



**CBHSF**

**COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**



**AGB - PEIXE VIVO**

CONSULTORIA E ASSESSORIA PRESENCIAL ESPECIALIZADA PARA ESTUDO  
DAS VAZÕES REDUZIDAS EM CARÁTER EMERGENCIAL NO RIO SÃO  
FRANCISCO A PARTIR DA UHE SOBRADINHO E PROPOSIÇÃO DE  
ALTERNATIVAS QUE GARANTAM O USO MÚLTIPLO DAS ÁGUAS

**PRODUTO 03**

CONCEPÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA ROBUSTA PARA A GESTÃO DOS USOS  
MÚLTIPLOS DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO  
– A ESTRATÉGIA ROBUSTA –

Rodolpho H. Ramina

Contrato de Gestão No. 14/ANA/2010

Contrato 013/2014

**REVISÃO 0**

Fevereiro/2015

## **Lista de Siglas**

**AGB PEIXE VIVO**

**ANA**

**ANEEL**

**CBHSF**

**CCR**

**CEMIG**

**CHESF**

**Codevasf**

**GTOSF**

**IBAMA**

**INEMA**

**ONS**

**PBH**

**PCH**

**SINGREH**

**UHE**

Agencia de Bacia Hidrográfica AGB Peixe Vivo

Agencia Nacional de Águas

Agencia Nacional de Energia Elétrica

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Câmara Consultiva Regional

Companhia Energética de Minas Gerais

Companhia Hidroelétrica do São Francisco

Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

Grupo de Trabalho Permanente de Acompanhamento da

Operação Hidráulica da Bacia do rio São Francisco

Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

Instituto Estadual de Meio Ambiente da Bahia

Operador Nacional do Sistema Elétrico

Plano de Bacia Hidrográfica

Pequena Central Hidroelétrica

Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

Usina Hidroelétrica

## APRESENTAÇÃO

Este relatório é o terceiro e último produto previsto no Contrato 013/2014, celebrado entre a ASSOCIAÇÃO EXECUTIVA DE APOIO À GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS PEIXE VIVO – AGB PEIXE VIVO, e o consultor RODOLPHO H. RAMINA, que tem por objeto a “prestação de serviços de consultoria e assessoria presencial especializada para estudo das vazões reduzidas em caráter emergencial no rio São Francisco a partir da UHE Sobradinho e proposição de alternativas que garantam o uso múltiplo das águas”.

De acordo com o termo de referência do referido contrato, o objetivo geral dos trabalhos contratados é a produção de estudos contendo subsídios técnicos que possibilitem ao CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco o aprofundamento da discussão sobre os usos múltiplos da água na bacia, especialmente no cenário emergencial de redução de vazões, devido à operação dos reservatórios existentes pelo setor elétrico. Os resultados do presente trabalho deverão ser utilizados na revisão do Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas, cada qual consolidando as informações geradas em um relatório específico. O Relatório 01 (“estrutura”) consolida a Primeira Etapa e tem a finalidade de estabelecer as referências históricas, institucionais e metodológicas que constituirão os fundamentos para o trabalho como um todo. Aqui o foco é feito sobre o setor elétrico e sua relação com os recursos hídricos da bacia do rio São Francisco.

O Relatório 02 define os contextos decisórios (“cenários”) que contemplam os possíveis conflitos entre os diversos usos das águas do São Francisco em sua interação, não somente com o setor elétrico, mas também entre si. Esta Etapa foi realizada com informações colhidas em visitas de campo à região e entrevistas locais.

A terceira e última Etapa consolida as informações produzidas nas etapas anteriores na forma de um conjunto de subsídios à ação do CBHSF (“estratégia”) para a definição de regras e ações regulatórias para a operação dos reservatórios que satisfaça os objetivos dos múltiplos usos na bacia.

## Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Conteúdo.....	1
1.2	Os Cenários de Conflito e a “Estratégia Robusta” .....	2
2	DIRETRIZES PARA A DEFINIÇÃO DE REGRAS OPERACIONAIS .....	7
2.1	Critérios.....	7
2.1.1	Formalidade – o Estabelecimento de Procedimentos Transparentes.....	8
2.1.2	Penalidade – a Compensação por Serviços Ambientais .....	9
2.1.3	Previsibilidade – a Incorporação da Sazonalidade nas Regras Operacionais .....	13
2.1.4	Equanimidade – a Justa Distribuição de Benefícios e Riscos .....	17
2.2	Análise dos Impactos dos Critérios das Regras Operacionais.....	24
3	DIRETRIZES PARA O PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO.....	29
3.1	Condições de Entrega das Bacias Contribuintes .....	29
3.2	O “Cenário de Referência” para os Usos Múltiplos .....	31
3.2.1	O Planejamento do Setor Elétrico para o Rio São Francisco .....	31
3.2.2	Navegação .....	35
4	DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS	39
4.1	Estudo de Vazões Ambientais para o Médio São Francisco.....	39
4.2	Estudos da Evolução da Matriz Energética na Bacia do São Francisco .....	40
	APÊNDICE 1 – Método de Simulação .....	42
	BIBLIOGRAFIA .....	45

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Conteúdo

Este Relatório conclui o trabalho de consultoria visando a produção de subsídios técnicos para a discussão dos usos múltiplos dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco. O documento consolida as informações levantadas e as análises realizadas nas etapas anteriores e propõe um conjunto de diretrizes e ações para orientar as ações do CBHSF no que diz respeito à gestão dos conflitos entre os usos múltiplos dos recursos hídricos na bacia.

Como nos outros produtos, este relatório está organizado em capítulos. O presente Capítulo 1 – INTRODUÇÃO apresenta os cenários desenvolvidos no Relatório 02 e define, no contexto da metodologia de planejamento estratégico, o conceito de uma “estratégia robusta”, descrevendo e resumindo as linhas gerais deste relatório.

O Capítulo 2 – DIRETRIZES PARA A DEFINIÇÃO DE REGRAS OPERACIONAIS apresenta os critérios que orientam a proposta da criação de Regras Operacionais para os reservatórios das usinas hidrelétricas do rio São Francisco e do Projeto de Integração (transposição), analisando também alguns de seus impactos.

O Capítulo 3 – DIRETRIZES PARA O PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO apresenta subsídios para orientar propostas do Plano de Recursos Hídricos, atualmente em elaboração, focados no controle dos usos da água nas bacias contribuintes e no estabelecimento de um cenário de referência para orientar o desenvolvimento da infraestrutura hidráulica que contemple os usos múltiplos.

O Capítulo 4 – DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS seleciona dois temas a serem desenvolvidos que se destacam com estratégicos para minimizar os conflitos entre os usos múltiplos: a evolução da matriz energética regional e as vazões ambientais para o trecho do médio São Francisco.

## 1.2 Os Cenários de Conflito e a “Estratégia Robusta”

Esta etapa do trabalho parte da estrutura dos conflitos de usos múltiplos no rio São Francisco analisada no Produto 01 e dos cenários definidos na etapa anterior, apresentados e discutidos no Relatório 02, e conclui com a sugestão de subsídios para a ação do CBHSF no que tange à abordagem dos conflitos entre os usos múltiplos dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco. Ao conjunto de subsídios foi dado o nome de “Estratégia Robusta”, que no jargão dos planejadores estratégicos se refere a um conjunto de ideias bem boladas e bem articuladas que levariam em consideração todos os cenários imaginados.

No Relatório 2 foram definidas seis “famílias de cenários”, entendidas como contextos decisórios em que os conflitos entre os usos múltiplos dos recursos hídricos estariam inseridos. Tais famílias surgem da combinação de dois fatores importantes para a caracterização dos conflitos e determinantes na forma de sua gestão, um de natureza física e outro de origem política: a situação hidrológica (anos de extrema seca, anos normais e anos de grandes cheias, ou muito úmidos) e o grau de integração institucional ente os agentes responsáveis pela gestão dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco.

Os conflitos ocorrem no contexto dessas famílias de cenários, condicionando a forma de abordá-los e de gerenciá-los. Temos então os seguintes conflitos contextualizados:

- O Projeto de Integração do São Francisco (transposição) não representa necessariamente uma ameaça para os outros usos da água no rio, tendo em vista a magnitude das vazões outorgadas em face da disponibilidade hídrica normal do rio. Embora não tenha ainda entrado em operação, no futuro pode se tornar um conflito importante em situações de extrema seca, quando as vazões disponíveis serão baixas e as demandas na bacia forem maiores. Esse conflito ocorre num ambiente de baixa integração institucional, com um número mínimo de agentes intervenientes, principalmente localizados no âmbito do governo federal e dos governos estaduais.

- As restrições operacionais hoje existentes condicionam os reservatórios a manter uma vazão mínima a jusante, restrição essa que tem sido sistematicamente desconsiderada. Como foi observado recentemente, a suspensão dessa restrição operacional surge em situações de escassez hídrica pronunciada e envolve um número grande de agentes intervenientes, representando praticamente todos os setores usuários da água, impondo uma complexidade política importante para o CBHSF.
- O crescimento explosivo da agroindústria e da irrigação em grande escala nas bacias contribuintes tem trazido impactos quantitativos e qualitativos para os recursos hídricos superficiais e subterrâneos na bacia do rio São Francisco. Já se consegue identificar conflitos potenciais (ou mesmo efetivos) entre os usos atuais das águas do rio São Francisco e os usuários nas bacias contribuintes. O cenário político-institucional onde se inserem esses conflitos é muito complexo, envolvendo órgãos de gestão ambiental de diversos Estados da federação, em um território onde o CBHSF não tem jurisdição para poder atuar.
- Um dos maiores conflitos existentes hoje no rio São Francisco, origem de impactos ambientais importantíssimos, é a falta de sincronia entre o regime de operação das usinas hidrelétricas e as condições naturais características do rio. Essa “arritmia” tem se manifestado tanto como o desaparecimento da sazonalidade anual, que era responsável pelos ritmos dos ecossistemas endógenos, como pelas flutuações semanais, diárias e horárias, que se caracterizam por uma imprevisibilidade das condições fluviais. Isso traz impactos negativos para a navegação e para todas as atividades sociais tradicionais associadas aos ritmos fluviais, como a pesca artesanal e a agricultura das várzeas. As questões ambientais envolvem uma multiplicidade de agentes locais e externos, enquanto que a navegação e o controle da imprevisibilidade tem um contexto local ou regional.

A “Estratégia Robusta” descrita neste relatório procura então relacionar os conflitos nos seus respectivos cenários hidrológicos e institucionais descritos acima, com intervenções técnicas e normativas específicas. Essa relação entre conflitos, cenários e intervenções define três eixos estratégicos de ação para o CBHSF, a serem desenvolvidas a curto, médio e longo prazo:

1. Ações de Curto Prazo: Definição de diretrizes e critérios para a proposição de ações regulatórias na forma de Regras Operacionais dos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos atuais e futuros do rio São Francisco, bem como de projetos estruturantes como o da Integração (transposição), contemplando situações normais e emergenciais, mas principalmente em situações de escassez hídrica;
2. Ações de Médio Prazo: Definição de diretrizes e critérios para a atualização do Plano da Bacia do Rio São Francisco, tanto para orientar a aplicação dos instrumentos de Gestão previstos na Lei 9.433/97 como para orientar o desenvolvimento dos estudos de aproveitamento do potencial hidrelétrico remanescente do rio São Francisco, revisando os atuais estudos de inventário com a criação do “cenário de referência” dos usos múltiplos com o objetivo de impedir o agravamento dos conflitos existentes relacionados com o setor elétrico;
3. Ações de Longo Prazo: Diretrizes e critérios para o desenvolvimento de estudos e projetos estratégicos e de longo prazo, focando principalmente na evolução da matriz energética da bacia do rio São Francisco, valoração de serviços ambientais e compensação financeira.

A Figura 1 mostra, de forma esquemática, as ações que compõem a Estratégia Robusta e a articulação entre elas e os cenários de conflitos de usos múltiplos no rio São Francisco. Cada uma das linhas da Estratégia Robusta é detalhada nos próximos capítulos.



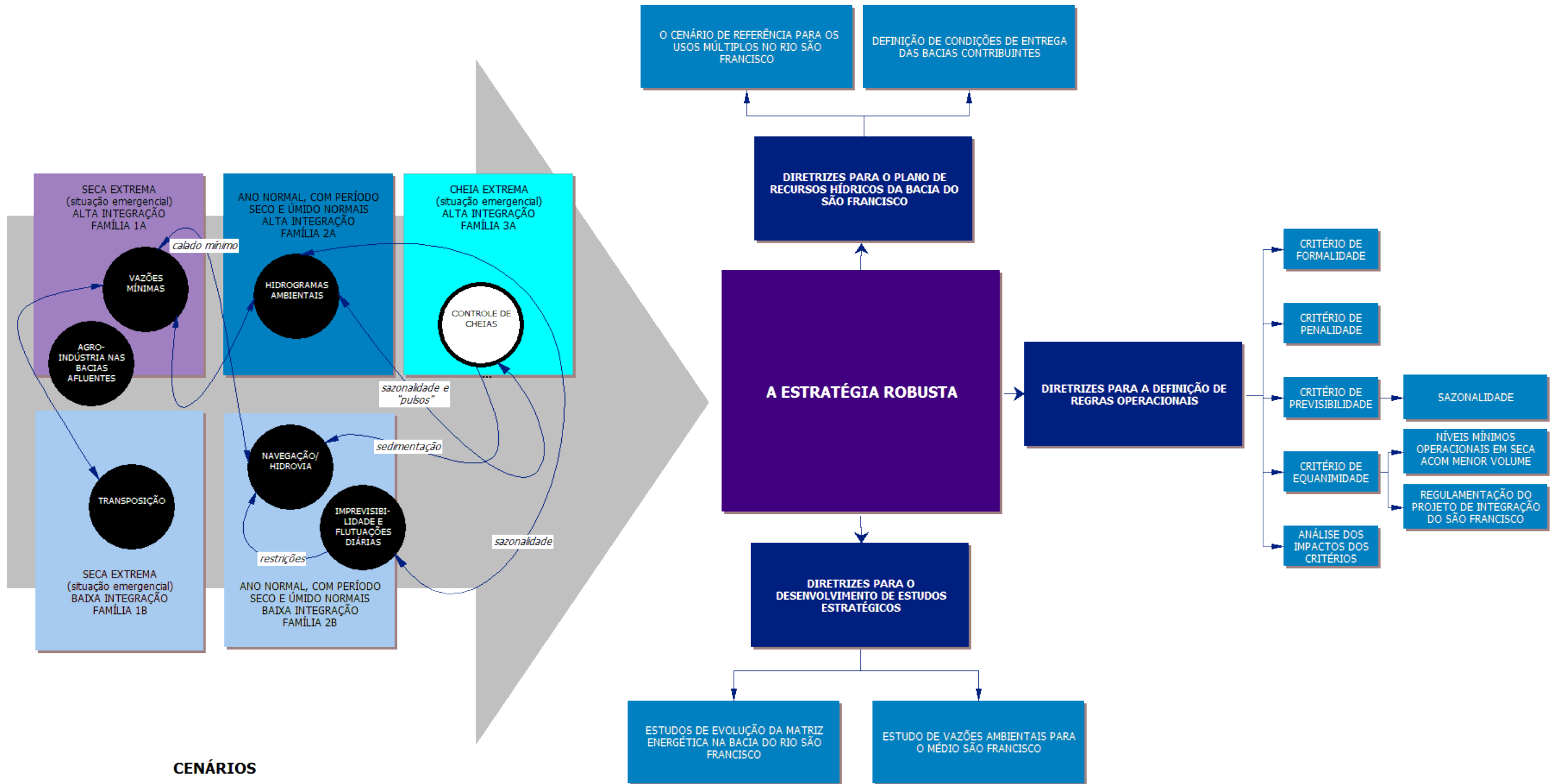


Figura 1 – Conflitos, Famílias de Cenários e a Estratégia Robusta

Finalmente, vale lembrar que cenários não são caminhos – são destinos alternativos. As estratégias são caminhos para nos aproximarmos deles, ou para evitá-los. Como chegar num horizonte sustentável, por mais volátil que nos possa parecer a definição do que é realmente sustentável? Querer chegar lá é uma decisão, um comprometimento; não pode haver dúvidas. Já o como chegar lá é uma questão técnica e econômica, pragmática, e se faz no curso dos processos rotineiros e burocráticos, assim como nos eventos marcantes e cheios de pompa. Qualquer estratégia, por melhor que seja, está sujeita a erros, imprecisões, orçamentos, cronogramas, enganos e frustrações. Não há estratégia invencível, assim como não existe um cenário perfeito que possa prever os acontecimentos futuros que virão a ser realmente determinantes.

Qual o “melhor” caminho para se atingir um objetivo?

Os planejadores acreditam que uma estratégia bem informada, ou aquela que contemple todos os cenários imaginados, teria mais chances de ser bem-sucedida do que aquelas que não fazem isso. Mas essa crença é quase uma tautologia, ou seja, quão mais bem informadas forem as decisões, tanto maiores as chances de elas darem certo.

Na realidade o sucesso de uma estratégia depende muito da capacidade daqueles que as propõem de entender realmente o problema e dispor de um arsenal de experiências bem e malsucedidas, para poder avaliar a situação e sugerir as ações corretas. E depende também daqueles que deverão ter a responsabilidade de implantar essas ideias e propostas, de forma que as entendam e saibam cada vez mais sobre os problemas, para poder adequar a estratégia na medida em que o tempo vá passando e os cenários todos vão se transformando naquilo que realmente é, no presente, e não no que poderá vir a ser.

## 2 DIRETRIZES PARA A DEFINIÇÃO DE REGRAS OPERACIONAIS

### 2.1 Critérios

Com uma possível exceção para casos de cheias extremas, não existem atualmente Regras Operacionais efetivas para a operação dos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos no rio São Francisco que contemplem os usos múltiplos. O que se tem são “restrições operacionais” ou “informações operacionais relevantes” definidas pelo setor elétrico em função de condicionantes das licenças de operação. Porém nem mesmo essas restrições têm sido respeitadas nos períodos de seca mais pronunciada: o que se observa nesta década é uma recorrente operação emergencial que acaba por “justificar” o descumprimento das licenças de operação dando prioridade às necessidades do setor elétrico, com prejuízo para quase todos os outros usos dos recursos hídricos.

Portanto, face aos problemas que se vem observando, se faz necessário e urgente o estabelecimento de um conjunto de Regras Operacionais que contemplem os diversos usos e os requisitos ambientais de forma explícita. Uma vez que os períodos de escassez hídrica absoluta ou relativa tem se mostrado mais frequentes nesta década, o conjunto de Regras Operacionais aqui definido foca, principalmente, a operação em situações de escassez.

Outro aspecto importante a se considerar na definição das Regras Operacionais é a sua implicação sobre uma multiplicidade de setores usuários, com diferentes necessidades e diferentes percepções de riscos e de benefícios com relação aos recursos hídricos do rio São Francisco. Esse “fator político” faz com que as Regras Operacionais tenham que necessariamente ser discutidas, reconhecidas, negociadas e aprovadas por todos os usuários. Portanto, a transparência é essencial ao propor qualquer modificação dos termos das licenças ambientais e operacionais das usinas hidrelétricas existentes.

Algumas Regras Operacionais podem ser implementadas imediatamente, como a redução dos níveis mínimos operacionais dos reservatórios em caso de seca extrema, como será discutido adiante. Outras dependem ainda de estudos

específicos de regimes de vazão, hidrogramas naturais, estudos hidráulicos e da determinação de níveis e condições operacionais que afetam todos os usuários dos recursos hídricos do rio São Francisco. O Projeto de Pesquisa sobre “Vazões Ambientais”, realizado sob coordenação da UFBA para o Baixo São Francisco, serve como referência para a determinação de algumas dessas Regras Operacionais nos outros trechos do rio<sup>1</sup>.

Naturalmente, não se pode pensar em mudar as condições de operação dos reservatórios sem antes eliminar restrições que hoje existem, como as diversas captações de água que dependem dos níveis mínimos que estão hoje estabelecidos (captação da CODEVASF no projeto Jaíba e a captação de água do município de Pirapora, MG). Mas também são restrições a serem eliminadas as condições das margens desprotegidas, as áreas de ocupação inadequada de várzeas, a construção de diques e proteções contra cheias que nunca foram instalados e a adequação dos pontos de travessia de balsas e das restrições à navegação.

Contemplando a natureza dos conflitos e os cenários em que eles ocorrem, aqui se propõem quatro critérios que deverão sempre ser observados na definição dessas novas Regras Operacionais, incondicionalmente, e que são discutidos individualmente na sequência:

- Formalidade
- Penalidade
- Previsibilidade
- Equanimidade

### **2.1.1 Formalidade – o Estabelecimento de Procedimentos Transparentes**

Toda e qualquer proposta de inclusão ou modificação das Regras Operacionais deverá ser formalizada em procedimentos específicos e transparentes do CBHSF, adquirindo o status de deliberações e de ações regulatórias, que deverão ser adotadas por todas as entidades participantes do Comitê, ou que tenham relação

---

<sup>1</sup> Este Projeto de Pesquisa foi já apresentado e discutido na Seção 3.3 – Vazões Ambientais, do Relatório 02.

com ele, como a ANA, por exemplo. Essas deliberações deverão ser devidamente documentadas e amplamente publicadas pelo CBHSF, de forma a tornar transparente e visível o processo de tomada de decisões.

Para isso uma Câmara Técnica deverá ser dedicada ao tema da definição das Regras Operacionais. Sugere-se que seja designado o já instituído GTOSF – Grupo Técnico para Análise da Operação dos Reservatórios do rio São Francisco para essa função.

Deverão ser formalizados os procedimentos operacionais em cada uma das situações hidrológicas – ano seco, ano normal e ano úmido –, com definições claras da linha de responsabilidade pelas decisões e as prioridades de fornecimento de água/abastecimento em cada situação.

As Regras Operacionais devem constar dos termos de outorga de direito de usos dos recursos hídricos, bem como as penalidades incorridas em caso de sua não observância.

Embora o critério de formalidade possa soar excessivamente burocrático, ele é fundamental para o efetivo cumprimento das Regras Operacionais, tendo em vista os cenários institucionais em que são discutidos e negociados os conflitos de usos múltiplos.

### **2.1.2 Penalidade – a Compensação por Serviços Ambientais**

Não há jogo sem regras, e não há regras sem penalidades. Uma das razões para que as atuais restrições operacionais vigentes não tenham sido respeitadas é, sem dúvida, a inexistência de qualquer tipo de penalidade quando isso ocorre. As penalidades devem constar das outorgas e das licenças de operação dos reservatórios e de todos os usos dos recursos hídricos do rio São Francisco.

É prática corrente no setor elétrico o pagamento de compensação financeira pela área inundada dos municípios pelos reservatórios das hidrelétricas (CF), bem como

de *royalties*, como no caso da usina de Itaipu.<sup>2</sup> Também ocorrem, esporadicamente, compensações por danos específicos causados por operação inadequada de reservatórios, mas são casos raros. Entretanto, não existe qualquer forma de compensação por danos causados pela operação dos reservatórios de forma sistemática que se tenha notícia, ao menos na bacia do rio São Francisco.

As Regras Operacionais devem prever penalidades caso não sejam cumpridas, e tais penalidades devem consistir em ressarcimento ou compensação financeira, como no caso da CF, com valor econômico determinado por algum critério. No entanto, diferentemente da CF, os impactos adversos da operação são normalmente percebidos a jusante das usinas, e a área inundada pelos reservatórios não seria, portanto, o critério adequado para mensurá-los.

Aqui se propõe que o critério para essa compensação seja estipulado em termos de uma porcentagem do valor da diferença da geração de energia efetivamente produzida no período em que alguma regra tenha sido descumprida ou violada, e o que deveria ter sido gerado caso as regras fossem respeitadas. O valor da diferença de geração poderia ser estimado com a mesma tarifa de referência utilizada para a determinação da CF.

Como referência inicial, considerou-se que as Regras Operacionais fossem baseadas nos Hidrogramas Ambientais sazonais propostos pelo Programa de Pesquisa para a determinação das vazões ambientais no trecho do Baixo São Francisco. Esse critério considera que a eliminação da sazonalidade natural está associada à maior parte dos impactos hoje observados com a operação das usinas hidrelétricas do rio São Francisco, como será visto mais adiante.<sup>3</sup>

Desta forma, a diferença entre o que fosse efetivamente gerado e o que deveria ter sido gerado (pelo Hidrograma Ambiental AHIA) passaria a ser considerado um PSA – Pagamento por Serviços Ambientais. Tais serviços ambientais têm sido prestados pelos ecossistemas fluviais e por todas as comunidades que deles dependem desde a construção das hidrelétricas, na forma de absorção de impactos, mas que até hoje não tem sido ressarcidos.

---

<sup>2</sup> O Relatório 01 em sua Seção 3.2.4 discute a compensação financeira pela área inundada dos municípios por reservatórios de hidrelétricas, apresentando os valores de 2013 correspondentes às usinas do rio São Francisco.

<sup>3</sup> As vazões ambientais foram discutidas no Relatório 2, na Seção 3.3 – Vazões Ambientais.

É possível argumentar que a geração de energia tem interesse nacional e, portanto, mereceria a maior prioridade dentre os usos dos recursos hídricos do rio São Francisco. Mesmo assim os custos ambientais e os serviços ambientais não ressarcidos deveriam, necessariamente, serem compensados, na mesma linha de argumentação que institui a CF por área inundada pelos reservatórios das hidrelétricas.

De forma a avaliar o valor dos Serviços Ambientais aqui descritos foi utilizado um modelo de simulação descrito no Apêndice 1. A simulação buscou comparar os valores históricos da energia mensal gerada pelas usinas de Sobradinho e a jusante dela entre os anos de 1993 e 2012, e os valores simulados utilizando o Hidrograma Ambiental. Os valores históricos de geração e o valor da tarifa de referência de 2014 utilizada (79,87 R\$/MWh) foram obtidos do site da ANEEL.<sup>4</sup>

A Figura 2 apresenta, de forma condensada, os resultados dos estudos de simulação realizados. Na figura são mostrados o valor da energia média mensal em MWh (representado por linhas coloridas e lido na escala das ordenadas à esquerda) e o valor dos Serviços Ambientais em Reais (representado por áreas em cinza e lido na escala das ordenadas à direita) simulados e históricos.

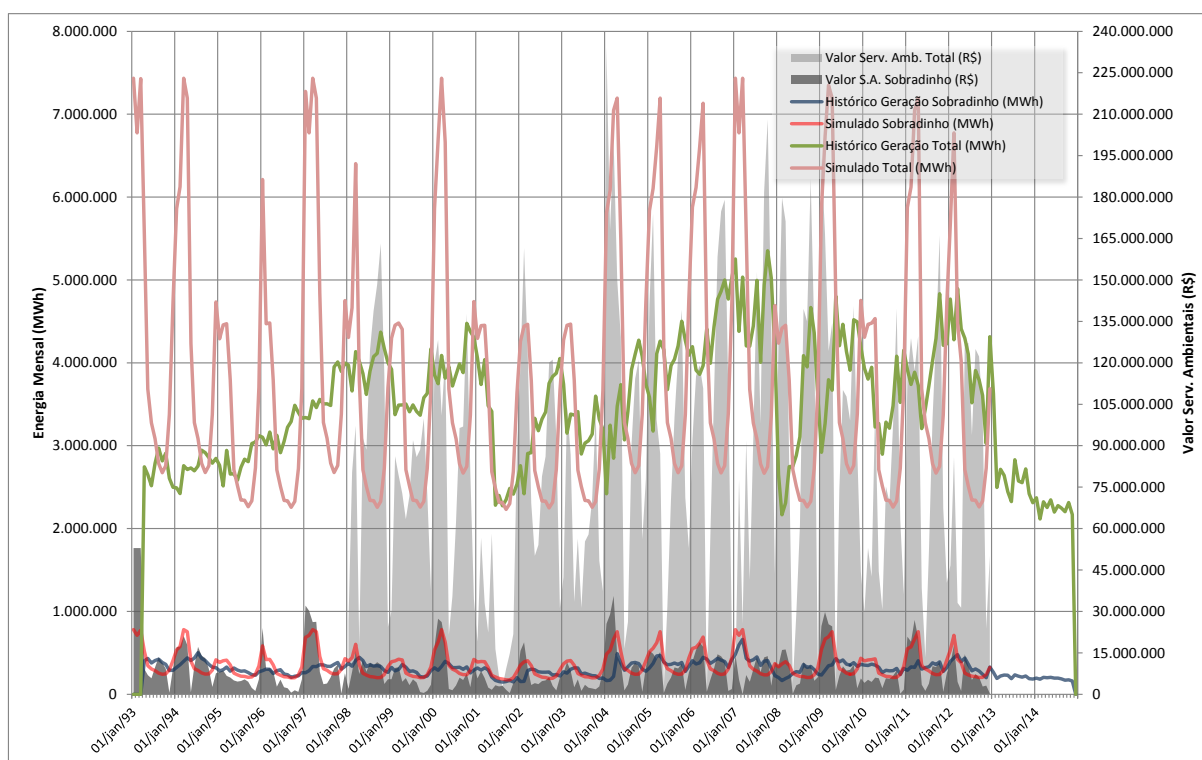
. Alguns resultados dessa simulação são descritos e explicados a seguir:

- a. Na parte inferior do gráfico são mostrados os valores da energia e dos serviços ambientais correspondentes à UHE Sobradinho, enquanto que na parte superior são mostrados os valores correspondentes à cascata total de aproveitamentos a jusante de Sobradinho, inclusive este.
- b. As linhas em vermelho (Sobradinho) e em rosa (cascata total) correspondem à simulação da produção mensal de energia considerando o Hidrograma Ambiental AHIA, enquanto que as linhas azul (Sobradinho) e verde (cascata total) representam a série histórica de geração mensal obtida da ANEEL. Fica evidente a sazonalidade marcante inerente ao Hidrograma Ambiental AHIA e a menor evidência desta no histórico de geração.

---

<sup>4</sup> Na determinação da energia mensal gerada com o Hidrograma Ambiental AHIA não se considerou a UHE Três Marias porque não existe ainda uma proposta de hidrograma ambiental para o Médio São Francisco. Site da ANEEL consultado: [www.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial)





**Figura 2 – Comparação entre Energia Média Mensal Gerada e Simulada na UHE Sobradinho e nas Usinas de Jusante (1993-2013)**

- c. Em geral o que se observa é que nos períodos naturalmente secos a energia gerada historicamente é superior à energia gerada considerando o Hidrograma Ambiental, ocorrendo o inverso nos períodos naturalmente úmidos, o que é óbvio e demonstra o descompasso entre a operação real e aquela que leva em consideração a sazonalidade natural.
- d. O valor dos Serviços Ambientais é estimado multiplicando a diferença entre as linhas azul e vermelha (para Sobradinho) e as linhas verde e rosa (para a cascata toda), pelo valor da tarifa de referência de 2014 (79,87 R\$/MWh). Neste cálculo o valor da geração na simulação foi limitado ao valor máximo já observado no histórico de geração, tanto de Sobradinho como da cascata de jusante, de forma a levar em consideração limitações operacionais.

A Tabela 1 agrega e resume os valores da simulação mostrados na Figura 2, apresentando os valores da geração anual simulada, os valores da série histórica e



as estimativas dos serviços ambientais e de sua valoração para o período de 1998-2012.

**Tabela 1 – Estimativa do Valor Anual dos Serviços Ambientais (1998-2012)**

Ano	Geração em Sobradinho - Simulação (MWh)	Geração Total na Cascata - Simulação (MWh)	Geração em Sobradinho - Histórico (MWh)	Geração Total na Cascata - Histórico (MWh)	Serviços Ambientais em Sobradinho (MWh)	Serviços Ambientais na Cascata (MWh)	Valor dos Serviços Ambientais em Sobradinho (R\$)	Valor dos Serviços Ambientais na Cascata (R\$)
1998	3.679.375	40.068.871	4.241.369	47.909.386	1.343.182	14.000.596	107.279.924	1.118.227.641
1999	3.518.008	38.545.311	3.343.175	42.842.388	681.074	11.014.822	54.397.351	879.753.855
2000	4.948.362	53.002.979	3.869.779	48.069.873	1.594.034	12.980.934	127.315.461	1.036.787.238
2001	3.142.757	37.618.607	2.574.857	35.470.330	567.900	4.369.720	45.358.206	349.009.540
2002	3.279.120	37.754.970	2.962.998	39.753.917	1.023.402	13.894.208	81.739.125	1.109.730.401
2003	3.358.986	37.834.835	3.042.442	39.307.034	727.507	9.077.917	58.106.018	725.053.216
2004	4.988.857	54.286.471	3.757.339	42.330.227	2.028.277	17.328.516	161.998.523	1.384.028.541
2005	4.910.183	52.645.741	4.460.282	48.042.613	1.361.647	13.680.612	108.754.752	1.092.670.519
2006	4.929.115	52.850.241	4.788.661	53.201.549	1.537.875	15.621.180	122.830.092	1.247.663.634
2007	5.084.922	53.459.479	5.141.293	55.980.043	1.297.431	14.467.915	103.625.832	1.155.552.406
2008	3.321.869	37.797.718	3.120.304	39.276.998	1.303.823	15.695.509	104.136.382	1.253.600.324
2009	5.193.502	54.646.893	4.255.605	48.395.834	1.989.349	16.097.525	158.889.331	1.285.709.321
2010	3.568.699	38.713.631	3.731.236	42.804.423	709.562	9.846.040	56.672.755	786.403.178
2011	4.915.010	52.592.131	4.042.104	47.246.710	1.710.106	13.726.093	136.586.144	1.096.303.029
2012	3.944.868	41.868.373	4.147.808	48.919.584	1.058.970	12.112.731	84.579.895	967.443.828
<b>Total Geral</b>	<b>62.783.633</b>	<b>683.686.251</b>	<b>57.479.252</b>	<b>679.550.909</b>	<b>18.934.140</b>	<b>193.914.319</b>	<b>1.512.269.791</b>	<b>15.487.936.671</b>
Média Anua	4.185.576	45.579.083	3.831.950	45.303.394	1.262.276	12.927.621	100.817.986	1.032.529.111

Observa-se na tabela que o valor anual médio estimado dos serviços ambientais ecossistêmicos no período de 1998 a 2012 chega a mais de 100 milhões de reais em Sobradinho, e a mais de um bilhão de reais na cascata de usinas de Sobradinho até Xingó.

Como comparação, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos na bacia do rio São Francisco em 2012 chegou próximo a 23 milhões de reais, e o valor da CF gerada nas usinas do São Francisco em 2013 (incluindo Três Marias) foi de aproximadamente 182 milhões de reais.

É importante também notar que os serviços ambientais calculados pelos critérios aqui adotados são responsáveis por cerca de 1/3 da energia gerada em Sobradinho e pouco menos de 30% da energia total gerada na cascata de aproveitamentos hidrelétricos entre Sobradinho e Xingó, o que revela a sua extrema significância.

### **2.1.3 Previsibilidade – a Incorporação da Sazonalidade nas Regras Operacionais**

Um dos maiores problemas relacionados com a operação atual dos reservatórios das usinas hidrelétricas do rio São Francisco está relacionado com a imprevisibilidade do regime de vazões resultante da operação com objetivo prioritariamente energético.

Há a imprevisibilidade associada à operação normal dos reservatórios numa escala horária, diária e semanal, que pode ser chamada de “flutuações de curto prazo”, e que ocorre em virtude do atendimento a períodos de “pico” do mercado de energia elétrica. Essas flutuações são mais difíceis de controlar e para isso existem algumas restrições operacionais<sup>5</sup>, mas que não tem surtido um efeito satisfatório. Para a minimização de seus efeitos é necessário o amortecimento desses “pulsos” e “ondas”, o que só pode ser feito mediante a construção de pequenas barragens a jusante das grandes usinas, medida a ser discutida mais adiante, na Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Mas há também a imprevisibilidade em períodos maiores, mensais, semestrais e anuais, que impactam diretamente sobre a programação e a expectativa de utilização dos recursos hídricos para cada um dos usuários. Este tipo de imprevisibilidade está relacionado não mais com a operação normal diária dos reservatórios (flutuações), mas com o regime anual de operação das usinas hidrelétricas que é determinado por estratégias de minimização de risco e de atendimento ao mercado de energia.

Essa imprevisibilidade contrasta com a natural sazonalidade que sempre caracterizou o rio São Francisco, e que tem sido profundamente alterada desde a construção das usinas hoje existentes. A sazonalidade estabeleceu não só o ritmo de todos os ciclos naturais, que dão sustentabilidade aos ecossistemas locais, como também os hábitos e modos de vida das comunidades tradicionais que ainda dependem do rio.

Visando a recuperação ecossistêmica do rio São Francisco, a sazonalidade do regime hidrológico natural precisa ser restaurada e preservada em alguma medida, como forma de viabilizar a recuperação da biodiversidade original e também dos meios de subsistência das comunidades tradicionais que dependem do rio para

---

<sup>5</sup> Estas restrições operacionais foram discutidas no Relatório 02, na Seção 3.1.1 – Conflitos com a Operação Normal dos Reservatórios.

continuarem existindo. A sazonalidade natural, portanto, deve ser considerada como condição fundamental em todos os casos e por todas as Regras Operacionais que forem criadas ou modificadas, o que também contribuirá para a uma maior previsibilidade do regime hidrológico do rio.

A referência metodológica de partida para a determinação da sazonalidade em cada trecho do rio já foi aplicada para o Baixo São Francisco no Projeto de Pesquisa de Vazões Ambientais, já discutido anteriormente. Os trechos do Médio e do Submédio ainda não dispõem de estudos específicos sobre as vazões ambientais correspondentes, porém o desenvolvimento de estudos com essa finalidade seguiria a mesma metodologia.

De acordo com o referido Projeto de Pesquisa, a alteração do regime hidrológico do rio São Francisco trouxe impactos negativos importantes sobre o seu estado ecológico, como uma grande perda do habitat natural, da biota e de suas funções ecossistêmicas. A estimativa feita pelo Projeto de Pesquisa é de que 50% da biodiversidade tenha sido perdida ou alterada profundamente desde a construção das usinas e do regime de operação associado. A continuidade desse tipo de operação só agravará esta situação, podendo até mesmo causar o desaparecimento total da biodiversidade original do rio.

Com o objetivo de reverter esse quadro, o Projeto de Pesquisa propõe a adoção de um “hidrograma ambiental” que teria como objetivo a implantação de um regime operacional que programasse aumentos da vazão defluente dos reservatórios proporcionais aos aumentos naturais de vazão afluente entre os meses de novembro e março. Ao mesmo tempo, esse novo regime procuraria minimizar, ou cessar, aumentos de vazão defluente entre os meses de abril a outubro, gerando assim períodos de seca e de cheia regulares e previsíveis. Os principais efeitos positivos previstos com essa operação seriam os seguintes:

- Gerar períodos de cheia e seca regulares, fomentando ciclos de produção e exportação de nutrientes e de transporte de matéria orgânica carregada nas cheias aumentando, por conseguinte, a produção primária, com reflexos positivos sobre a cadeia trófica;
- Extensão de área cultivável nas áreas úmidas com a utilização de adubo natural provindo das cheias;

- Restaurar as funções ecossistêmicas das lagoas marginais, canais secundários e planícies inundáveis com a criação de sítios protegidos para o desenvolvimento de vegetação natural e berçário para as espécies de peixe;<sup>6</sup>
- Manter as cheias anuais no período de piracema e arribação para garantir as condições de reprodução dos peixes;
- Minimizar o depósito de sedimentos, evitando a formação de crôas e ilhas, contribuindo para a recuperação e extensão de áreas navegáveis.

Com a adoção do regime de operação baseado em um “hidrograma ambiental”, as Regras Operacionais permitirão melhorar a previsibilidade das condições de vazão e de níveis em locais de referência e em épocas específicas do ano, de acordo com as expectativas de ocorrência do regime hidrológico. Também devem ficar claras as possíveis operações dos reservatórios em casos de emergência, como nas grandes cheias, de forma a viabilizar a programação dos múltiplos usos dos recursos hídricos do rio São Francisco.

Por outro lado, a adoção de um regime sazonal representado por um “hidrograma ambiental”, apesar de representar a única alternativa para a restauração dos ecossistemas naturais e dos serviços ambientais associados a eles, tem também impactos negativos sobre a geração de energia. Esta passaria a ser condicionada não só pelo comportamento do mercado, mas também pela manutenção da sazonalidade natural do rio São Francisco.

De forma a poder avaliar o impacto da incorporação da sazonalidade nas Regras de Operação dos reservatórios, foram realizadas uma série de simulações da operação do reservatório de Sobradinho. Essas simulações são descritas e discutidas na Seção 2.2.

---

<sup>6</sup> A CODEVASF reconhece a importância das lagoas marginais como “berçários” para a ictiofauna no rio São Francisco, tendo inclusive desenvolvido diversos estudos sobre isso. Ofício 527/2014/PR/GB de 01/setembro/2014, no âmbito do Inquérito Civil ICP 1.22.011.000094/2014-89 da Procuradoria da República no Município de Sete Lagoas.

#### **2.1.4 Equanimidade – a Justa Distribuição de Benefícios e Riscos**

O critério de equanimidade implica a justa distribuição de benefícios, custos, riscos e responsabilidades associados à operação dos reservatórios entre os múltiplos usos da água. Segundo este critério não pode haver um uso privilegiado universalmente, mas sim um equilíbrio entre as diversas necessidades e demandas de todos os usos, dando chance a que todos os múltiplos usos se beneficiem, de forma equânime, dos recursos hídricos do rio São Francisco.

Este critério implica a determinação compartilhada, explícita e cuidadosa, por parte do CBHSF, das prioridades do uso das águas do São Francisco em cada trecho do rio e em cada situação hidrológica. A determinação da prioridade dos usos envolve também o aspecto de determinação do nível de risco a que cada uso estará sujeito.

Esse assunto é de extrema importância e urgência, tendo em vista que tanto os critérios de outorga como os de enquadramento dependem dessa determinação e são produtos fundamentais do Plano de Recursos Hídricos, atualmente em revisão.

De acordo com a Lei 9.433/97, no seu Art. 13, “Toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso”, determinando também que “a outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes”.

É também importante notar que a Lei 9.433/97, em seu Artigo 15º. prevê as circunstâncias em que as outorgas podem ser suspensas “parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado”:

- I. Não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga;
- II. Ausência de uso por três anos consecutivos;
- III. Necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;
- IV. Necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;
- V. Necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;

VI. Necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

O CBHSF deverá estabelecer claramente como serão obedecidas as diversas prioridades de usos em caso de anos secos ou situações de racionamento, e em que condições tais situações emergenciais ou o racionamento entrarão em vigor.

O CBHSF deverá publicar, no início de cada período hidrológico, a sua previsão de cronogramas de vazões e de restrições e prioridades, de forma a poder orientar todos os usos e usuários dos recursos hídricos no rio São Francisco.

Eventuais mudanças, ajustes ou situações especiais deverão ser explicitamente comunicados de forma ampla e transparente, construindo paulatinamente um canal de comunicação confiável com todos os usuários da bacia.

Tendo em vista também o critério de Previsibilidade, as Regras Operacionais deverão explicitar o que se entende por “ano seco”, “ano normal” e “ano úmido”, e estabelecer os critérios de referência para que qualquer usuário possa saber em que condições se opera, a cada ano ou período hidrológico.

O critério de equanimidade tem duas consequências diretas sobre a operação atual dos reservatórios que implicam modificações necessárias e urgentes no regime de operação, analisados a seguir:

- A suspensão dos Níveis Mínimos Operacionais das UHE Três Marias e Sobradinho em Situações de Seca;
- A formalização adequada das condições operacionais do Projeto de Integração do rio São Francisco (transposição).

A análise quantitativa das consequências do critério de equanimidade sobre a regularização de vazões e a geração de energia é apresentada na Seção 2.2.

#### 2.1.4.1 Suspensão dos Níveis Mínimos Operacionais das UHE Três Marias e Sobradinho em Situações de Seca

Uma das mais importantes restrições operacionais que afeta a todos os usos da água e que tem sido respeitada com muito rigor é com relação aos níveis mínimos

operacionais dos reservatórios. Este nível mínimo operacional define a capacidade de regularização, ou o “volume útil” de um reservatório.

Nos reservatórios do rio São Francisco o volume útil tem sido determinado pelo setor elétrico e corresponde ao volume existente entre o nível máximo operacional e o limite inferior operacional das turbinas de cada uma das usinas hidrelétricas associadas aos reservatórios. Abaixo do volume útil existe o “volume morto”, aquele volume que continua existindo no reservatório mesmo abaixo do nível mínimo de operação das turbinas, mas que é ainda assim muito útil para todos os outros usos da água, desde que se tenha acesso a ele.

A capacidade real de regularização dos reservatórios existentes, portanto, vai além do que é considerado pelo setor elétrico como volume útil. Na realidade, uma das maneiras mais eficazes, diretas e com baixíssimo investimento para aumentar a capacidade de regularização dos reservatórios atuais, principalmente em situações de seca extrema, seria a utilização desses volumes mortos.

Certamente isso traz ônus para o setor elétrico ao ter que paralisar as turbinas das usinas que regularizam vazões caso o nível do reservatório caia abaixo do nível mínimo operacional. No entanto é importante notar que a restrição de um nível mínimo ditado pelas características operacionais das turbinas faz com que a prioridade do uso da água seja automaticamente a geração de energia. Conseqüentemente, a distribuição do nível de risco em situações de seca extrema não é equânime entre os diversos usos da água.

Na situação de seca como foi observada na UHE Três Marias em 2013/2014, a restrição do nível mínimo das turbinas causou transtornos ou até a paralização da navegação, do abastecimento de cidades e de perímetros de irrigação a jusante da usina, motivado por redução de vazões e de níveis em todo o trecho do rio São Francisco entre Três Marias e Sobradinho.

### Restrições Técnicas

Há dois motivos para essa restrição tão importante. O primeiro motivo é de ordem técnica e se deve ao fato de que quase todos os reservatório das UHEs no rio São Francisco não dispõem de descarregadores de fundo, sendo a UHE Sobradinho a



única exceção. Nessas usinas a inexistência dos descarregadores de fundo impede que se tenha acesso ao volume morto, contando apenas com a operação das turbinas para descarregar vazões a jusante em períodos de seca. Caso se atinja o nível mínimo, as turbinas param de funcionar e isso pode significar também que nenhuma água flua para jusante.<sup>7</sup>

No contexto do período de hidrologia desfavorável observado recentemente, a Procuradoria da República de Três Lagoas promoveu questionamento e tem buscado esclarecimentos sobre a possibilidade da criação de uma descarga de fundo permanente na usina de Três Marias, tendo em vista levantar essa limitação e prevenir futuros riscos de interrupção total de abastecimento a jusante no Médio São Francisco em ocasiões futuras de extrema seca.

Em resposta ao questionamento da Procuradoria da República a ANA comunicou que não realizou estudos sobre a necessidade de implantação de mecanismos de esgotamento de água via descarga de fundo, ou assemelhados, em usinas hidrelétricas atualmente em operação. Tampouco a ANA conhece a existência de usina hidrelétrica que tenha implantado esse tipo de mecanismo depois de construída e em operação. A CEMIG, por sua vez, também não dispõe de estudos para implementação de dispositivos extravazores de fundo para a UHE Três Marias.<sup>8</sup>

Com o intuito de avaliar a viabilidade técnica de acessar o volume morto da UHE Três Marias em situações de seca extrema, o CBHSF promoveu uma reunião em Belo Horizonte em 04/12/2014 (quinta-feira), na sede da AGB Peixe Vivo em que participaram representantes da CEMIG e de seu corpo técnico, o Sr. Anivaldo de Miranda - Presidente do CBHSF, o Sr. Antônio Arthur Barros Mendes - Procurador da República, e os consultores Sr. Rodolpho Ramina e Sr. Nelson Luiz de Souza Pinto - Professor Convidado pelo CBHSF, para discussão do tema da operação do Reservatório de Três Marias, com vista aos cenários previstos para o ano de 2015.

Ficou demonstrado que existe a viabilidade do acesso ao volume morto da UHE Três Marias de diversas maneiras a serem ainda melhor avaliadas. Dentre as

---

<sup>7</sup> A importância do acesso ao “volume morto” e de descarregador de fundo em reservatórios de usos múltiplos foi discutida no Relatório 01 na Seção 3.2.3 – As Descargas de Fundo e Os Usos Múltiplos.

<sup>8</sup> Ofício ANA PGE 295/2014 de 30/setembro/2014 e Ofício CEMIG JC/DA 03256/2014 de 08/outubro/2014, no âmbito de respostas ao Inquérito Civil ICP 1.22.011.000094/2014-89 da Procuradoria da República no Município de Sete Lagoas.



possibilidades estão: a) a utilização de dois condutos forçados existentes desde a construção da usina, mas que nunca foram operados, implicando melhor avaliação sobre as condições de operação destes; b) substituição de um dos conjuntos geradores por válvulas de descarga, o que elimina os riscos operacionais porém restringe o número de turbinas em operação; e c) passagem da água por um dos conjuntos geradores sem carga, que necessita ainda de testes para verificar sua viabilidade. A CEMIG tem desenvolvido testes nos grupos geradores nas condições atuais de baixa queda para avaliar as condições operacionais das turbinas.

Já na UHE Sobradinho esse problema não existe, uma vez que os descarregadores de fundo permitem o deplecionamento quase que total do reservatório.

### Restrições por Critérios de Aversão ao Risco

O segundo motivo tem a ver com a aversão ao risco em caso de secas extremas e com as prioridades dos usos da água nessas situações. O setor elétrico desenvolve sua estratégia de depleção dos reservatórios baseado no risco que estaria disposto a correr, tendo em vista sua percepção das probabilidades de reenchimento do reservatório após o período seco. Naturalmente, a depleção dos reservatórios abaixo do nível mínimo operacional das turbinas faria com que o tempo de reenchimento até o nível operacional mínimo demorasse mais, e com isso a geração comercial de energia sofreria um atraso. Por essa razão existe uma tendência de redução das vazões mínimas defluentes em períodos de seca, ou seja, de forma a evitar que o reservatório se aproxime dos seus níveis mínimos.

Na realidade, o que se tem observado é uma constante pressão, por parte do setor elétrico, em alterar ou “romper” as condições de licenciamento das usinas para poder operar com vazões defluentes menores e minimizar os riscos de deplecionamento, especialmente em situações de seca. Por outro lado, essa estratégia de depleção que implica reduções de vazão defluentes dos reservatórios traz também restrições a todos os usos a jusante e até o limite de terem suas atividades interrompidas, como foi observado na UHE Três Marias e no Médio São Francisco, como comentado anteriormente.

### Avaliação dos Impactos da Utilização do Volume Morto

Sendo assim, a operação dos reservatórios com o objetivo de minimizar o risco de depleção abaixo dos níveis mínimos operacionais das turbinas implica restrições a todos os outros usos. Isso reflete, portanto, a prioridade dada à geração de energia, principalmente em situações de escassez. Ora, isso pode ser interpretado como uma contradição ao que está determinado na Lei 9.433/97, que estabelece o abastecimento humano e a dessedentação de animais como usos prioritários nessas situações.

Com base nessas considerações, e partindo do fato de que uma das atribuições centrais do CBHSF é a determinação dos usos prioritários dos recursos hídricos, partiu-se para avaliar o impacto da utilização do chamado “volume morto” sobre a regularização de vazões e sobre a geração de energia na usina de Sobradinho, como referência para a questão.

Para tanto foram realizadas simulações em um modelo matemático cujo método de cálculo está descrito no Apêndice 1. Essas simulações são descritas e discutidas na Seção 2.2.

#### 2.1.4.2 Regulamentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco

O projeto de Integração do rio São Francisco (transposição) é hoje um fato consumado, apesar de todas as dificuldades que tem enfrentado para adquirir um prestígio técnico, econômico e político inquestionável.

No que diz respeito à sua articulação com as ações do CBHSF valem os mesmos critérios já descritos para a definição das novas regras operacionais dos reservatórios, ou seja, formalidade, penalidade, previsibilidade e equanimidade.

Tendo em vista que durante períodos de estiagem mais pronunciada a transposição virá a concorrer com os outros usos da água no rio São Francisco, as seguintes questões parecem críticas e mereceriam atenção e monitoramento por parte do CBHSF, implicando também uma regulamentação e/ou formalização de Regras Operacionais mais claras e transparentes.

### Estabelecimento Explícito da Prioridade de Geração de Energia

A Resolução ANA 411/2005 estabelece as condições de bombeamento permitidas para a transposição e condiciona um bombeamento maior que o mínimo apenas em períodos em que o reservatório de Sobradinho esteja acima de 94% do volume útil, o que corresponderia aproximadamente ao nível operacional 390,65 m e um volume útil de 26.948,86 hm<sup>3</sup>. Em primeiro lugar, fica claro que a prioridade para a utilização dessa água excedente ao mínimo de bombeamento é a de geração de energia, uma vez que o nível mínimo operacional das turbinas é abaixo do limite estabelecido.

### Risco de Institucionalização de “Gatos”

Um segundo ponto também importante diz respeito ao Artigo 1º da Resolução ANA 411/2005, parágrafo único, que diz que “enquanto a demanda real for inferior a 26,4 m<sup>3</sup>/s, o empreendimento poderá atender, com essa vazão, o uso múltiplo dos recursos hídricos na região receptora”. Essa observação parece indicar a possibilidade de um consumo sem demanda registrada, o que é considerado, para os sistemas de abastecimento de água e de eletricidade, como um “gato”.

Esse artigo parece indicar uma falha na Resolução 411/2005 e pode significar evasão de cobrança e problemas de outorgas, com prejuízo para os usos da água no rio São Francisco. Com vistas a mitigar esse risco de evasão, é necessário regulamentar e explicitar o sistema de cobrança e de monitoramento da Transposição, principalmente em sua interface com os usos múltiplos do rio São Francisco e com o CBHSF.

Finalmente, o último ponto de interface tem a ver com o ambiente de baixa integração institucional que caracteriza o projeto da Integração (transposição), concentrando o poder decisório em um “Comitê Gestor” e a “Entidade Operadora Federal”. A única possibilidade de interferência é indicações que venham a ser feitas no Plano de Recursos Hídricos da bacia.

## 2.2 Análise dos Impactos dos Critérios das Regras Operacionais

O Quadro 1 mostra estatísticas dos resultados de dez casos de simulação realizados para avaliar diferentes condições de defluência, volume morto e os efeitos da transposição na UHE Sobradinho. As estatísticas são as vazões defluentes, energia média gerável localmente na UHE Sobradinho e a energia média gerável a jusante, na cascata de usinas desde Itaparica até Xingó. Esse último valor é uma estimativa do potencial de geração e é limitado pela potência instalada em cada usina. Também é apresentada a soma da energia média gerável em Sobradinho e a jusante para a permanência de 95% do tempo.<sup>9</sup>

Os casos 01, 02, 06, 05 e 09 (com fundo verde) foram avaliados sem considerar a transposição e os demais casos (fundo laranja) consideraram a transposição de acordo com as regras estabelecidas na Resolução ANA 411/2005.

Foram simuladas três regras de defluência:

1. Vazão máxima regularizável contínua, que corresponde à vazão máxima média mensal que pode ser mantida pelo reservatório obedecendo aos limites de volume total ou somente o volume útil para geração de energia;
2. Hidrograma mensal máximo, que corresponde às máximas vazões médias mensais que poderiam ser mantidas pelo reservatório (como nos casos anteriores) com valores constantes ano a ano. Este valor foi determinado a partir das vazões médias mensais da série e multiplicados por um fator menor que 1;
3. Hidrograma Ambiental AHIA, resultante do Programa de Pesquisa para a determinação das vazões ambientais no trecho do baixo São Francisco. Neste caso não se aplica a avaliação do volume morto.

---

<sup>9</sup> A descrição do método de simulação, os hidrogramas das vazões defluentes e as curvas de permanência dos resultados estão apresentados no Apêndice 1.

**Quadro 1 – Resultados das Simulações para Análise do Impacto de Diferentes Critérios de Operação para o Reservatório da UHE Sobradinho**

Simulação	CASO-01	CASO-02	CASO-06	CASO-05	CASO-09	CASO-03	CASO-04	CASO-07	CASO-08	CASO-10
Regra de Defluência	Vazão máxima regularizável (contínua)	Vazão máxima regularizável (contínua)	Hidrograma Mensal Máximo (constante ano a ano)	Hidrograma Mensal Máximo (constante ano a ano)	Hidrograma Ambiental AHIA	Vazão máxima regularizável (contínua)	Vazão máxima regularizável (contínua)	Hidrograma Mensal Máximo (constante ano a ano)	Hidrograma Mensal Máximo (constante ano a ano)	Hidrograma Ambiental AHIA
Volume Morto	sim	não	sim	não	não se aplica	sim	não	sim	não	não se aplica
Transposição (sim/não)	não	não	não	não	não	sim	sim	sim	sim	sim
Vazão Defluente (m³/s)										
Máximo	1.697,05	1.770,44	3.321,97	3.429,00	3.150,00	1.665,81	1.741,50	3.266,17	3.376,12	3.150,00
Médio	1.697,05	1.770,44	1.792,92	1.850,69	1.860,74	1.665,81	1.741,50	1.762,83	1.822,18	1.860,77
Mínimo	1.697,05	1.770,44	682,14	704,12	1.100,00	1.665,81	1.741,50	670,68	693,26	1.100,00
95% permanência	1.697,05	1.770,44	682,14	704,12	1.100,00	1.665,81	1.741,50	670,68	693,26	1.100,00
Energia gerável localmente (MW médios)										
Máximo	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00
Médio	563,99	560,57	558,99	555,23	566,83	551,39	548,51	543,90	540,30	553,24
Mínimo	275,65	-	-	-	234,67	270,55	-	131,42	-	227,98
95% permanência	381,36	381,56	181,92	183,17	284,20	372,54	372,75	177,79	179,43	280,74
Energia gerável a jusante (MW médios)										
Máximo	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60	8.943,60
Médio	5.455,99	5.516,17	5.291,14	5.344,35	5.362,11	5.347,52	5.414,49	5.158,69	5.218,97	5.275,81
Mínimo	4.409,13	4.599,81	1.772,28	1.829,39	2.857,93	4.327,95	4.524,62	1.742,51	1.801,17	2.857,93
95% permanência	4.409,13	4.599,81	1.772,28	1.829,39	2.857,93	4.327,95	4.524,62	1.742,51	1.801,17	2.857,93
Local + Jusante 95% permanência	4.790,49	4.981,37	1.954,20	2.012,56	3.142,13	4.700,49	4.897,37	1.920,30	1.980,60	3.138,67

Vale observar que nenhuma dessas simulações corresponde à geração real observada na UHE Sobradinho, uma vez que a operação da usina não tem por objetivo nem a regularização de uma vazão constante, nem de um hidrograma mensal médio e nem tampouco o atendimento ao hidrograma ambiental. O que determina a operação da UHE Sobradinho é o atendimento ao mercado de energia, que até atualmente não tem qualquer correlação com as condições hidrológicas da bacia.

As seguintes observações podem ser feitas a partir dos resultados das simulações apresentadas no Quadro 1:

- a. O efeito da transposição do rio São Francisco sobre a capacidade de regularização de vazões de Sobradinho é pequeno, ou até negligível, situando-se entre 1,5% e 1,6% de diferença entre as vazões máximas regularizáveis com e sem a consideração do volume morto (Casos 02 e 01, e casos 04 e 03 respectivamente).
- b. Os Casos 01 e 02, assim como os casos 03 e 04, demonstram o efeito dos 5.477 hm<sup>3</sup> do volume morto sobre a capacidade de regularização de vazões do reservatório de Sobradinho. Sem a transposição a vazão regularizada sobre de 1.697,05 m<sup>3</sup>/s para 1.770 m<sup>3</sup>/s (4,3%) e com a transposição de 1.665,81 m<sup>3</sup>/s para 1.741,50 m<sup>3</sup>/s (4,5%). Deve ser notado que o volume total do reservatório de Sobradinho é de 34.116 hm<sup>3</sup>, e o volume morto corresponde a 16% desse volume.
- c. As vazões regularizadas médias crescem quando se consideram hidrogramas que levam em consideração a sazonalidade, comparadas às vazões contínuas. Esse efeito é mais importante que a utilização do volume morto para a regularização, em todos os casos analisados. Por outro lado, as vazões mínimas caem e as máximas crescem ainda mais, naturalmente.
- d. A energia média gerada localmente na UHE Sobradinho tem uma redução entre 0,5% e 0,7% considerando a redução dos níveis mínimos operacionais sem e com a transposição, respectivamente.

- e. Já a energia média gerada na cascata de jusante aumenta em 1% e 2% com o aumento do volume de regularização que a redução dos níveis mínimos operacionais em Sobradinho proporciona. A energia média gerada com 95% de permanência, no entanto, cresce entre 3% e 4%.
- f. A energia média gerada total (em Sobradinho somada à cascata de jusante) com permanência de 95% aumenta entre 3% e 4% como efeito da redução dos níveis mínimos, considerando a simulações sem e com a transposição.
- g. O efeito da incorporação da sazonalidade, em contraste com as regras de operação com vazões constantes é mais noticiável que a redução dos níveis operacionais ou que a transposição. No que diz respeito às vazões defluentes, estas podem aumentar, em média, entre 10% e 12% sem ou com transposição, respectivamente.
- h. A incorporação da sazonalidade traz um aumento marginal sobre a energia média gerada localmente, entre 0,3 % e 0,5%. Já no que se refere à energia gerada na cascata de jusante há uma redução de até 2%.
- i. Embora a energia média permaneça aproximadamente a mesma com as regras de vazão regularizada constante e com a incorporação da sazonalidade, o grande impacto se manifesta quando se considera a energia gerada com 95% de permanência, que sofre um decréscimo de até 35% tanto localmente como na cascata de jusante.

As análises de simulação mostram, portanto, que o deplecionamento dos reservatórios de Três Marias e Sobradinho abaixo dos níveis mínimos operacionais das turbinas não significa que se interrompe a geração de energia em todo o rio São Francisco. Aquela água que continua a ser mantida fluindo a jusante seria utilizada para a geração de energia em toda a cascata de hidrelétricas existentes e futuras do rio. Na realidade, a energia gerada por cada metro cúbico por segundo de vazão é

maior a jusante dessas duas usinas do que nelas, especificamente, como fica demonstrado.

Isso faz com que o rompimento desse limite operacional em situações críticas de seca, importantíssimo para todos os usos dos recursos hídricos, seja praticamente inócuo para a geração de energia, ou até positivo, implicando baixos níveis de risco.

Já do ponto de vista dos usos múltiplos das águas do rio São Francisco o rompimento deste limite operacional em caso de secas extremas não só auxilia na minimização dos riscos como também maximiza os benefícios de todos os usos, inclusive o da geração de energia.

O grande impacto dos critérios das Regras Operacionais aqui propostas sobre o regime de geração de energia se dá com a incorporação da sazonalidade, como já era esperado. Esse se manifesta principalmente quando se comparam os valores da energia gerada com valores de alta permanência (valores baixos, característicos dos períodos extremamente secos).

No entanto, é importante deixar claro que as análises aqui efetuadas comparam os regimes de operação sazonais com os regimes de operação que maximizam a regularização de vazões contínuas. Nenhum dos dois casos reflete o regime real de operação observado nas usinas do rio São Francisco. Esta segue as determinações específicas do ONS, que prioriza o atendimento ao mercado nacional de energia, como já comentado.



### **3 DIRETRIZES PARA O PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO**

Uma das finalidades deste trabalho é a definição de diretrizes para o Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio São Francisco, atualmente em processo de revisão. Com base nas informações levantadas e nos cenários de conflitos de usos múltiplos existentes ou potenciais, são aqui apresentados dois conjuntos de diretrizes com o objetivo de auxiliar a determinação de prioridades e de ações para o Plano de Recursos Hídricos:

- Diretrizes para definição de condições de entrega (qualidade, quantidade e risco) para as bacias contribuintes;
- Diretrizes para a definição do “Cenário de Referência” para Usos Múltiplos.

#### **3.1 Condições de Entrega das Bacias Contribuintes**

Uma das questões centrais que surgem nos cenários de conflitos em situações de escassez tem sido o crescimento acelerado dos usos consuntivos de recursos hídricos nas bacias contribuintes, principalmente relacionados com a irrigação.

Como foi demonstrado nos relatórios 1 e 2, o crescimento explosivo da agroindústria no oeste da Bahia e das bacias contribuintes em Minas Gerais, observado nas últimas duas décadas, já tem manifestado consequências nas vazões do rio São Francisco. Este fato tem sido foco de diversos estudos que procuram estabelecer relações quantitativas entre a expansão da agricultura irrigada e a redução das vazões observada.

No âmbito deste trabalho foi realizado um estudo de campo no cerrado baiano que incluiu um sobrevoo no Oeste da Bahia quando se constatou a surpreendente escala e acelerado ritmo de desenvolvimento do setor agrícola e da irrigação naquela região. O Cerrado baiano se situa em grande parte sobre o aquífero Urucuia, considerado o grande reservatório subterrâneo responsável pela manutenção das vazões do rio São Francisco na estação seca, que se mantém mesmo cruzando mais de 1.000 km no semiárido.

O CBHSF não detém o controle direto sobre as outorgas para esses diversos usos intensos nas bacias contribuintes, uma vez que são de responsabilidade dos órgãos ambientais dos respectivos Estados. Da mesma forma, a negociação dessas outorgas entre os diversos usuários deve normalmente ser feita no âmbito dos Comitês de Bacias contribuintes, onde o CBHSF tem atuação limitada.

Sendo assim, o Plano de Recursos Hídricos do São Francisco deverá estabelecer, para cada ponto da confluência com as exutórias das bacias contribuintes, condições de entrega que sejam compatíveis com as prioridades dos usos múltiplos do rio São Francisco, este sim em princípio sob o controle do CBHSF, e com as condições de entrega das bacias hidrográficas a montante e a jusante.

Como já foi mencionado, e aqui é repetido, a Lei 9.433/97, no seu Art. 13, determina que “toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso”, determinando também que “a outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes”.

De forma a obedecer estes requisitos legais e preservar os usos múltiplos, as condições de entrega deverão estabelecer as seguintes variáveis como limites:

- Vazões mínimas com seu respectivo período de recorrência, o que passa a definir limites para o balanço hídrico quantitativo das bacias contribuintes;
- Vazões Máximas com seu respectivo período de recorrência, o que passa a definir a necessidade do controle de cheias, em algum grau, em cada uma das bacias contribuintes;
- Parâmetros de qualidade da água (DBO, OD, Fósforo total, etc.) e vazão de referência (ou a permanência da vazão de diluição a ser considerada) que permitam manter a Classe de Enquadramento estabelecida de cada trecho do rio São Francisco de acordo com as prioridades de uso estabelecidas pelo CBHSF, respeitando a Resolução CONAMA 357/2005.

## 3.2 O “Cenário de Referência” para os Usos Múltiplos

### 3.2.1 O Planejamento do Setor Elétrico para o Rio São Francisco

Quando da elaboração da última versão do Plano de Recursos Hídricos do rio São Francisco, em 2004, a ANA produziu um documento intitulado “Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 09 - APROVEITAMENTO DO POTENCIAL HIDRÁULICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA”, como subsídio ao Plano de Recursos Hídricos do São Francisco (ANA, 2004). Este estudo recomendou uma revisão dos estudos de planejamento do setor elétrico de forma a considerar os usos múltiplos:

“... é importante que no desenvolvimento dos estudos de planejamento do setor elétrico e em particular os estudos específicos de cada aproveitamento, o plano de recursos hídricos da bacia seja considerado, bem como a ANA deve ser consultada a cerca de outros volumes e restrições a serem consideradas para atendimento dos usos múltiplos.” (ANA, 2004)

Passaram-se dez anos e cresceram as demandas para irrigação e para o abastecimento humano, e a viabilização econômica da Hidrovia do São Francisco é hoje mais importante que já o foi no passado. No entanto, desde então, nada foi feito no sentido de revisar as restrições operacionais ou as características dos aproveitamentos hidrelétricos previstos no rio São Francisco de forma a eliminar, ou mitigar, os conflitos com usos múltiplos e de extinção da biodiversidade que já vinham sendo observados.

Os velhos e recorrentes problemas não foram resolvidos:

- A inexistência de descarregadores de fundo em todas as barragens do setor elétrico no rio São Francisco, com exceção de Sobradinho, como já discutido na Seção 2.1.4.1.
- O conflito entre níveis d’água e vazões, que obrigam a manutenção de vazões mínimas quando na realidade o problema é de níveis mínimos, impedindo que se estabeleçam regras de defluência otimizadas para os reservatórios, como ficou evidente no recente período de hidrologia desfavorável. De acordo com informações fornecidas pela ANA no âmbito do Inquérito Civil ICP 1.22.011.000094/2014-89 da Procuradoria da República no

Município de Sete Lagoas, a Agência não realizou estudos objetivando a implantação de soleira de enrocamento nas proximidades do canal de tomada d'água do Projeto Jaíba, e que a avaliação da necessidade de obras complementares na referida captação é de responsabilidade da CODEVASF. A CODEVASF, por sua vez, também não realizou estudos com esse objetivo, somente desassoreamento e aquisição e montagem de conjuntos de bombas flutuantes.

- Impactos ambientais e sociais com as “flutuações de curto prazo”, causadas pela operação das hidrelétricas com vistas ao atendimento dos picos horários, diários e semanais de demanda de energia, projetadas e operadas com essa finalidade.

O setor elétrico desenvolve e atualiza sistematicamente o inventário do potencial hidrelétrico das principais bacias hidrográficas do país, refletindo seus resultados no Plano Decenal de Expansão. A concepção hidrelétrica do aproveitamento dos recursos hídricos do rio São Francisco prevê hoje um total de oito aproveitamentos com características prioritariamente desenhadas para a geração de energia:

No Médio São Francisco:

- Formoso (300 MW, em fase de inventário)
- São Romão (250 MW, em fase de viabilidade)
- Januária (180 MW, em fase e viabilidade)
- Bananeiras (200 M, em fase de viabilidade)
- Paratinga (400MW, em fase de viabilidade)

No Submédio São Francisco:

- Riacho Seco (240 MW, em fase de viabilidade)
- Pedra Branca (320 MW, em fase de viabilidade)

No Baixo São Francisco:

- Pão de Açúcar (330 MW, em fase de inventário)

A Figura 3 mostra a localização dos empreendimentos hidrelétricos existentes e previstos na bacia do São Francisco, segundo a última revisão do SIPOT (2012).



**Figura 3 - Empreendimentos Hidrelétricos Existentes e Previstos da Bacia do Rio São Francisco – Por Estágio de Desenvolvimento**

FONTE: ELETROBRÁS, Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro - SIPOT, fevereiro de 2012. Extraído do mapa POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO - Usinas com potência igual ou acima de 30 MW - Superintendência de Geração - Departamento de Planejamento de Geração - Divisão de Estudos de Inventário e Hidrologia - Fevereiro 2012.



No entanto, esses aproveitamentos foram identificados sem um “Cenário de Referência” de usos múltiplos que refletisse os conflitos de recursos hídricos atuais e futuros na bacia do rio São Francisco, ou com as informações que se dispõe hoje sobre os impactos que a operação dos reservatórios tem trazido para os demais usos bem como para a biodiversidade e comunidades tradicionais que dependem do rio.

Embora o planejamento do setor elétrico tenha buscado maximizar a geração de energia hidrelétrica com uma alternativa de divisão da queda remanescente, não existe ainda um estudo abrangente da implantação de obras hidráulicas no rio São Francisco que contemple de maneira integrada a maximização dos benefícios dos usos múltiplos.

Visto isso, é necessário que os estudos de inventário hidrelétrico do potencial remanescente do rio São Francisco sejam revistos, determinando características de projeto das usinas em fase de inventário e de viabilidade que contemplem um novo “cenário de referência de usos múltiplos”, como descrito no Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas (CEPEL, 2007).

A necessidade da compatibilização entre os diversos planos setoriais é prevista na resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH 145 de 12/dezembro/2012, definindo de um “cenário de referência”. Ademais, como já foi visto no Relatório 1, na Seção 3.2.1 – Os Estudos de Inventário Hidrelétrico – a concepção dos aproveitamentos hidrelétricos deve, hoje, contemplar um “cenários de referência” de usos múltiplos estabelecido no Pano de Recursos Hídricos da bacia.

Essas obras devem ser concebidas de forma a maximizar os benefícios de usos múltiplo da água, não mais tendo a geração de energia como objetivo principal, mas secundário. O “Cenário de Referência de Usos Múltiplos” deve também incorporar as seguintes necessidades:

- Criar condições de navegabilidade em toda a Hidrovia do São Francisco. Tendo em vista a importância central deste tema, ele é discutido com mais detalhe na próxima Seção.

- Auxiliar na garantia de níveis d'água necessários para as captações para abastecimento de cidades e dos grandes projetos de irrigação existentes (como o Jaíba e o Formoso) principalmente em condições de anos secos ou extremamente secos.
- Promover o amortecimento das cheias e a atenuação do efeito das “flutuações de curto prazo” resultantes da operação das hidrelétricas para o atendimento dos períodos de ponta, com a utilização de vertedouros livres (sem controle).
- Permitir a passagem e migração de peixes em épocas de arribação e de piracema, com a utilização de escadas de peixe, bem como auxiliar no controle de inundação das lagoas marginais em períodos sazonais de cheia, tornando-as mais adequadas para a desova e berçário das espécies nativas.
- Prever a modernização da motorização das usinas com grande volume morto disponível, principalmente Três Marias e Sobradinho. Essa nova motorização deveria prever níveis operacionais mais baixos, o que permitiria ampliar a faixa de geração das turbinas e aproveitar de maneira mais eficiente o volume total do reservatório, com menor prejuízo para a geração de energia.
- Prever a instalação de descargas de fundo e eclusas em todas as barragens, que passariam a operar em regime “a fio d'água”, sem regularização de vazões localmente, mas se beneficiando dos grandes volumes de regularização da UHE Três Marias (no Médio) e de Sobradinho e Itaparica (no Submédio e no Baixo).
- Limitar a área inundada pelas novas barragens ao nível de inundação das lagoas marginais, em épocas de cheias.

### **3.2.2 Navegação**

Tanto pela prioridade dedicada à navegação pela Lei 9.433/97 como pela importância econômica regional que a Hidrovia do São Francisco representa, qualquer proposta de criação de barramentos ao longo do rio São Francisco que contemplem os usos múltiplos terá a navegação como um dos principais critérios para o seu dimensionamento. Essa proposta deverá também levar em consideração

a existência de grandes reservatórios de regularização já existentes no rio, principalmente os das UHEs de Três Marias e Sobradinho.



**Figura 4 – Hidrovia do São Francisco - Rio Grande em Barreiras, BA**

Os trechos do Médio e Submédio São Francisco, entre a UHE Três Marias e o reservatório da UHE Itaparica, são os que vem apresentando as maiores restrições de navegabilidade, tanto por condições de assoreamento como na imprevisibilidade das vazões, principalmente em períodos de seca. Com a garantia de navegabilidade se viabilizaria um corredor navegável com mais de 2.300 km, trazendo inúmeros benefícios econômicos para toda a bacia do São Francisco, que hoje se destaca pelo crescimento de sua agroindústria:

- No Rio São Francisco, de Pirapora a Petrolina/Juazeiro – 1.371 km;
- No Rio Paracatu – 108 km (aproximado);
- No Rio Grande, da foz a Barreiras – 360 km (aproximado);
- No Rio Corrente, da foz a Santa Maria da Vitória – 110 km (aproximado);
- Na Extensão do São Francisco, de Petrolina/Juazeiro a Itaparica – 405km.

No entanto, o desenvolvimento dessa hidrovia exigiria um arranjo de obras muito diferente do que vem sendo previsto pelo desenvolvimento hidroenergético do rio



São Francisco. As hidrovias em operação hoje na Europa e nos Estados Unidos se caracterizam por um número relativamente grande de barragens de baixa altura, contrastando com o aproveitamento de um rio com vistas exclusivamente ao desenvolvimento hidrelétrico, que procura maximizar a altura de poucas barragens.

Na Europa a hidrovia do rio Mosel, afluente do Reno, tem 270 km e um desnível de 90 m, onde foram construídas 14 barragens para usos múltiplos a uma distância média de aproximadamente 20 km entre elas. Cada uma conta com uma usina hidrelétrica, uma eclusa principal medindo 170 m x 12 m x 3,5 m, uma pequena eclusa e rampa líquida para embarcações de recreio e escada de peixes. Posteriormente a canalização prosseguiu para montante, em mais 70 km.

Nos Estados Unidos algumas hidrovias também contam com um grande número de barragens mais baixas e com eclusas e unidades geradoras, mas a geração de energia não é o uso prioritário, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2 – Alguns Dados sobre Sistemas de Navegação nos USA**

RIO	Comprimento (km)	Número de Barragens	Desnível Médio (m)	Desnível Máximo (m)	Desnível Mínimo (m)	Distância média entre as barragens (km)
<b>Alto Mississipi de Alton (MO) a Minneapolis (Minn)</b>	1.038	26	4,0	11,6	1,7	39,9
<b>Rio Ohio, de Cairo (Ill) a Pittsburgh (PA)</b>	1.578	29	4,6	11,3	2,1	54,9
<b>Rio Tennessee da foz a Knoxville (Tenn)</b>	1.043	10	16,5	21,9	2,9	104,3
<b>Canal Marítimo do São Lourenço</b>	306	4	11,2	14,6	1,2	20,3

Fonte: LINSLEY e FRANZINI, 1978

Esses importantes sistemas de navegação permitem que os custos associados à infraestrutura de transporte sejam baixos o suficiente para que a produção agrícola se mantenha competitiva nesses países.

Somente contemplando o critério de navegabilidade e os modelos apresentados acima, teríamos em princípio mais de 25 barragens na hidrovia do São Francisco, todas elas contando com escadas de peixe, turbinas hidrelétricas, eclusas e sistemas de controle de cheias.

No entanto, outras variáveis devem ser levadas em consideração para a definição de um conjunto de barragens de usos múltiplos no rio São Francisco, como aquelas que foram levantadas acima. Certamente a questão dos impactos ambientais é uma das mais importantes destas considerações e também deverá orientar o “cenário de referência de usos múltiplos”. Os necessários estudos de impactos ambientais deverão equilibrar a minimização dos impactos atuais trazidos com a operação das usinas, a mitigação do passivo ambiental já existente (como a perda da biodiversidade) e os impactos diretos sobre o rio que certamente ocorrerá na implantação dessa hidrovia e de um número maior de barragens.

## **4 DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS**

### **4.1 Estudo de Vazões Ambientais para o Médio São Francisco**

Tendo em vista a importância da restauração da sazonalidade natural do rio São Francisco, fica evidente a necessidade do desenvolvimento de estudos que estabeleçam os regimes de vazão ambiental para o Médio São Francisco nos mesmos moldes dos estudos desenvolvido para o Submédio e o Baixo.

Esses estudos são fundamentais para poder orientar o conjunto de Regras Operacionais a serem implantadas nesse trecho do rio São Francisco, bem como para poder quantificar o ressarcimento e a compensação por serviços ambientais como os aqui desenvolvidos para os trechos do Submédio e do Baixo São Francisco.

No entanto, tendo em vista que as condições hidrológicas e hidráulicas das bacias contribuintes no Médio têm características distintas daquelas do Submédio e do Baixo São Francisco, assim como usos e necessidades também diferentes, será necessário o desenvolvimento de um programa de pesquisa e específico para a região.

Tais estudos deverão ser articulados com a revisão das alternativas de localização e de tamanho das futuras obras hidráulicas com objetivos de usos múltiplos, o que deverá trazer uma complexidade adicional aos trabalhos. Outra complexidade adicional surge do fato de que o Médio São Francisco drena áreas de diferentes unidades federativas, inclusive do Distrito Federal, portanto com implicações institucionais, administrativas e políticas muito importantes.

É preciso ter em vista que não existe ainda um projeto que tenha se dedicado a este tema na região, e há sempre um preço a pagar em qualquer iniciativa inovadora.

## 4.2 Estudos da Evolução da Matriz Energética na Bacia do São Francisco

De acordo com os estudos energéticos desenvolvidos pela ANA para o Plano Decenal de Recursos Hídricos do Rio São Francisco em 2004 (ANA, 2004), o rio São Francisco ainda é a principal fonte de suprimento de energia do subsistema Nordeste do Sistema Interligado Nacional, e com isso a disponibilidade energética regional é altamente dependente da situação hidrológica da bacia e deverá continuar a sê-lo no horizonte visível.

Mesmo com a entrada de novas fontes de geração no nordeste, como as eólicas, por exemplo, tudo indica que a geração hidrelétrica do rio São Francisco continuará importante no futuro.

O potencial hidrelétrico ainda não explorado na bacia não traz acréscimos significativos em termos de energia média, e por esta razão os planos de expansão e operação do setor elétrico incluem a diversificação da matriz energética para atendimento deste subsistema. Prevê-se a ampliação da capacidade de geração de energia utilizando fontes térmicas (gás natural e combustíveis alternativos), a energia eólica e o aumento da capacidade de importação de energia de outros subsistemas do Sistema Interligado Nacional, com a construção de linhas de transmissão.

Mas com o crescimento da importância dos usos múltiplos na bacia, a tendência atual é que haja um aumento de restrições operacionais e a diminuição da disponibilidade de energia nas usinas localizadas na bacia do rio São Francisco. Com isso espera-se um custo crescente das alternativas energéticas convencionais e dos custos ambientais associados à criação de reservatórios e da operação de usinas hidrelétricas.

Como foi observado ao longo deste trabalho, a maior parte dos conflitos atuais e potenciais entre os usos múltiplos dos recursos hídricos do rio São Francisco envolvem a geração de energia. Este deve continuar a se caracterizar como um dos principais usos das águas do São Francisco, possivelmente mantendo ou até agravando os conflitos já existentes. Sendo assim, é importante desenvolver alternativas energéticas acessíveis, abundantes e com menor impacto ambiental no

âmbito da bacia hidrográfica, de forma a reduzir a pressão sobre este recurso, que se torna cada vez mais importante para outros usos, como o abastecimento das populações, a agricultura e a navegação regional.

Todos esses fatores, aliados à necessidade do aumento da eficiência energética no consumo, impõem também a necessidade de um novo enfoque para o planejamento energético. O contexto de planejamento em que essas alternativas podem ser implementadas efetivamente é chamado de “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos”, que consiste no desenvolvimento combinado da oferta de energia e do gerenciamento da demanda para proporcionar soluções com um custo global mínimo, incluindo os custos sociais e ambientais (JANUZZI e SWISHER, 1997).

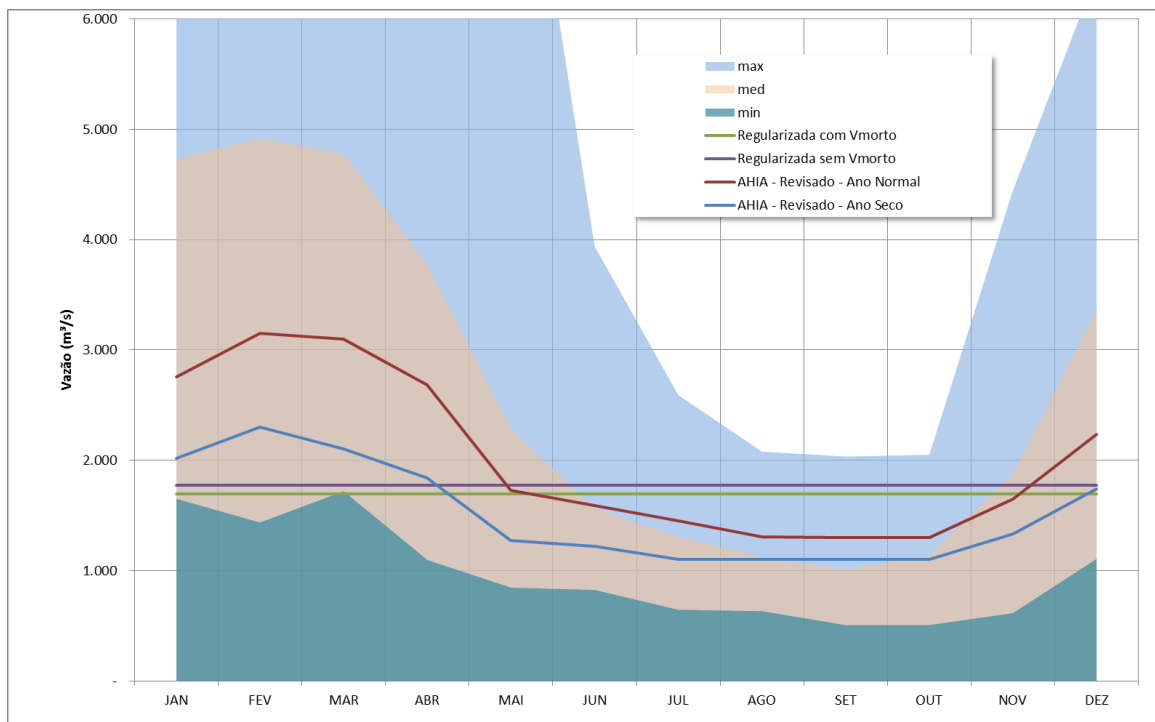
Este é um objetivo de longo prazo que vai exigir que o CBHSF se capacite adequadamente para se envolver com os meandros técnicos e institucionais do planejamento energético brasileiro, que não é para amadores.

## APÊNDICE 1 – Método de Simulação

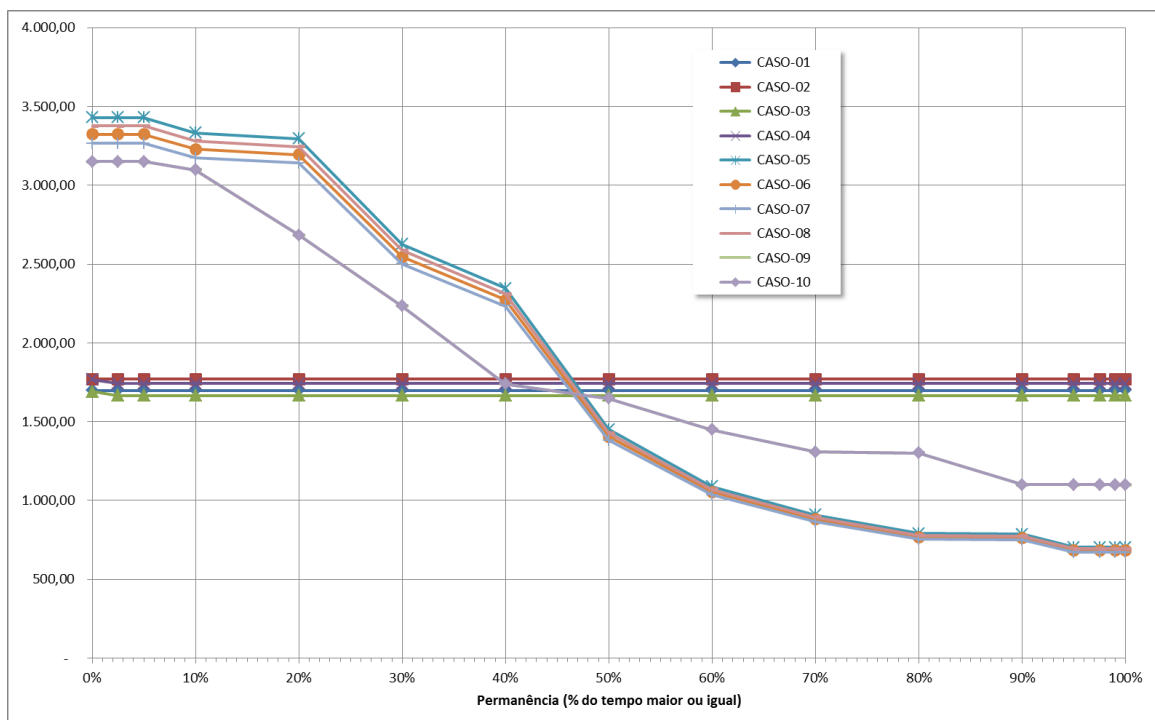
Para este trabalho foi desenvolvido um modelo de simulação cujo método se baseia no balanço hídrico dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Três Marias e Sobradinho. O método leva em consideração as seguintes variáveis:

- São utilizadas as vazões mensais afluentes provenientes das séries históricas naturalizadas, publicadas pelo ONS para o período de 1930 a 2012 (<http://www.ons.org.br/operacao/hidrologia.aspx>).
- As vazões defluentes são determinadas de acordo com a regra de simulação adotada, e podem ser maximizadas ou ajustadas a qualquer hidrograma que se queira simular.
- As características físicas operacionais dos reservatórios das usinas hidrelétricas (níveis máximos e mínimos, volumes totais, volume morto, potência instalada, produtividade específica e outros) são aquelas publicadas no site do ONS.
- São levadas em consideração as perdas por evaporação utilizando os vetores mensais de evaporação média nos reservatórios adotados nas características operacionais dos aproveitamentos hidrelétricos, já mencionadas acima.
- O método utiliza um algoritmo que aproxima a relação altitude-área-volume como troncos de pirâmide, a partir dos volumes e níveis fornecidos pelas características dos aproveitamentos hidrelétricos.
- Os valores da energia gerada são limitados à potência instalada de cada usina hidrelétrica.

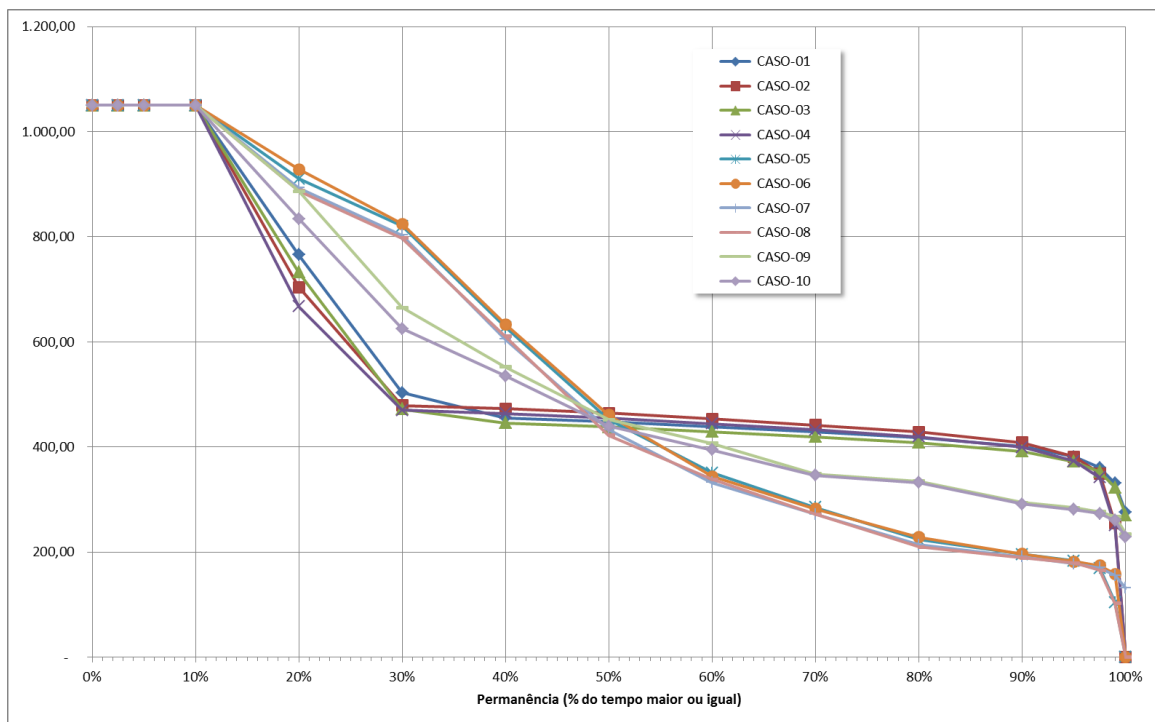
Os gráficos abaixo mostram os hidrogramas simulados das vazões defluentes e as curvas de permanência de algumas variáveis resultantes das simulações para a UHE Sobradinho. Os dez casos simulados analisam o impacto dos critérios de previsibilidade (sazonalidade), equanimidade (redução do nível mínimo operacional dos reservatórios) e da transposição do São Francisco conforme diferentes regimes de defluência. Os resultados são resumidos e comentados na Seção 2.2.



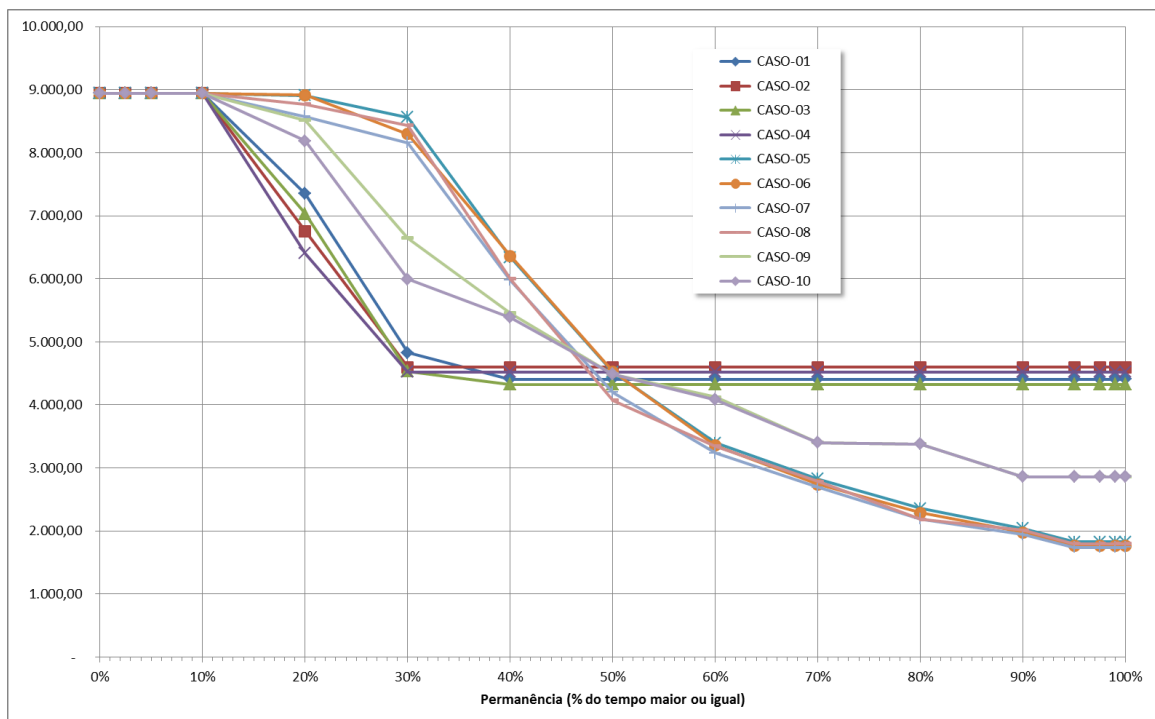
**Figura 5 – Hidrogramas Utilizados nas Simulações Comparados com as Estatísticas das Vazões Médias Mensais (m³/s)**



**Figura 6 – Curvas de Permanência da Vazão Defluente para Dez Casos Simulados (m³/s)**



**Figura 7 – Curvas de Permanência da Energia Média Gerada na UHE Sobradinho para Dez Casos Simulados (MW médios)**



**Figura 8 – Curvas de Permanência da Energia Gerada na Cascata de Aproveitamentos Hidrelétricos a Jusante da UHE Sobradinho para Dez Casos Simulados (MW médios)**



## BIBLIOGRAFIA

ANA – Agência Nacional de Águas; PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - PBHSF (2004-2013) Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 09 APROVEITAMENTO DO POTENCIAL HIDRÁULICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA Superintendência de Usos Múltiplos, Abril de 2004

CEPEL; “Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, edição 2007”; Ministério das Minas e Energia, CEPEL, Rio de Janeiro, 2007

Januzzi, G. M. e Swisher, J, “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos – Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis”, Campinas, SP, Autores Associados, 1997.

Linsley, R. K. e Franzini, J. B., Engenharia de Recursos Hídricos; trad. Luiz Americo Pastorino. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, Ed. Universidade de São Paulo, 1978.