text{ m}^3/\text{s}$, obtida quando se operou o reservatório Mãe D'Água

para uma retirada contínua de $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Entretanto, não considerando os vertimentos dos reservatórios (C3S2), o SCM não atenderia à vazão mínima de $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Em termos percentuais, a maior perda de vazão regularizável (32,6%), foi observada operando Mãe D'Água para uma vazão constante de $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 10 – Vazões máximas regularizáveis pelo RCM segundo o padrão de afluência hídrica ao sistema.

Padrão de afluência	Vazões retiradas do reservatório Mãe D'Água (m^3/s)	1,9	2,4	4,0
Com vertimentos	9,05	8,71	8,22	
Sem vertimentos	6,26	5,87	5,56	
% de redução	30,8	32,6	32,4	

C3S3 - vertimentos dos reservatórios localizados no tributário Piancó

Os resultados apresentados na Tabela 11 mostraram que a maior perda de vazão regularizável foi registrada para uma retirada de $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ do reservatório Mãe D'Água. A perda de $1,91 \text{ m}^3/\text{s}$ representa aproximadamente 22% em relação à vazão máxima regularizável considerando os vertimentos dos reservatórios de montante. Nesta situação, o RCM não atenderia as demandas estabelecidas para o mesmo. Este fato mostra a importância do tributário Piancó para a garantia da sustentabilidade hídrica do reservatório para o suprimento das demandas.

Tabela 11 – Vazões máximas regularizáveis pelo RCM com e sem os vertimentos dos reservatórios do tributário Piancó.

Padrão de afluência	Vazões retiradas do reservatório Mãe D'Água (m^3/s)	1,9	2,4	4,0
Com vertimentos	9,05	8,71	8,22	
Sem vertimentos	7,22	6,80	6,44	
% de redução	20,2	21,9	21,6	

Os resultados obtidos para o cenário 3, nas três situações estudadas, mostraram a importância dos vertimentos dos reservatórios de montante sobre as disponibilidades hídricas do RCM. Neste contexto, o estudo é conclusivo com relação à adoção de um gerenciamento integrado desses reservatórios e

de uma política de uso e de operação para cada reservatório do SCM.

Cenário C4 - conclusões dos reservatórios Garra, Poço Redondo e Canoas

Neste cenário, os resultados apresentados na Tabela 12 mostraram que, operando o reservatório Mãe D'Água para retiradas de até 2,4 m³/s, o SCM atenderia a todas as demandas, mesmo com as conclusões dos reservatórios para as respectivas capacidades de projeto. Entretanto, para uma retirada de 4,0 m³/s do reservatório Mãe D'Água, o RCM não atenderia as demais demandas. Neste cenário, o reservatório Curema regularizaria as seguintes vazões: 4,22 m³/s e 3,76 m³/s, sem e com as conclusões dos reservatórios, respectivamente. Essas vazões seriam insuficientes para atender as outras demandas estabelecidas pelo Marco Regulatório, mesmo admitindo a redução de 0,5 m³/s na vazão fornecida para o Rio Grande do Norte, prevista a partir do ano 2010.

Tabela 12 – Vazões máximas regularizáveis pelo RCM sem e com as conclusões dos reservatórios.

Padrão de afluência	Vazões retiradas do reservatório de Mãe D'Água (m ³ /s)	1,9	2,4	4,0
Sem as conclusões	9,05	8,71	8,22	
Com as conclusões	8,77	8,42	7,76	
% de redução	3,09	3,32	5,60	

CONCLUSÕES

O estudo mostrou que a disponibilidade hídrica do reservatório Curema-Mãe D'Água já está no seu limite de uso, nas condições atuais de demanda. Este fato é indicativo de que para garantir as demandas estabelecidas pelo Marco Regulatório para o uso das águas desse reservatório, o mesmo deverá ser acompanhado de um gerenciamento rigoroso, principalmente na sua bacia de contribuição (não considerada na elaboração do referido documento) e de uma política de uso e operação dos reservatórios do sistema Curema-Mãe D'Água. Os cenários e situações estudados mostraram variações na disponibilidade hídrica do RCM que podem superar a 32%, o que poderia colocar em risco o Marco Regu-

latório de uso das disponibilidades hídricas do sistema. O estudo mostrou ainda que o conceito de vazão regularizada, adotada no referido documento para o estabelecimento de uma política de alocação das disponibilidades hídricas do RCM é inadequado. Esta constatação foi decorrente da variabilidade do valor desse parâmetro observado para RCM, quando o mesmo foi submetido a modificações de ordem operacional e de afluência hídrica, decorrentes dos usos múltiplos dos reservatórios de montante e das intervenções na sua bacia de contribuição.

Um fato preocupante com relação ao gerenciamento do sistema Curema-Mãe D'Água diz respeito à implantação dos perímetros irrigados de montante. O estudo mostrou que, caso seja implantada a área potencial de 4.500 ha dos perímetros já iniciados pelo Estado, haveria um déficit hídrico no sistema da ordem de 25 hm³/ano, considerando o uso otimizado da água. O suprimento deste déficit através da ativação da potencialidade do seu principal tributário (Rio Piancó), colocaria em risco a sustentabilidade hídrica do RCM. Por outro lado, a implantação desses perímetros traria grandes benefícios sócio-econômicos para a região do Vale do Piancó. Segundo Lima (2004), o retorno financeiro advindo das atividades de irrigação dos referidos perímetros somaria algo em torno de R\$ 24 milhões/ano, sem contar com os benefícios sociais: geração de empregos e renda para a população. Estes fatos teriam como consequência a diminuição do êxodo rural e melhoria na qualidade de vida dos habitantes da região.

Embora o esforço para a elaboração do Marco Regulatório tenha sido um importante passo para gerenciamento do conflito de uso da água do SCA, em particular, do reservatório Curema-Mãe D'Água, a metodologia utilizada no tocante a sustentabilidade hídrica dos sistemas hídricos, pode ser questionada. O principal está relacionado com o fato do referido documento ter negligenciado um dos fundamentos da lei 9.433/97, que estabelece a bacia hidrográfica como a unidade para o planejamento dos recursos hídricos. A definição da política de alocação de água do Marco Regulatório foi baseada a partir de uma vazão fixa, supostamente estabelecida como a vazão regularizada do RCM. Neste aspecto, o estudo mostrou que as intervenções a montante do RCM (conclusões de reservatórios, implantação de perímetros irrigados, etc), como também (e principalmente), a política de operação dos reservatórios do SCM foram determinantes no comportamento hídrico do reservatório Curema-Mãe D'Água, proporcionando variações consideráveis nas vazões máximas regularizáveis.

REFERÊNCIAS

- ANA (2004a). Agência Nacional de Águas. *Resolução Nº 687 de 03 de dezembro de 2004*. Brasília - DF. Brasil.
- ANA (2004b). Agência Nacional de Águas. *Resolução Nº 399 de 22 de julho de 2004*. Brasília - DF. Brasil.
- CURI, W.F. E CURI, R.C. (2001) "ORNAP - Optimal Reservoir Network Analysis Program" in Anais do V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracajú-SE.
- LABADIE, J. W. et al. (1989). MODSIM: *Modelo de Rede de Fluxo para Simulação de Bacias Hidrográficas*. São Paulo, LabSid – EP-USP, São Paulo-SP.
- LANNA, A. E. (1997). "Análise de sistemas e engenharia de recursos hídricos". In: *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Organizador: Rubem La Laina Porto, ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, pp.15-41.
- LANNA, A. E. e MARWEL, P. (1997). *Mohtsar – Modelo Hidrológico para o Trópico Semi-Árido*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH. Porto Alegre – RS.
- LIMA, C. A. G (2004). *Análise e Sugestão para Diretrizes de Uso das Disponibilidades Hídricas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, Localizada no Estado da Paraíba*. Tese de Doutorado. UFCG, Campina Grande – PB. 274p.
- SCIENTEC (1997). Associação para Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas*. SEPLAN. Paraíba. Brasil.
- VIEIRA, V. P. P. B (1996). *Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), vol. 1, nº1, pp. 92-98.

Regulatory Settlement For Management of Curema-Açu Reservoirs System and Hydro Sustainability of Curema-Mãe D'Água Reservoirs

ABSTRACT

The Curema-Mãe D'Água (RCM) interconnected reservoirs system, with a $1,358 \text{ hm}^3$, storage capacity is the largest water reserve of Paraíba (PB) state, with 25 % of its hydro potential. It is located in the state semiarid region, in the Piancó river basin, which is the main sub-basin of the Piranhas-Açu system. Among its water supply uses are the supply of urban demand, irrigation, fishing, recreation and hydroelectric power generation. It meets downstream demands from the Rio Grande do Norte (RN) state via flow regulation. There is a great conflict with respect to water

allocation management of RCM among several water user types of both states. To minimize conflicts, ANA, DNOCS and government officials from PB and RN states promoted a joint action to elaborate criteria, norms and procedures related to water use management, which produced a document entitled 'Marco Regulatório'. It involves the hydraulic basin of RCM and its downstream system (to Rio Piranhas-Açu estuary in RN state). A regulated flow of $7.9 \text{ m}^3/\text{s}$, with a 100% guarantee was taken as parameter to define the Coremas-Mãe D'Água water allocation policy. In this paper a hydro sustainability study of RCM was evaluated for upstream and downstream water demand requirements through a simulation of the integrated operation of both reservoirs. The RCM hydro behavior was analyzed via simulation of several inflow, water uses and reservoirs operation scenarios. The ModSim P32, ORNAP and Sim-COMA, a Coremas-Mãe D'Água program specially developed to represent interconnected reservoir water transfer, models were used. This study has shown that a water allocation management policy for RCM based on regulated flow parameter is inadequate due to its variability.

Key-words: Interlinked reservoirs, simulation, river basin management.