

## Resolução de Conflitos em Bacias Compartilhadas: Análise da Ferramenta Construção de Consenso do Global Water Partnership (GWP) Aplicada à Bacia do Rio Poti

Carolina de Alcântara Correia, Ticiane Marinho de Carvalho Studart e José Nilson Beserra Campos

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici

carolinaacorreia@bol.com.br, ticianam@ufc.br e nilson@ufc.br

Recebido: 26/08/11 – revisado: 15/09/11 – aceito: 15/06/12

### RESUMO

A água não se restringe a fronteiras territoriais, se tornando fonte potencial de conflitos em bacias compartilhadas por diferentes estados ou países. O Global Water Partnership (GWP) sugere cinquenta ferramentas para a solução de conflitos relacionados aos recursos hídricos dentro de uma perspectiva integrada. Este artigo pretende aplicar ferramentas sugeridas pelo GWP a uma bacia compartilhada no Semi-Árido Brasileiro – a Bacia do Rio Poti – nos estados do Ceará e Piauí. A origem do conflito em potencial seria a construção de quatro novos reservatórios na bacia, um no estado do Piauí, e três no Ceará. Antecipando-se ao conflito, a Agência Nacional de Água (ANA) mediou um acordo entre os dois Estados no final do ano de 2006. O Marco Regulatório (Resolução Conjunta ANA/SRH-CE/SEMAR-PI nº 547/2006) estabeleceu que todos os reservatórios poderiam ser construídos, mas com capacidades menores que as projetadas inicialmente. Passados mais de cinco anos do Marco Regulatório e, por razões diversas, os reservatórios ainda se encontram na fase de projeto. Sendo assim, as questões que geraram o Marco Regulatório recorrentemente voltam à tona, principalmente no Estado do Piauí: seria mesmo necessário reduzir a capacidade do Reservatório Castelo do Piauí à sua metade, estando este à jusante do Ceará e não existindo nenhum reservatório de grande porte na porção piauiense da Bacia, frequentemente assolada por secas? E durante as enchentes, tal reservatório, com a capacidade de projeto e convenientemente operado, não atenuaria os impactos destes fenômenos, a sua jusante? Pretende-se neste artigo, mostrar a viabilidade da metodologia do GWP, e analisar um pouco mais as questões envolvidas da Bacia citada, sob óticas distintas, criando mais subsídios técnicos para a solução do conflito. Em assim sendo, foram formulados cinco cenários hidrológicos (com diferentes topologias e capacidades de acumulação para os reservatórios projetados) e procurou-se selecionar aqueles que melhor atendessem aos princípios de eficiência hídrica e equidade. Analisando-se os resultados encontrados nas simulações, observou-se que as capacidades acordadas no Marco Regulatório podem não traduzir as condições mais favoráveis nem para o Sistema Hídrico, visto como um todo, nem para nenhum dos dois estados, quando analisados isoladamente. Faz-se duas conclusões importantes: (1) o reservatório Fronteiras é estratégico para o Estado do Ceará, devendo a relação entre sua capacidade e a do Castelo do Piauí ser o ponto chave das disputas, e (2) os reservatórios Inhunçu e Lontras agregam sempre vazão ao sistema hídrico e ao Estado do Ceará, não trazendo grandes prejuízos hidrológicos ao reservatório Castelo do Piauí, e podem portanto, constituir objeto de negociação entre as partes.

**Palavras chaves:** Bacia do Poti. Bacias compartilhadas, conflitos. Global Water Partnership.

### O CONFLITO NA BACIA DO POTI

A bacia do rio Poti apresenta clima e geomorfologia próprios do Semi-Árido Nordeste. Considerando a alta incidência de terrenos pouco permeáveis na bacia, o rio só se torna perene no trecho de 150 km próximo à sua foz. A variabilidade das precipitações inter e intra- anuais, associada a altas taxas de evaporação fazem com que a bacia seja assolada por episódios cíclicos de secas. A pouca cobertura vegetal aliada a chuvas intensas, cria, no

entanto, situações de alto escoamento superficial e podem causar efeitos devastadores ao longo do rio, principalmente na sua foz, no município de Teresina.

Foi neste contexto que o Estado do Piauí projetou no rio Poti, a jusante da fronteira com o Ceará, o reservatório Castelo do Piauí, com capacidade máxima (K) de 2.636,9 hm<sup>3</sup>, controlando uma área de 16.428,0 Km<sup>2</sup>, contidos nos territórios do Piauí e Ceará (CEC ENGENHARIA, 2001).

O Estado do Ceará, por sua vez, tem projeto de mais três barramentos – Fronteiras (K=991,7

hm<sup>3</sup>), Lontras (K=134,7 hm<sup>3</sup>) e Inhunçu (K=320,8 hm<sup>3</sup>) – os quais se somarão aos oito reservatórios já em operação na sua porção da bacia (SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2000). Agindo como mediadora deste conflito em potencial, a Agência Nacional de Águas - ANA publicou a Resolução Conjunta ANA/SRH-CE/SEMAR-PI n° 547, de 5 de dezembro de 2006, que estabelece o Marco Regulatório da bacia. Tal documento trata da estratégia de gestão de recursos hídricos nas bacias dos rios Poti e Longá e dos procedimentos e condições para as outorgas preventivas e de direito de uso, considerando a regularização das intervenções e usos atuais, bem como as regras para as intervenções e usos futuros nas referidas bacias. Nesta resolução ficou acordado que os açudes Fronteiras e Castelo do Piauí teriam suas capacidades de armazenamento reduzidas para 490 hm<sup>3</sup> e 1.100 hm<sup>3</sup>, respectivamente.

Passados mais de cinco anos da publicação do Marco Regulatório em questão, e por razões diversas, nenhum dos reservatórios citados ainda foi construído, embora todos já tenham seus projetos prontos, obedecendo ao acordado entre os Estados. Alguns pontos permanecem polêmicos, notadamente aqueles relacionados à redução da capacidade de acumulação do Estado do Piauí, na bacia, a menos da metade prevista originalmente. Assim, algumas questões ainda podem (e devem) ser melhor esclarecidas: (1) Como se comportará o sistema de reservatórios como um todo ao ser acrescido de mais quatro reservatórios na bacia? (2) Qual a configuração do sistema que representará a distribuição de água mais justa e equitativa possível? (3) Que capacidades máximas devem ser adotadas para que os projetos sejam eficientes sob o ponto de vista hidrológico, e ainda, (4) A proposta intermediada pela ANA corresponde à mais adequada sob o ponto de vista hídrico?

Para responder esses questionamentos procurou-se desenvolver, neste trabalho, uma série de cenários hidrológicos alternativos e analisar aqueles que melhor se adequariam às aspirações da bacia, sob óticas distintas e, desta forma, dar subsídios técnicos para a tomada de decisão sobre a polêmica.

## CONFLITOS DE RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS COMPARTILHADAS

Conflito pode ser definido como uma divergência natural, decorrente do convívio de pessoas,

ou de grupos, que diferem em atitudes, crenças, valores ou necessidades (HOBAN, 2001). Conflitos podem ocorrer por diferenças de personalidade ou rivalidades passadas. Pode se originar na tentativa de negociação antes do momento oportuno ou das informações necessárias estarem disponíveis. O autor classifica ainda os conflitos em públicos e privados.

Uma situação de conflito ocorre sempre que há disputa entre dois ou mais de dois grupos com poderes de decisão e interesses diversos (PINHEIRO, 2002). No caso específico da água, cujo confinamento não obedece a limites territoriais, os conflitos afloram em função da distribuição e uso desiguais dos recursos hídricos. Segundo a ONU (UNITED NATIONS, 1978) bacias de rios e lagos compartilhados por dois ou mais países ocupam cerca de 47% da área continental do globo. Na África, Ásia e América do Sul, este percentual é de 60%.

Gleick (2003 apud RUFINO, 2005) classifica os conflitos em recursos hídricos nas seguintes categorias: Controle dos Recursos Hídricos (personagens estatais ou não estatais) - quando os recursos hídricos, ou o acesso a ele, estão na raiz das tensões; Instrumento Militar (personagens estatais) - quando os recursos hídricos (ou obras hidráulicas) são usados, por uma nação ou Estado, como uma arma durante uma ação militar; Instrumento Político (personagens estatais e não estatais) - quando os recursos hídricos (ou obras hidráulicas) são usados por uma nação, um Estado ou um personagem não estatal, para um objetivo político; Terrorismo (personagens não estatais) - quando os recursos hídricos ou os sistemas fluviais são alvos ou instrumentos de violência ou coerção de personagens não estatais; Alvo Militar (personagens estatais) - quando os sistemas de recursos hídricos são alvos de ações militares de nações ou Estados; e finalmente, Disputas sobre Desenvolvimento (personagens estatais e não estatais) - quando os recursos hídricos ou os sistemas fluviais são uma fonte importante de contenda no contexto do desenvolvimento econômico e social.

Segundo Remans (1995), embora a água se apresente como elemento essencial à vida e alvo de muitas disputas, não foram verificados conflitos armados significativos onde este recurso foi de fato o pivô da questão. Wolf (1999 apud TOSET; GLEDITSCH; HEGRE, 2000) argumenta que a última e única guerra pela água foi o conflito entre a cidade-estado da Suméria de Lagash e Umma, que ocorreu há cerca de 4.500 anos atrás. Os autores não pretendem dizer que não há indícios de violência relacionada às disputas pela água. Muito pelo contrário. Mas os incidentes observados se restringem a níveis

nacional e local, ou seja, não ultrapassam as fronteiras internacionais. Geralmente, os envolvidos nesses atos de violência são tribos inimigas, setores usuários e estados. Como exemplo, têm-se os casos de morte e violência na disputa entre estados da Índia sobre o rio Cauvery e a explosão de tubulações em Los Angeles por fazendeiros da Califórnia (WOLF, 1998).

Por outro lado, Hensel, Mitchell e Sowers II (2006) afirmam que a expectativa é que conflitos militares aumentem de frequência em áreas que mais sofrem com escassez aguda de recursos hídricos. Segundo Toset, Gleditsch e Hegre (2000), se observa em alguns confrontos armados, que os recursos hídricos e as infra-estruturas associadas serviram como instrumento de barganha entre as partes, ora como objeto de chantagem, ora como fonte de negociação, mas não como objeto central da disputa. Os autores relatam que, entre 1965 e 1966, Israel e Síria entraram em um confronto armado, em função de um projeto de desvio das águas do rio Jordão, por parte de Israel, sendo este episódio crucial para a deflagração da Guerra dos Seis Dias, em 1967, resultando na ocupação das Colinas de Golã.

Segundo Barret (1994), muitos problemas envolvendo águas compartilhadas são unidirecionais, ou seja, um país a montante provoca danos a um de jusante. Mas, ao contrário do pensamento comum de que esta situação conduza, necessariamente, a conflitos armados, o que se tem observado é uma tendência de cooperação na gestão de águas compartilhadas.

O mesmo autor lembra que os conflitos entre países são mais difíceis de solucionar que aqueles que envolvem mais de um estado em um mesmo país. No primeiro caso, não há o terceiro elemento para garantir o cumprimento do acordo pelas partes. No segundo, as partes têm que seguir a lei, ou na ausência dela, a imposição do governo central.

#### **As ferramentas do GWP para a solução de conflitos**

A Global Water Partnership - GWP, associação criada para dar suporte aos países no gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, fornece 54 ferramentas em sua Toolbox (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2009) que podem ser utilizadas conjunta ou isoladamente para solucionar problemas relacionados aos recursos hídricos dentro de uma perspectiva integrada. Dentre essas ferramentas, a de Resolução de Conflitos é de particular interesse neste artigo, uma vez que propõe metodologias para a solução de conflitos que possam surgir no compartilhamento de rios.

A ferramenta Resolução de Conflitos é subdividida em outras três: Gestão de Conflitos, Planejamento de Visão Compartilhada e Construção de Consenso.

No que se refere à Gestão de Conflitos, são previstas quatro formas de intervenção: facilitação, mediação, identificação do problema e arbitragem (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2009). A facilitação é frequentemente usada em situações envolvendo múltiplas partes que estão pouco familiarizadas com a questão. As reuniões são conduzidas por um indivíduo imparcial e ajuda as partes a diagnosticar, criar e implementar suas próprias soluções conjuntamente. A mediação é um processo de negociação baseado em interesses. As partes escolhem um mediador aceitável para guiá-los no processo e atingir um acordo com soluções mutuamente aceitáveis. As partes frequentemente dividem os custos da mediação. O mediador tenta criar um ambiente seguro para que as partes dividam informações, exponham problemas e desabafem suas emoções. A identificação do problema busca esclarecer e fazer recomendações sobre diferenças nos dados ou desentendimentos substanciais usando um ou mais especialistas e, por fim, a arbitragem prevê que as partes submetam seus argumentos a um árbitro, que age como um juiz. Esta ferramenta é frequentemente utilizada onde há fraca autoridade judicial, como em muitas situações internacionais. No Planejamento de Visão Compartilhada, há a possibilidade de se utilizar ferramentas de modelagem as quais permitem as partes desenvolverem modelos sofisticados de diversos cenários a serem analisados, a um baixo custo. Têm-se três recursos para implementação deste tipo de planejamento - modelos de otimização, avaliação e modelagem com visão compartilhada (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2009).

Os modelos de otimização vão além da simulação e produzem soluções baseadas no melhor investimento ou na melhor opção, feitas as devidas considerações. Recomenda-se o cuidado no uso desta ferramenta em situações conflituosas, uma vez que a solução ótima pode não ser a mais justa ou democrática. A avaliação é uma importante ferramenta de apoio à gestão de conflitos e pode facilitar o processo de compartilhamento de benefícios ou dos recursos hídricos. A modelagem com visão compartilhada é melhor aplicada em situações onde há muitos envolvidos e muitas questões a serem tratadas. O processo de construção de uma visão compartilhada ajuda a desenvolver uma linguagem comum sobre as questões dos recursos hídricos entre as partes.

A Construção de Consenso é uma estratégia usada para o diálogo entre setores da política de águas. As ferramentas associadas são: treinamento conjunto, diálogo de políticas, avaliações estratégicas de conflitos e negociações baseadas em interesses.

O treinamento conjunto leva as partes em conflito a se unirem para aprenderem juntas sobre gestão de disputa, construção de consenso ou gestão integrada dos recursos hídricos. O diálogo de políticas leva as partes interessadas a escreverem as políticas ou os regulamentos. Este recurso segue o princípio de que a participação na formulação das políticas conduzirá a menos conflitos e a uma maior rapidez na sua implementação. As avaliações estratégicas de conflitos podem ser usadas como uma intervenção prévia do sistema para evitar conflitos iminentes. Em situações de relativa baixa tensão, mas interesses competitivos, essas avaliações podem ser feitas de maneira colaborativa. As negociações baseadas em interesses utilizam, freqüentemente, o auxílio de uma entidade neutra na questão para criar e gerir o processo.

## METODOLOGIA

Neste trabalho, optou-se pela ferramenta Construção de Consenso (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2009). Seguiu-se o princípio de avaliação estratégica de conflitos, que procura intervir previamente no Sistema <sup>1</sup> para evitar conflitos iminentes. Desta feita, formularam-se cenários com diferentes topologias, além de considerar-se diferentes capacidades de acumulação para os reservatórios projetados - Fronteiras, Inhuçu, Lontras e Castelo do Piauí.

Após a simulação desses cenários, procurou-se identificar os problemas pertinentes a cada um deles e efetuou-se a avaliação para selecionar aqueles que melhor atenderiam aos princípios de equidade (distribuição equitativa da vazão regularizada entre os dois entes da Federação nos critérios população beneficiada, demanda atendida e área de drenagem), e eficiência hídrica (maior vazão regularizada pelo Sistema formado pelos quatro reservatórios).

### Infra-estrutura hídrica analisada

Atualmente a bacia do Poti é controlada por oito reservatórios, todos no estado do Ceará (Tabela

1 e Figura 1). Os quatro reservatórios projetados – Inhuçu, Lontras, Fronteiras e Castelo do Piauí, se situam a jusante dos demais.

**Tabela 1 - Características dos reservatórios existentes e projetados**

Reservatórios	Capacidade (K) (hm <sup>3</sup> )	Bacia Hidrográfica (Km <sup>2</sup> )*
Colina	3,20	369,75
Flor do Campo	111,30	278,05
Carnaubal	87,60	1.402,80
Barra Velha	99,50	836,40
Cupim	4,50	231,45
Jaburu II	116,00	908,04
Realejo	31,50	209,50
Sucesso	10,00	123,00
Fronteiras	991,70	1.533,01
Inhuçu	320,86	908,22
Lontras	134,70	518,46
Castelo	2.636,94	9.109,32

(\*) Área controlada única e exclusivamente pelo reservatório correspondente, excluindo a área controlada por reservatórios a montante.

### Dados utilizados

Para solução da equação do balanço hídrico de cada reservatório, são necessários dados de vazão, precipitação e evaporação. Os dados de vazão afluente aos reservatórios da bacia foram obtidos no banco de dados Hidroweb, da ANA. Existe apenas um posto fluviométrico com série histórica de grande extensão na bacia em questão – o Posto Fazenda Boa Esperança - que se encontra nas proximidades da Barragem Castelo do Piauí, e consta de 34 anos de dados sem falhas. Em assim sendo, considerou-se a lâmina que escoia sobre a bacia do Posto Fazenda Boa Esperança como representativa para as bacias de todos os reservatórios. Ou seja, utilizou-se a mesma série de vazões para todos os reservatórios, fazendo-se a correção, em cada reservatório, pela relação entre a sua área de drenagem e a área do posto fluviométrico original (Fazenda Boa Esperança). Esta é uma prática bastante usada em Hidrologia, na ausência de dados.

No que se refere à precipitação, foram utilizados os postos pluviométricos da SUDENE, nas proximidades de cada reservatório e, quanto à evaporação, foram utilizados dados das estações climatológicas do IMMET mais próximas.

<sup>1</sup> Conjunto dos reservatórios considerados na topologia da bacia.

## Definição de Cenários

A criação de cenários tem por objetivo estudar a dinâmica do Sistema de reservatórios para diferentes situações. Analisando os cenários individualmente, tem-se a exata noção do comportamento<sup>2</sup> do Sistema para a topologia especificada. Durante a análise comparativa dos mesmos, percebeu-se que quando se modificava a topologia do Sistema de um cenário para outro, ocorria uma alteração nessa dinâmica, que pôde ser sentida na variação da eficiência do Sistema e/ou na eficiência individual de cada reservatório.

Foram criados os cenários 0, 1, 2, 3, 4 e 5. O Cenário 0 representa o status quo, ou seja, refere-se à situação atual, em que estão em operação oito açudes no Ceará - Colina, Flor do Campo, Carnaubal, Barra Velha, Cupim, Jaburu II, Realejo e Sucesso. Estes reservatórios controlam uma parte da bacia hidrográfica estudada (4.358,99 Km<sup>2</sup>). O restante (12.069,01 Km<sup>2</sup>), que não é controlado por qualquer reservatório, gera uma vazão natural, que somada às sangrias desses reservatórios, escoam em direção ao Piauí.

Todos os cenários, menos o Cenário 0, foram criados reconhecendo o fato de que o Piauí não abrigaria a construção de um reservatório na sua porção da bacia, pois não possui nenhum para fazer frente às suas demandas. Por esse motivo, a Barragem Castelo do Piauí foi sempre considerada no sistema a partir do Cenário 1.

A hipótese do Cenário 1 foi de que no processo de negociação entre Ceará e Piauí, ficasse estabelecido que somente o Piauí teria direito a construir uma barragem na bacia, uma vez que o Ceará já possui oito em operação. Portanto, foram considerados, na simulação deste cenário, o Castelo do Piauí mais os reservatórios existentes a montante, todos com suas capacidades (K) de projeto.

No Cenário 2, partiu-se do princípio que, o Ceará poderia construir, em atendimento parcial a seus objetivos, os açudes Inhuçu e Lontras. Estes seriam simulados, conjuntamente ao Castelo do Piauí e aos reservatórios existentes, todos com seus Ks de projeto. Vale ressaltar que neste cenário, assim como nos demais, em que os açudes Inhuçu e Lontras fizeram parte, estes foram sempre considerados em série, atuando como um sistema. Os mesmos não foram avaliados isoladamente, pois durante

as primeiras simulações, descobriu-se que os dois juntos geravam mais vazão regularizada do que sozinhos. Optou-se, portanto, pela situação de melhor eficiência hídrica.

No Cenário 3, a premissa adotada para as negociações foi de que o Ceará poderia construir apenas o reservatório Fronteiras e este seria simulado juntamente com o Castelo do Piauí e os reservatórios existentes, todos com seus Ks de projeto.

No Cenário 4, considerou-se a hipótese de que, durante as negociações entre Ceará e Piauí, fosse aceita a idéia de que todos os reservatórios projetados fossem construídos com seus Ks de projeto. E estes seriam simulados conjuntamente aos reservatórios existentes.

O Cenário 5 representa a situação que se configuraria se fosse estabelecido o que determina o Marco Regulatório, ou seja, todos os reservatórios projetados sendo construídos, sendo que Fronteiras com sua capacidade alterada para 490 hm<sup>3</sup> e o Açude Castelo do Piauí com 1.100 hm<sup>3</sup>.

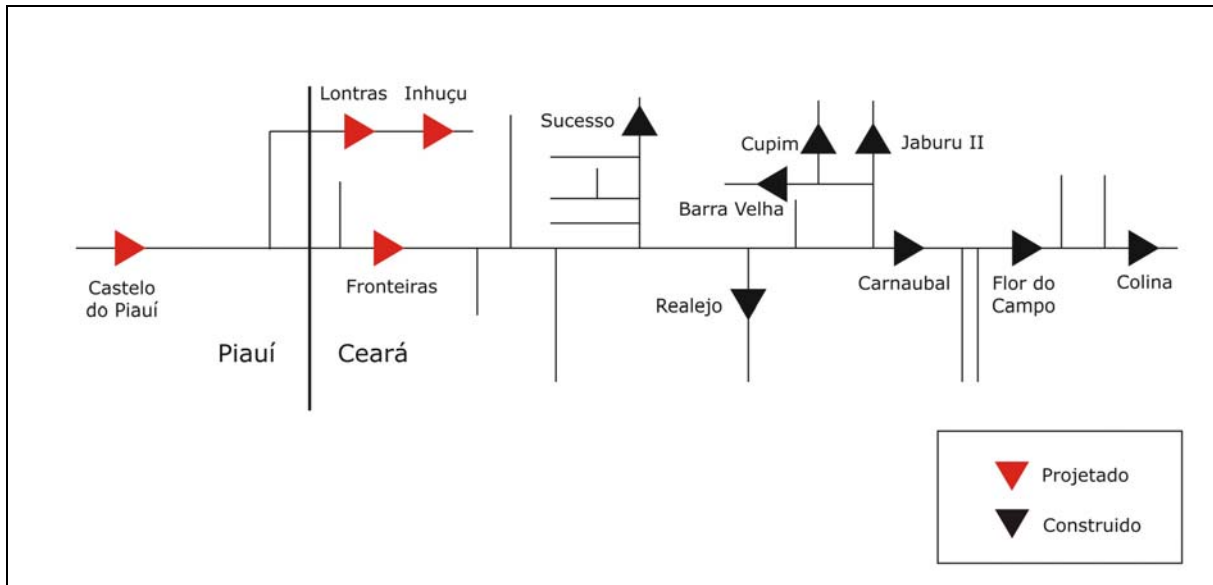
## Operação simulada dos reservatórios

As vazões regularizadas e sangradas pelos onze reservatórios a montante da barragem Castelo do Piauí foram calculadas com ferramentas da hidrologia estocástica, com os reservatórios no seu estado de equilíbrio, para que os resultados não fossem influenciados pelas condições iniciais do reservatório. Tal metodologia é descrita em Studart (2000). Os vertimentos de cada reservatório são somados às vazões naturais da área não-controlada e formam as vazões afluentes do reservatório de jusante. Considera-se, ainda, que a vazão regularizada pelo açude de montante é totalmente consumida pelas demandas instaladas ao longo do rio.

Foi utilizado o programa SIMRES (CAMPOS; STUDART, 2009), desenvolvido pelo Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará. Foram gerados 5.000 valores de vazão anual, com mesma média, desvio padrão e distribuição de probabilidades (Gama II) da série histórica de cada reservatório. Cada série de vazões anuais foi então desagregada a nível mensal pela série histórica, conforme metodologia descrita por Araújo (1991). Simulando-se cada reservatório com sua respectiva série sintética, obteve-se, além da vazão regularizada, a série de sangrias as quais foram somadas às vazões naturais do reservatório imediatamente à sua jusante, obedecendo a topologia de cada cenário.

Os estudos foram desenvolvidos através da equação do balanço hídrico, tomando por base as seguintes premissas: (1) a unidade de tempo é o

<sup>2</sup> O comportamento ou desempenho do sistema se traduz no montante de vazão regularizada produzida por este, resultado da soma das vazões regularizadas individuais dos reservatórios presentes na topologia especificada para o sistema.



**Figura 1 – Diagrama unifilar da topologia atual e projetada da área de estudo**

**Tabela 2 – Vazão regularizada dos reservatórios de acordo com o cenário**

Cenários	Capacidade (K) (hm <sup>3</sup> )					Vazão regularizada (M) (hm <sup>3</sup> /ano)				
	Açudes existentes	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí	Açudes existentes	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí
0	463,60	-	-	-	-	27,60	-	-	-	-
1	463,60	-	-	-	2636,94	27,60	-	-	-	684,64
2	463,60	320,86	134,70	-	2636,94	27,60	21,08	11,92	-	667,55
3	463,60	-	-	991,70	2636,94	27,60	-	-	151,99	480,18
4	463,60	320,86	134,70	991,70	2636,94	27,60	21,08	11,92	151,99	452,35
5 *	463,60	320,86	134,70	490,00	1100,00	27,60	21,08	11,92	80,18	304,92

(\*) Cenário referente ao Marco Regulatório

**Tabela 3 – Desempenho do sistema e distribuição da vazão regularizada por estado (em percentual)**

Cenários	Vazão regularizada (M) (hm <sup>3</sup> /ano)		Desempenho do Sistema (M <sub>Total</sub> ) (hm <sup>3</sup> /ano)	Distribuição de vazão regularizada (%)	
	Ceará (M <sub>Ceará</sub> )	Piauí (M <sub>Piauí</sub> )		Ceará	Piauí
0	27,60	0	27,60	100	0
1	27,60	684,64	712,24	4	96
2	60,59	667,55	728,14	8	92
3	179,59	480,18	659,77	27	73
4	212,59	452,35	664,94	32	68
5*	140,78	304,92	445,70	32	68

(\*) Cenário referente ao Marco Regulatório

mês, (2) a retirada (M) do reservatório é constante ao longo dos anos e ao longo dos meses e (3) a contribuição líquida sobre o lago - precipitação menos evaporação - é admitida constante ao longo dos anos, mas variável ao longo dos meses.

#### A equação do balanço hídrico do reservatório

A determinação do comportamento do reservatório é feito pela equação de seu balanço hídrico, que consiste em igualar as entradas e saídas do reservatório como se segue:

$$dV/dt = E - S \quad (1)$$

onde  $dV/dt$  é a variação do volume ao longo do tempo, E o resultado de todas as entradas no sistema e S o resultado de todas as saídas. As entradas são compostas dos deflúvios afluentes e das precipitações diretas sobre o espelho d'água do reservatório; as retiradas, por sua vez, são formadas pelas evaporações e pelas retiradas. A equação do balanço hídrico usada neste modelo é dada por:

$$V_{i+1} = V_i + (P_i - E_i) \times \frac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) + I_i - M_i - S_i \quad (2)$$

onde  $V_{i+1}$  e  $V_i$  representam os volumes de água estocados no reservatório no início dos meses  $i+1$  e  $i$  respectivamente,  $P_i$  é a precipitação média sobre o espelho de água do açude durante o mês  $i$ ,  $E_i$  é a lâmina média evaporada da superfície do lago durante o mês  $i$ ,  $A_{i+1}$  e  $A_i$  representam as áreas do lago do reservatório no início dos meses  $i+1$  e  $i$  respectivamente,  $I_i$  são os volumes afluentes ao reservatório durante o mês  $i$ ,  $M_i$  é a retirada do reservatório durante o mês  $i$ ,  $S_i$  é o volume sangrado do reservatório.

Considerando-se que o reservatório está com um volume inicial  $V_0$ , simulou-se, para uma garantia anual G de 90%, o reservatório a nível mensal para a respectiva série de vazões durante H anos, onde H é a extensão da série. Inicialmente considera-se a retirada  $M = \min (K/2, \mu/2)$ , onde K é a capacidade do reservatório e  $\mu$ , a vazão média afluente anual ao reservatório. Ao final de cada ano é calculado se o volume anual armazenado é suficiente para atender a demanda (= retirada M); se não for, é considerado que naquele ano ocorreu uma falha.

A regra de operação dos reservatórios pode ser definidas pelas equações 3 a 5:

$$V_{i+1} = 0, \quad (3)$$

$$\text{Para } (V_i + (P_i - E_i) \times \frac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) + I_i - M_i) \leq 0$$

$$V_{i+1} = (V_i + (P_i - E_i) \times \frac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) + I_i - M_i) \quad (4)$$

$$\text{Para } 0 < (V_i + (P_i - E_i) \times \frac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) + I_i - M_i) < K$$

$$V_{i+1} = K \quad (5)$$

$$\text{Para } (V_i + (P_i - E_i) \times \frac{1}{2} (A_{i+1} + A_i) + I_i - M_i) \geq K$$

No final dos H anos é verificado se a retirada M assumida inicialmente ( $\min (K/2, \mu/2)$ ) corresponde à frequência de falhas pretendida. Caso seja superior, diminui-se a retirada, caso contrário, eleva-se a retirada e simula-se novamente o comportamento do reservatório para H anos e assim sucessivamente até que a retirada correspondente a uma frequência de falhas pretendida seja encontrada.

## RESULTADOS SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA HÍDRICA

A tabela 2 exibe os resultados obtidos das simulações desses reservatórios para suas capacidades de projeto e as propostas pelo Marco Regulatório em vários Cenários. Um sistema que integre dois ou mais reservatórios tem como vazão regularizada ( $M_{\text{Total}}$ ), o somatório dos Ms individuais de cada componente. A construção de um novo reservatório no sistema representa uma garantia de vazão para o trecho do rio até então não regularizado. Tal adição, não necessariamente, significará melhora no seu desempenho (acréscimo no  $M_{\text{Total}}$ ). A tabela 3 apresenta o desempenho do Sistema e a percentagem da vazão regularizada por Estado.

### Análise dos Cenários

No Cenário 0, que representa a situação atual, bacia encontra-se parcialmente controlada e toda vazão regularizada ( $M_{\text{Total}}=27,60 \text{ hm}^3/\text{ano}$ ) é produzida pelos reservatórios já em operação no Estado do Ceará. Isso faz com que o Ceará seja responsável por 100% da vazão regularizada produzida na área de estudo. No Cenário 1, adiciona-se a barragem Castelo do Piauí ao Sistema, para controlar a área da bacia até então livre ( $12.069,01 \text{ km}^2$ ).

Os cenários 1, 2, 3 e 4 adotam as capacidades de projeto e diferem somente quanto à sua topologia. A partir do Cenário 1, a topologia passa a

**Tabela 2 – Vazão regularizada dos reservatórios de acordo com o cenário**

Cenários	Capacidade (K) (hm <sup>3</sup> )					Vazão regularizada (M) (hm <sup>3</sup> /ano)				
	Açudes existentes	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí	Açudes existentes	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí
0	463,60	-	-	-	-	27,60	-	-	-	-
1	463,60	-	-	-	2636,94	27,60	-	-	-	684,64
2	463,60	320,86	134,70	-	2636,94	27,60	21,08	11,92	-	667,55
3	463,60	-	-	991,70	2636,94	27,60	-	-	151,99	480,18
4	463,60	320,86	134,70	991,70	2636,94	27,60	21,08	11,92	151,99	452,35
5 *	463,60	320,86	134,70	490,00	1100,00	27,60	21,08	11,92	80,18	304,92

(\*) Cenário referente ao Marco Regulatório

**Tabela 3 – Desempenho do sistema e distribuição da vazão regularizada por estado (em percentual)**

Cenários	Vazão regularizada (M) (hm <sup>3</sup> /ano)		Desempenho do Sistema (M <sub>Total</sub> ) (hm <sup>3</sup> /ano)	Distribuição de vazão regularizada (%)	
	Ceará (M <sub>Ceará</sub> )	Piauí (M <sub>Piauí</sub> )		Ceará	Piauí
0	27,60	0	27,60	100	0
1	27,60	684,64	712,24	4	96
2	60,59	667,55	728,14	8	92
3	179,59	480,18	659,77	27	73
4	212,59	452,35	664,94	32	68
5*	140,78	304,92	445,70	32	68

(\*) Cenário referente ao Marco Regulatório

ser composta pelo reservatório Castelo do Piauí, além dos reservatórios existentes, se verificando uma melhora significativa no desempenho do Sistema. No total, este passou a produzir  $M_{Total} = 712,24$  hm<sup>3</sup>/ano. Como não houve nenhuma alteração na parte cearense, o acréscimo  $\Delta M = 684,64$  hm<sup>3</sup>/ano de vazão regularizada, em relação ao Cenário 0, deveu-se, exclusivamente, a inclusão do Açude Castelo do Piauí no Sistema. Desta forma, modificou-se, completamente, a distribuição hídrica<sup>3</sup> anterior e o Piauí passou a ser responsável por 96% da vazão regularizada de todo o sistema.

No Cenário 2, acrescentou-se Inhuçu/Lontras<sup>4</sup> à topologia do Cenário 1. Isto significou um incremento de 2,2% em vazão regularizada. Ou seja, o Sistema passou a produzir  $M_{Total} = 728,14$  hm<sup>3</sup>/ano, onde Inhuçu/Lontras foram responsáveis

por  $M = 33$  hm<sup>3</sup>/ano. Verificou-se, portanto, uma leve melhora no Sistema e na distribuição de vazão regularizada entre os estados. O Ceará passou a deter 8% de  $M_{Total}$ , contra os 92% do Piauí. Contudo, o Açude Castelo do Piauí perdeu um pouco da sua capacidade de regularização, passando de  $M = 684,64$  hm<sup>3</sup>/ano para  $M = 667,55$  hm<sup>3</sup>/ano (decréscimo de 2,5%), o que já era de se esperar, uma vez que Inhuçu e Lontras passaram a controlar parte da área drenagem que antes era controlada por ele. No entanto, as perdas em vazão regularizada não foram significativas, pois o Castelo do Piauí continuou a receber as sangrias do açude Lontras.

No Cenário 3, optou-se por modificar a configuração anterior, retirando Inhuçu/Lontras e acrescentando Fronteiras ao Sistema, para verificar o comportamento deste perante a nova topologia.

No cômputo geral, a vazão regularizada diminuiu para  $M_{Total} = 659,77$  hm<sup>3</sup>/ano, representando um decréscimo de 9,4% em relação ao cenário anterior. Por outro lado, diminuiu bastante a diferença de distribuição hídrica entre os estados. O Ceará

<sup>3</sup> Distribuição hídrica, neste caso, refere-se à distribuição da vazão regularizada produzida pelo sistema entre os estados.

<sup>4</sup> Os açudes Inhuçu e Lontras foram sempre considerados juntos e em série, como um sistema único.



passou a ser responsável por 27% de  $M_{Total}$ , enquanto o Piauí por 73% de  $M_{Total}$ . Este cenário, para o Castelo do Piauí, foi mais desfavorável, em relação aos demais, pois só conseguiu regularizar  $M = 480,18$  hm<sup>3</sup>/ano, sofrendo, assim, uma redução de 28% na sua vazão regularizada em relação ao Cenário 2. Enquanto para o Ceará, seus ganhos foram 196% em relação ao cenário anterior e Fronteiras ficou responsável por  $M = 151,99$  hm<sup>3</sup>/ano.

No Cenário 4, foram inseridos, novamente, Inhuçu/Lontras no Sistema. Na simulação conjunta dos reservatórios, chegou-se ao valor de  $M_{Total} = 664,94$  hm<sup>3</sup>/ano de vazão regularizada, um acréscimo de 1% em relação ao cenário anterior. O açude Castelo do Piauí perdeu um pouco de sua capacidade de regularização, passando para  $M = 452,35$  hm<sup>3</sup>/ano, um decréscimo de 6% em relação ao Cenário 3. Os demais reservatórios permaneceram com os mesmos desempenhos mostrados anteriormente. A nova redistribuição dos Ms favoreceu ainda mais o Ceará, que passou a controlar 32% das vazões regularizadas do sistema contra os 68% do Piauí.

Analisando-se todos os cenários, observa-se que a melhor situação, sob a ótica do Sistema, é o Cenário 2, no qual houve inclusão de Inhuçu/Lontras. Quando se retirou essa combinação de reservatórios e foi inserido o Fronteiras no Cenário 3, obteve-se a pior situação, sob a ótica do sistema, entre os quatro cenários, o qual veio a melhorar no Cenário 4, quando se inseriu, novamente, Inhuçu/Lontras.

Percebe-se, portanto que, nas duas situações em que foram inseridos os açudes Inhuçu/Lontras no sistema, o desempenho deste teve uma pequena melhora, embora se tenha também observado uma pequena redução no desempenho do Reservatório Castelo do Piauí. Tal fato leva a crer que esses reservatórios (Inhuçu/Lontras) não são o foco do problema. Pelo contrário, influenciam positivamente o Sistema no seu desempenho, melhorando a equidade entre os estados, mesmo que sutilmente, e não comprometendo, de forma significativa, o desempenho de Castelo do Piauí. Desta feita, optou-se por não modificar seus Ks de projeto e torná-los permanente na topologia dos cenários que se seguiram.

A presença de Fronteiras no Sistema, a partir do Cenário 3, teve a vantagem de diminuir, significativamente, as discrepâncias entre as distribuições de vazão regularizada entre os estados, mostrando que é estratégico para o Ceará. No entanto, sua presença fez diminuir o desempenho do Sistema como um todo, e do Castelo do Piauí. Sendo assim, considerou-se a interação entre Fronteiras e Castelo do Piauí o foco do problema.

O Cenário 5 que representa os reservatórios com as capacidades acordadas no Marco Regulatório se configurou na situação mais desfavorável para o Sistema (desconsiderando o Cenário 0), cujo  $M_{Total}$  ficou em 445,70 hm<sup>3</sup>/ano. Também, foi percebido que a solução de diminuir as capacidades de projeto dos reservatórios Fronteiras e Castelo do Piauí, como solução mediadora, não se configurou em situação vantajosa - nem para Estados e nem para o Sistema.

#### Os demais cenários em relação ao Cenário 4

O Cenário 4 representa a topologia em que são construídos todos os reservatórios projetados, sem modificações nas suas capacidades. Portanto, seria o cenário que se configuraria na bacia caso não houvessem ocorrido as negociações.

Pelo fato deste cenário ter sido, inicialmente, rejeitado pelas partes, procurou-se, verificar os ganhos hídricos do Sistema e dos Estados, em relação a este, quando da adoção de outros cenários. Desta forma, foi feita uma comparação dos demais cenários ao Cenário 4, calculando-se a diferença entre as vazões regularizadas (sistema e reservatórios) de cada um dos cenários com as vazões regularizadas do Cenário 4. Com isso obteve-se o incremento absoluto de vazão regularizada ( $\Delta M$ ). Este incremento, quando positivo, representa ganho na vazão regularizada e, quando negativo, perda. A tabela 4 traz os resultados desta comparação.

Observou-se que não houve nenhuma situação em que todos os reservatórios e o Sistema tivessem, ao mesmo tempo, incrementos positivos em seus Ms, quando comparados ao Cenário 4. As únicas coincidências de ganhos verificadas foram entre o Castelo do Piauí e o sistema.

Do ponto de vista do Sistema, este só apresentou ganho quando saiu do Cenário 4 para o Cenário 1 ( $\Delta M = 47$  hm<sup>3</sup>/ano) e Cenário 2 ( $\Delta M = 63$  hm<sup>3</sup>/ano). Nos demais cenários, o Sistema saiu perdendo.

Já o Açude Castelo do Piauí apresentou três situações nas quais se beneficiava. Foram o Cenário 1 ( $\Delta M = 232$  hm<sup>3</sup>/ano), o Cenário 2 ( $\Delta M = 215$  hm<sup>3</sup>/ano) e o Cenário 3 ( $\Delta M = 28$  hm<sup>3</sup>/ano).

Com relação aos açudes Inhuçu, Lontras e Fronteiras, observa-se que todos os cenários são desfavoráveis, em termos de vazão regularizada, quando comparados ao Cenário 4 (ou seja, há perdas quando o Cenário 4 não é o escolhido).

**Tabela 4– Incremento de vazão regularizada comparado ao Cenário 4**

Cenários	$\Delta M$ (hm <sup>3</sup> /ano)					$\Delta M$ (%)					ganho ou perda				
	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí	Sistema	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí	Sistema	Inhuçu	Lontras	Fronteiras	Castelo do Piauí	Sistema
0	-21	-12	-152	-452	-637	-100	-100	-100	-100	-96	perde	perde	perde	perde	perde
1	-21	-12	-152	232	47	-100	-100	-100	51	7	perde	perde	perde	ganha	ganha
2	0	0	-152	215	63	0	0	-100	48	10	-	-	perde	ganha	ganha
3	-21	-12	0	28	-5	-100	-100	0	6	-1	perde	perde	-	ganha	perde
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-
5	0	0	-72	-147	-219	0	0	-47	-33	-33	-	-	perde	perde	perde

## A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES CRITÉRIOS

A escolha do “melhor” cenário depende do critério adotado. Os itens anteriores avaliaram unicamente o critério eficiência hídrica, sob as óticas do Sistema e de cada Estado. Ao analisar os resultados de população e demanda hídrica a seguir, há que se lembrar que Teresina capital do Estado do Piauí, se encontra na porção final da Bacia.

### Critério População Beneficiada

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos (2000), a população do Ceará na área da bacia do Poti corresponde a 28% da população total da Bacia; o Piauí, a 72%. Portanto, sob este aspecto, o percentual de vazão regularizada produzida por cada estado deveria próximo a este percentual da população a ser atendida, ou seja,  $M_{\text{Ceará}} / M_{\text{Total}} \approx 28\%$ , e  $M_{\text{Piauí}} / M_{\text{Total}} \approx 72\%$ .

### Critério Demanda Atendida

Se a condição para escolha do cenário ideal levar em consideração a demanda atendida, significaria que o percentual de vazão regularizada produzida por cada estado seria:  $M_{\text{Ceará}} / M_{\text{Total}} \approx 39\%$  e

$M_{\text{Piauí}} / M_{\text{Total}} \approx 61\%$ . Os dados foram obtidos dos estudos feitos para o Diagnóstico Sumário das Bacias Hidrográficas dos rios Poti e Longá – versão 1.0 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2004). No mesmo relatório, pôde-se ter acesso aos dados de demanda do Ceará calculados pelos critérios da ANA que são também apresentados em paralelo aos dados do Piauí para que ambos possam ser comparados sob a mesma ótica. Os resultados discriminados por uso são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5 – Demanda Hídrica por Estado e por tipo de uso (%)**

Tipos de Demanda	Ceará	Piauí
Humano	27%	56 %
Industrial	1%	7 %
Animal	9%	4 %
Irrigação	63%	34 %

### Critério da área de drenagem

Caso o critério adotado seja o percentual de área de contribuição por estado, a relação desejada para as vazões regularizadas produzidas por estado seria  $M_{\text{Ceará}} / M_{\text{Total}} \approx 45\%$  e  $M_{\text{Piauí}} / M_{\text{Total}} \approx 55\%$ .

## CONCLUSÕES

Observa-se neste artigo que a ferramenta **resolução de conflitos**, sugerida pelo GWP pode ser facilmente aplicada a um caso concreto em recursos hídricos. Para tanto utilizou-se a abordagem construção de consenso através da criação de cenários alternativos na Bacia do Poti para que ambos os Estados envolvidos, juntamente com a ANA, mediadora do conflito. Segundo o GWP, a **construção de consenso** é uma estratégia a ser utilizada para o diálogo entre setores da política de águas em situações de baixa ou média tensão (GLOBAL WATER PARTNERSHIP, 2006).

A construção de cenários e a análise de seus desempenhos, sob diferentes óticas, permitem elucidar questões antes pautadas pelo subjetivismo.

Na Bacia do Poti, observa-se que, utilizando o critério de **eficiência hídrica**, é inviável a manutenção da situação atual, representada pelo **Cenário 0**. Utilizando unicamente este critério, e em se tratando do Sistema como um todo, os melhores cenários seriam o **Cenário 2** ( $MT_{Total} = 728,14 \text{ hm}^3/\text{ano}$ ), seguido do **Cenário 1** ( $MT_{Total} = 712,24 \text{ hm}^3/\text{ano}$ ). Entretanto, estes dois cenários resultam em uma distribuição de vazões que favorece quase que exclusivamente o Estado do Piauí. Obviamente, os **Cenários 1 e 2** seriam de difícil aceitação por parte do Estado do Ceará, pois não atenderiam aos critérios **população beneficiada, demanda atendida e área de drenagem**.

O terceiro lugar no critério de **eficiência hídrica** é dividido entre o **Cenário 4**, seguido do **Cenário 3** (praticamente empatados). Tais cenários atendem aos critérios **população beneficiada e demanda atendida**. Embora não atenda plenamente o critério **área de drenagem**, de todos é o que mais se aproxima dos percentuais dos dois Estados. É importante lembrar que o **Cenário 4** representa a demanda inicial dos dois estados, antes do Marco Regulatório, ou seja, a construção dos quatro reservatórios com as capacidades originais, sem interferência da União. O cenário recomendado pelo Marco Regulatório (correspondente ao **Cenário 5**) ocupa a quinta e última posição no critério **eficiência hídrica**, atendendo, com os mesmos percentuais do Cenário 4, os demais critérios. Sendo assim não se observa ganho ao se adotar o **Cenário 5** em detrimento do **Cenário 4**. Pelo contrário, perde o Sistema como um todo, o Estado do Ceará e o Estado do Piauí, individualmente.

Em relação reservatórios analisados, observa-se que os açudes Inhuçu e Lontras só agregaram

vazão regularizada ao Sistema, com poucos prejuízos ao Açude Castelo do Piauí. Assim sendo, a recomendação que aqui se faz é que ambos possam sejam construídos na bacia sem sofrer quaisquer modificações nas suas capacidades de projeto.

Nas análises efetuadas, percebe-se claramente que o Estado do Ceará não deve abrir mão do reservatório Fronteiras, e este deve ter sido o ponto chave das disputas à época do acordo. Observa-se, no entanto, que a aceitação, por parte do Piauí, da inclusão dos reservatórios Inhuçu e Lontras (que agregam vazão ao sistema hídrico e ao Estado do Ceará, e não trazem grandes prejuízos hidrológicos ao reservatório Castelo do Piauí) pode constituir objeto de negociação entre as partes. Segundo as simulações, o açude Castelo do Piauí pode ser construído com sua capacidade original. Tal decisão não prejudicará o Estado de montante (Ceará). Devido à existência de comportas no seu projeto original, o reservatório pode ser operado no futuro de acordo com as condições hidrológicas - mais vazio, em anos de cheias, protegendo a cidade de Teresina ou cheio, em anos de seca, para atender as demandas durante a estiagem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro. Agradecem também aos revisores da ABRH pelas pertinentes sugestões que contribuíram para o enriquecimento do presente artigo.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Diagnóstico Sumário das Bacias Hidrográficas dos Rios Poti e Longá (Versão 1.0 – preliminar). [S.l.]: Agência Nacional de Águas. 2004. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/potilonga>>. Acesso em: 1 jun. 2009.

ARAÚJO, J. K. Método dos fragmentos aplicado a rios intermitentes: avaliação dos erros introduzidos no cálculo da disponibilidade de reservatórios. 1991. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

BARRET, S. Conflict and Cooperation in Managing International Water Resources. London: The World Bank, 1994. (Policy research working paper, n. WPS 1303).

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. Método Monte Carlo e SIMRES: Laboratório Computacional para Análise de Reservatórios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. Anais... Campo Grande, 2009.

CEC ENGENHARIA. Secretaria da Infra-estrutura do Estado do Piauí. Projeto Hidrológico Básico do Açude do Castelo do Piauí. Piauí, 2001. CD-ROM.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP. Integrated Water Resources Management: Strengthening Local Action. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 4., 2006, Cidade do México. Anais... Cidade do México, 2006

GLOBAL WATER PARTNERSHIP. Tool Box for Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership, 2009. Disponível em: <<http://www.gwptoolbox.org/>>. Acesso em: 27 mar. 2009.

HENSEL, P. R.; MITCHELL, S. M.; SOWERS II, T. E. Conflict Management of Riparian Disputes. Political Geography, v. 25, p. 383-411, 2006.

HOBAN, J. T. Managing Conflict: a guide for watershed partnerships. W. Lafayette, IN: Conservation Technology Information Center, 2001. Disponível em: <<http://www.ctic.purdue.edu/media/files/Managing%20Conflict.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2004.

PINHEIRO, M. I. T. Tipologia de conflitos de usos das águas: estudos de casos no Estado do Ceará. 2002. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

REMANS, W. Water and War. Humantäres Völkerrecht, v. 8, n. 1, p. 4-14, 1995.

RUFINO, A. C. S. Análise de conflitos na alocação de água em bacias interestaduais. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Eixo de Integração da Ibiapaba. Ibiapaba, CE: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. CD-ROM.

STUDART, T. M. C. Análises de incertezas na determinação de vazões regularizadas em climas semi-áridos. 2000. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

TOSET, H. P. W.; GLEDITSCH, N. P.; HEGRE, H. Shared rivers and interstate conflict. Political Geography, v. 19, n. 8, p. 971-996, 2000

UNITED NATIONS. Register of International Rivers. Oxford: Pergamon Press, 1978.

WOLF, A. T. Conflict and cooperation along international waterways. Water Policy, v. 1, n. 2, p. 251-265, 1998.

### ***Conflict Resolution in Shared Basins: Analysis of the Global Water Partnership (GWP) Consensus Building Tool Applied to Poti River Basin***

#### **ABSTRACT**

*Water is not restricted to territorial boundaries and is a potential source of conflict in basins shared by different states or countries. The Global Water Partnership (GWP) suggests fifty tools for resolving water resources-related conflicts from an integrated perspective. This article intends to apply the tools suggested by GWP to a shared basin in the Semiarid area of Brazil - the Poti River Basin - shared by the states of Ceará and Piauí. The source of potential conflict is the construction of reservoirs in the basin, one in Piauí State and three in Ceará. Anticipating the conflict, the National Water Agency (ANA) brokered an agreement between the two states at the end of 2006. The Regulatory Framework (Resolution ANA / SRH-CE / SEMAR-PI No. 547/2006) established that all the reservoirs could be built, but with capacities smaller than originally projected. After more than five years of the Regulatory Framework and for various reasons, the reservoirs are still in the design phase. Thus, the issues that led to the Regulatory Framework often recur, especially in the state of Piauí: was it really necessary to halve the Castelo do Piauí reservoir capacity, since it is downstream from Ceará, and since there is no large reservoir in the Piauí portion of the basin, often ravaged by droughts? And during floods, would not this reservoir, if properly operated, mitigate the impacts of these phenomena downstream? This article shows the feasibility of the GWP methodology and further analyzes the issues involved in Poti River Basin using distinct criteria, providing more technical information for conflict solution. Therefore, five hydrological scenarios were*

*formulated (with different topologies and storage capacities) and it was tried to select those that best met the criteria of hydrological efficiency and equity. Analyzing the results of the simulations, it was observed that the capacity agreed in the Regulatory Framework may not reflect the most favorable conditions for either the Water System, viewed as a whole, or any of two states, when analyzed separately. There are two major conclusions: (1) the Fronteiras reservoir is strategic for Ceará State, and the relationship between its capacity and that of Castelo do Piauí is the key point for negotiations and, (2) the Inhunçu and Lontras reservoirs add discharges to the system and to Ceará state and do not cause much loss to Castelo do Piauí reservoir. Therefore, they can be used in negotiations by Piauí state.*

**Key-words:** *conflict, Poti basin, shared basins.*