



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GPL - 12  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO VII  
GRUPO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL**

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS RESTRIÇÕES DE USO MÚLTIPLO DA ÁGUA E AMBIENTAIS NA  
OPERAÇÃO ENERGÉTICA DO SIN**

<b>Francisco Arteiro*</b>	<b>Mario Daher</b>	<b>Marco Aurélio Vieira</b>	<b>Eduardo Nogueira</b>
<b>ONS/CEFET-RJ</b>	<b>ONS</b>	<b>ONS</b>	<b>CEFET-RJ</b>

**RESUMO**

Este artigo apresenta uma avaliação dos impactos decorrentes da consideração das restrições ambientais e de uso múltiplo da água na operação energética do Sistema Interligado Nacional - SIN. Para tal, foram utilizadas as metodologias e as ferramentas computacionais atualmente em uso pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, para a elaboração do Planejamento Energético de Curto Prazo – Programa Mensal de Operação – PMO.

**PALAVRAS-CHAVE**

Restrições Ambientais, Uso Múltiplo da Água, Otimização da Operação Energética, Sistema Interligado Nacional.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O Sistema Interligado Nacional – SIN apresenta características singulares quando comparado aos sistemas de outros países. A dimensão continental da rede elétrica e a grande volatilidade da oferta de energia, decorrente da natureza estocástica das vazões afluentes às usinas hidroelétricas, as quais são responsáveis por mais de 90% da energia produzida anualmente, conferem ao Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS o grande desafio de planejar e programar a operação desse Sistema de forma ótima, no sentido de minimizar os custos, garantindo a segurança e a confiabilidade da operação elétrica.

Nesse contexto, o SIN é atualmente operado pelo ONS de forma integrada com seus 4 subsistemas (Regiões Sul, Sudeste/C. Oeste, Norte e Nordeste), conectados por uma extensa malha de transmissão, que permite o aproveitamento dos ganhos sinérgicos proporcionados pela diversidade hidrológica entre as diversas bacias hidrográficas de cada subsistema e pela significativa economia de escala de grandes usinas com reservatórios de regularização localizadas, muitas vezes, longe dos centros de carga.

Desta forma, a rede de transmissão do SIN descreve um papel singular no suprimento de energia elétrica no Brasil, pois funciona como uma verdadeira usina, possibilitando a transposição virtual de bacias hidrográficas, garantindo o fluxo de energia entre as áreas geoeletricas e permitindo a conjugação da otimização energética com a segurança da operação elétrica. Deve-se salientar que essa característica, independente da oportunidade técnica, estratégica, econômica e necessária de novas fontes de geração, complementar ou distribuída ao longo da rede, deverá perdurar por várias décadas, pois as expectativas da escala de crescimento do mercado de energia elétrica, aliada à vocação natural à hidroeletricidade (vale lembrar que somente 24% do potencial hidroelétrico competitivo existente no país foram aproveitados) conferem ao Setor Elétrico Brasileiro o desafio de implementar, a cada ano, montantes consideráveis de oferta de geração e, conseqüentemente, novas linhas de transmissão, aumentando, sobremodo, a complexidade operacional do SIN.

\*Rua da Quitanda, 196 - CEP 20091-005 – Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
Tel.: (021) 22 03 98 32 - Fax: (021) 22 03 94 10 - e-mail: arteiro@ons.org.br

A otimização integrada dos recursos energéticos do SIN visa à minimização do custo total de operação, representado pelo custo presente mais o custo futuro, preservando-se os requisitos de segurança elétrica. Neste sentido, restrições operacionais, mesmo de caráter local, assumem importância sistêmica, uma vez que além da interligação elétrica entre as diversas fontes de produção, existe no sistema elétrico brasileiro uma forte interdependência espacial entre as usinas hidroelétricas localizadas num mesmo curso de rio ou bacia, ou seja, a produção em uma hidroelétrica depende também da quantidade de água liberada pelas usinas imediatamente a montante, assim como as vazões defluentes dessa usina afetarão a produção das usinas localizadas a jusante.

Sobre esse aspecto, faz-se necessário avaliar/considerar todas as restrições operativas nas usinas, sejam de caráter ambiental, de uso múltiplo da água ou de natureza elétrica, pois as mesmas poderão afetar os custos marginais de operação, alterando as políticas e diretrizes para a operação eletroenergética, que se consubstanciam nas metas de intercâmbio de energia entre subsistemas e no despacho de geração térmica para complementação energética.

Destaca-se que as questões ambientais vêm ganhando vulto, a cada ano, em termos mundiais, em vários segmentos da vida cotidiana. No Brasil, por exemplo, nenhum empreendimento de geração ou transmissão de energia elétrica pode entrar em operação sem que três licenças ambientais sejam obtidas junto aos Órgãos Ambientais responsáveis -Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

A continuidade da operação desses empreendimentos, inclusive, passa pelo permanente monitoramento dos condicionantes das licenças ambientais de operação (LO) e, no caso das usinas hidrelétricas, do efetivo monitoramento dos Órgãos Ambientais competentes.

Com o advento da Lei 9.433, de 1997, o princípio dos usos múltiplos foi instituído como uma das bases da Política Nacional de Recursos Hídricos e os diferentes setores usuários de recursos hídricos passaram a ter igualdade de direito de acesso à água. A única exceção, já estabelecida na própria Lei, é que em situações de escassez, a prioridade de uso da água é o abastecimento público e a dessedentação de animais. Todavia, os outros usos, tais como, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, abastecimento industrial e lazer, entre outros, não têm ordem de prioridade definida. Desde então, o crescimento da demanda por água para os mais variados usos fez crescer e tomar corpo o princípio dos usos múltiplos, ocasionando uma série de potenciais conflitos de interesses.

Esse contexto vem permeando, de forma protocolar, a concepção de novos aproveitamentos hidráulicos e térmicos. Os Estudos de Impactos Ambientais – EIA e os respectivos Relatórios de Impactos Ambientais – RIMA (compondo os chamados EIA/RIMA), se justificam para promover as análises/propostas de mitigação dos efeitos ambientais e de uso múltiplo da água. São instrumentos básicos para a obtenção das Licenças junto aos Órgãos Ambientais.

Não obstante a esses rituais imprescindíveis de planejamento, a crise energética de 2001, com o conseqüente uso acentuado dos reservatórios, trouxe a tona o acirramento da concorrência pelo uso da água, seja para uso consuntivo, seja para a viabilização de tráfego hidroviário e, até mesmo, para o lazer.

Coube ao ONS, nesse contexto, não se furtar a essa nova realidade e, desde então, considerar, no seu processo de planejamento e programação da operação eletroenergética do SIN, as restrições de natureza ambiental ou de uso múltiplo da água, sempre em consonância com as orientações provenientes das Agências Reguladoras e dos Agentes do Setor, na medida que estes são os principais conhecedores e afetados por essas restrições.

Assim sendo, o propósito deste artigo é apresentar um estudo de sensibilidade sobre a influência de algumas restrições ambientais e de uso múltiplo da água, selecionadas no conjunto das restrições atualmente contempladas no planejamento e na programação da operação do SIN.

A proposta do Trabalho consiste em conceituar as questões e apresentar uma avaliação de impactos ambientais na operação do SIN, tanto sob o ponto de vista energético quanto econômico, sem advogar, no entanto, oposições a essa realidade, que certamente será cada vez mais importante. Contudo, certamente, caberá a sociedade brasileira fazer sua opção pelo uso da água, porém, ciente de que a cada decisão de uso concorrencial da água estará associado um custo.

Os resultados estão apresentados com enfoque sobre as variações nos custos marginais de operação, com a conseqüente influência sobre o despacho de geração térmica para complementação energética, bem como nas políticas e diretrizes para a operação, expressas nas metas de intercâmbio de energia entre os subsistemas que compõem o SIN.

Deve-se observar que a escolha do período de execução do estudo, entre junho e dezembro de 2004, não tem uma influência determinativa no propósito de suas conclusões. Destaca-se que foi necessário estabelecer um

período temporal a fim de que se definissem premissas importantes, tais como; 1) armazenamentos iniciais dos reservatórios; 2) previsões de afluências; 3) cenários futuros de afluências; 4) previsões de carga; e demais parâmetros que permitissem uma quantificação dos resultados. Entretanto, ressalta-se que este tipo de estudo e suas conclusões tem caráter atemporal, evidenciando uma situação estrutural de suas conclusões.

## 2.0 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA A ELABORAÇÃO DO ESTUDO.

A análise da influência das restrições ambientais e de uso múltiplo da água na operação eletroenergética do SIN foi efetuada para o período de junho a dezembro/2004, utilizando-se o Modelo de Determinação da Coordenação da Operação a Curto Prazo – DECOMP, utilizado nos estudos de curto prazo – Programa Mensal de Operação – PMO do ONS. O DECOMP é um modelo de otimização a usinas individualizadas que permite, para um horizonte de estudos de até um ano, a representação individualizada de restrições hidráulicas, operativas, e elétricas, possibilitando a simulação dos requisitos ambientais e de uso múltiplo da água, bem como das restrições associadas aos equipamentos de geração e da malha de transmissão reatáveis na produção localizada das usinas geradoras.

Nesse Estudo foi utilizada a versão probabilística mensal do DECOMP, onde no primeiro mês do estudo consideram-se previsões de afluências determinísticas para cada um dos aproveitamentos. Para o segundo mês, as afluências foram representadas por cenários, elaborados a partir de um modelo de geração de cenários de afluências, o GVAZP. O acoplamento com a função de custo futuro do modelo NEWAVE, utilizado nos estudos de médio prazo – 5 anos à frente, foi efetuada no segundo mês de cada período de estudo, ou seja, o DECOMP foi executado de forma seqüencial, acoplado-se no mês seguinte os armazenamentos obtidos com o processo de otimização do mês anterior, até que todo horizonte de estudo fosse simulado. O acoplamento com a função de custo futuro foi efetuado com os cortes mensais, a partir da Função de Custo Futuro determinada para a composição do Programa Mensal de Operação de junho/2004.

## 3.0 - RESTRIÇÕES AMBIENTAIS E DE USO MÚLTIPLO CONSIDERADAS NO ESTUDO

### 3.1 Restrições de natureza estrutural

Em consequência da produção de energia no Sistema Interligado Nacional ser de predominância hidroelétrica, o Setor Elétrico Brasileiro – SEB é hoje, com certeza, um dos maiores usuários intensivos da água. Não obstante, cada Agente de Geração convive e considera, no dia a dia da operação de cada uma de suas usinas hidroelétricas, uma série de restrições ao uso do principal recurso natural disponível para produção de energia, sempre no sentido de atender, de forma legal, questões de natureza ambiental e/ou de uso múltiplo da água.

Essa é a razão pela qual as empresas de energia elétrica investiram, ao longo dos últimos anos, em equipes próprias, multidisciplinares, com capacidade e competência de internalizar, nas suas atividades e processos de planejamento e operação, a componente ambiental do uso da água.

Nesse contexto, o ONS, com sua visão sistêmica e com a responsabilidade pela operação otimizada do SIN, necessita coordenar, com todos os Agentes, o uso compartilhado/restrito da água em cada trecho de rio ou bacia, de forma a garantir o máximo aproveitamento hidroenergético sem, no entanto, comprometer o Meio Ambiente ou o uso compartilhado da água.

Esse desafio está consubstanciado em todo o processo de planejamento e programação da operação eletroenergética do SIN, através do Submódulo 9.9 dos Procedimentos de Rede do ONS, que trata, especificamente, da atualização sistemática de restrições operativas hidráulicas de reservatórios.

Essa atualização, embora coordenada e consolidada pelo ONS, emana, pontualmente, de cada Agente, que de fato é o principal conhecedor das restrições locais dos seus aproveitamentos hidroelétricos e quem, a rigor, está sujeito às punições legais por seus eventuais descumprimentos.

As restrições operativas hidráulicas estão consolidadas em relatório técnico intitulado “Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos – ONS – RE 3/331/2002” e referem-se, em geral, a vazões ou níveis máximos e mínimos em seções e trechos de rio, limitações de descargas máximas e mínimas em usinas, limites de armazenamento máximos e mínimos de reservatórios, taxas de deplecionamento e de enchimento de reservatórios e taxas máximas de defluências das usinas. Tais restrições podem ser necessárias, por exemplo, para viabilizar tráfegos de barcos em hidrovias ou travessias transversais de rios por balsas.

É importante comentar que, de acordo com o Submódulo 23.5 dos Procedimentos de Rede – Critérios de Estudos de Hidrologia Operacional, os valores atualizados das restrições, com as correspondentes justificativas técnicas e

em conjunto com as restrições até então adotadas, devem ser analisadas pelo ONS sob o aspecto de impactos locais e sistêmicos.

Além dessas restrições operativas pontuais, existem outras provenientes de Resoluções da Agência Nacional de Águas – ANA, que procuram estabelecer uma hierarquia no uso concorrencial da água; um exemplo típico é a Bacia do Rio Paraíba do Sul, onde além dos desvios de água entre bacias hidrográficas para aumento da produção de energia, existem exigências para manutenção do abastecimento de água potável para a cidade do Rio de Janeiro.

### 3.2 Restrições de natureza conjuntural

As restrições operativas hidráulicas de reservatórios também podem ser de natureza conjuntural, ou seja, dependentes da situação hidrológica do Sistema ou, até mesmo, de situações específicas locais ou em trechos de rio/bacia, como, por exemplo, o fenômeno da Piracema ou a proteção localizada da ictiofauna, podem sobrepor ou adicionar novas restrições operacionais às usinas hidroelétricas do SIN, limitando o uso da água para a produção de energia elétrica.

Situações de parada e/ou partida de máquinas hidráulicas também exigem atenção especial por parte dos Agentes e do ONS em termos de programação diária da operação (no dia “D-1”) ou da operação em tempo real (no dia “D”), na medida em que tais situações podem, eventualmente, resultar na morte de peixes.

## 4.0 - PREMISSAS DO ESTUDO

### 4.1 Níveis iniciais de armazenamento dos reservatórios

O período estudado, o qual compreendeu os meses de junho a dezembro/2004, foi simulado a usinas individualizadas com o Modelo DECOMP, considerando o armazenamento inicial dos reservatórios para as 00:00 h do dia 01/06/04.

### 4.2 Energia natural afluente aos subsistemas

Para a elaboração do estudo, foram efetuadas previsões individuais de afluências para cada usina utilizando-se o modelo PREVIVAZM.

Com base nessas previsões, foram feitas as agregações das afluências por subsistema para compor as Energias Naturais Afluentes - ENAs, expressas em percentual da Média de Longo Termo – MLT, conforme a Tabela 1, a seguir.

TABELA 1 – ENAs previstas para 2004

	% da MLT prevista para 2004						
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SE/CO	87	97	91	84	80	78	77
S	23	8	20	37	35	34	40
N	117	110	117	94	96	83	79
NE	104	103	104	91	82	72	70

### 4.3 Previsões de carga

As previsões de carga utilizadas no estudo foram aquelas previstas para o Planejamento Energético Quinquenal do ONS, período de 2004 a 2008, 1ª Revisão Quadrimestral.

### 4.4 Limites de intercâmbio entre subsistemas

Os limites de intercâmbio entre os subsistemas estão apresentados na Figura 1, ao final do Informe.

### 4.5 - Fator de disponibilidade das usinas hidráulicas e térmicas

O estudo não considerou um cronograma explícito de manutenção das unidades geradoras hidráulicas e térmicas, uma vez que existe considerável incerteza de tais informações quando o horizonte de tempo se estende. Dessa forma, foram considerados fatores médios de disponibilidade das usinas, aplicados sobre a potência instalada das mesmas, de 90% para as hidroelétricas e 85% para as termoelétricas.

## 5.0 - DESCRIÇÃO DOS CASOS ESTUDADOS

Com o objetivo de se efetuar uma análise de sensibilidade, relacionada à inserção de restrições de uso múltiplo da água no processo de otimização energética do SIN, foram estruturados três casos para análise: Caso de Referência, Caso 1 e Caso 2, descritos no Item a seguir. Estes casos têm como objetivo avaliar a evolução do Custo Marginal de Operação - CMO dos subsistemas que compõem o SIN, bem como os acréscimos de custo e de geração térmica decorrentes da inserção cumulativa de conjuntos de restrições ambientais e de uso múltiplo da água.

### 5.1 Caso de Referência

As restrições ambientais e de uso múltiplo da água, associadas a este Caso, são aquelas descritas no Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos, excetuando-se as seguintes restrições de uso múltiplo da água:

- 1) Conjunto de restrições de armazenamento mínimo necessário à operação da Hidrovia Tietê-Paraná, associadas aos reservatórios das UHEs Barra Bonita, Promissão e Três Irmãos. Vale destacar que as restrições geradas pela Hidrovia Tietê-Paraná, referentes à UHE Três Irmãos, também devem ser observadas para a UHE Ilha Solteira, uma vez que existe a interligação dos seus respectivos reservatórios a partir do Canal Pereira Barreto, fazendo com os rios Paraná e Tietê funcionem como verdadeiros vasos comunicantes;
- 2) Restrição associada ao transporte transversal de balsas no reservatório da UHE Mascarenhas de Moraes, para a conexão das cidades de São João Batista do Glória e Passos; e
- 3) Restrição associada à navegação transversal a jusante da UHE Porto Primavera.

É importante comentar que as demais restrições operativas hidráulicas contidas no Relatório de Inventário de Restrições, também são de natureza estrutural, ou seja, não podem ser desconsideradas nos casos estudados.

### 5.2 Caso 1

Este caso foi elaborado acrescentando-se ao Caso de Referência o conjunto de restrições estruturais anteriormente excluídos, bem como dois conjuntos de restrições conjunturais esses conjuntos de restrições estão apresentados a seguir :

#### Restrições estruturais

- 1) Restrições de armazenamento mínimo associado à operação da Hidrovia Tietê-Paraná.

Como já comentado, esse conjunto de restrições impõe um armazenamento mínimo dos reservatórios das UHEs Barra Bonita (47,8% do Volume Útil – cota 446, 50 m), Promissão (28,7% do Volume Útil – cota 381 m), Três Irmãos (37,6% do Volume Útil – cota 325 m) e Ilha Solteira (37,6% do Volume Útil – cota 325 m), visando permitir a navegação dos comboios nos rios Paraná e Tietê, bem como asclusagens nos reservatórios das usinas localizadas no rio Tietê.

- 2) Restrição associada à travessia de balsas no Rio Grande que conecta as cidades de São João Batista do Glorio e Passos.

Esta restrição limita o armazenamento mínimo na UHE Mascarenhas de Moraes a 75,3% do seu Volume Útil, que corresponde à cota de 663,50 m do reservatório.

- 3) Restrição associada à travessia de balsas a jusante do reservatório da UHE Porto Primavera.  
Esta restrição impõe uma defluência mínima de 5.500 m<sup>3</sup>/s na referida usina, no período de 05:00 h as 24:00 h que, no estudo, foi representado nos patamares de carga média e pesada.

#### Restrições conjunturais

- 1) Restrição associada à preservação da ictiofauna a jusante da UHE Porto Primavera.

Esta restrição impõe uma defluência mínima na usina de 5.000 m<sup>3</sup>/s, em todos os patamares de carga.

- 2) Restrição associada à preservação da ictiofauna a jusante da UHE Porto Jupia.

Esta restrição impõe uma defluência mínima na usina de 4.500 m<sup>3</sup>/s, em todos os patamares de carga.

### 5.3 Caso 2

Este caso de estudo foi estruturado adicionando-se ao Caso 1, restrições associadas à ocupação das bordas dos lagos de alguns reservatórios. Essas restrições restringem o deplecionamento desses reservatórios, impondo níveis mínimos de armazenamento aos mesmos.

Para se efetuar a análise de sensibilidade da influência de restrições dessa natureza à operação do SIN, foram escolhidos, arbitrariamente, os seguintes reservatórios, com os respectivos limites percentuais de armazenamento do volume útil original: Furnas (35%), Emborcação (35%), Nova Ponte (35%), São Simão (25%), Marimbondão (20%) e Água Vermelha (20%).

Vale lembrar que os volumes das restrições apresentados são teóricos, arbitrados apenas para elaboração de um caso de estudo, embora a questão seja de extrema relevância, haja vista as discussões, atualmente em pauta no Setor Elétrico, envolvendo os lagos das usinas de Furnas e Caconde.

## 6.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados dos casos estudados teve como base a evolução dos custos marginais de operação, ao longo do período de estudo, bem como os incrementos de geração térmica ao se adicionar, em cada caso de sensibilidade, os conjuntos de restrições do Item 5.0.

Todas as análises efetuadas terão como base de comparação o Caso de Referência.

### 6.1 Análise dos resultados

A Tabela 2, a seguir, apresenta os custos marginais de operação do Caso de Referência e do Caso 1. Observa-se que não houve despacho térmico adicional devido à inserção das restrições que compõe o Caso 1, quando comparado com o Caso de Referência, tanto na Região SE/CO, quanto na Região Sul. Na Região SE/CO os CMOs indicaram o despacho da usina térmica de Cuiabá (6,40 R\$/MWh) e das usinas nucleares de Angra 2 (9,23 R\$/MWh) e Angra 1 (10,50 R\$/MWh), no período de junho a dezembro. Na Região Sul não houve despacho térmico no período de junho a setembro, havendo o despacho da conversora de Garabi 1 (45,17 R\$/MWh) em outubro e nos meses de novembro e dezembro. Nesses meses, além de Garabi 1, foi despachada a usina térmica de Uruguiana (56,04 R\$/MWh). Na Região Nordeste não houve despacho térmico complementar em ambos os casos.

TABELA 2 - Comparação dos CMOs do Caso de Referência com o Caso 1

Meses	Custo Marginal de Operação (R\$/MWh)							
	Caso de Referência				Caso 1			
	SE/CO	S	N	NE	SE/CO	S	N	NE
Junho	18,32	20,53	0,00	6,10	18,36	20,62	0,00	6,10
Julho	23,38	28,25	23,38	7,62	24,09	28,27	24,09	7,62
Agosto	27,54	28,11	27,54	8,43	28,82	28,38	28,02	8,43
Setembro	35,63	35,69	50,77	11,85	36,50	36,63	49,50	11,88
Outubro	48,96	48,96	59,21	18,60	50,11	50,11	59,02	11,80
Novembro	58,39	58,39	58,39	23,28	59,44	59,44	59,43	23,47
Dezembro	61,44	62,31	13,81	22,12	61,51	61,96	14,33	22,11

Pode-se concluir, portanto, que o conjunto de restrições de uso múltiplo da água inerentes à Hidrovia Tietê-Paraná, às travessias transversais de balsas nas UHEs Mascarenhas de Moraes e Porto Primavera e outras referentes à proteção da ictiofauna, representadas nesse caso de estudo, não trouxeram impactos significativos na otimização da operação do SIN, para os cenários hidrológicos considerados nesse estudo. Esse fato confirma a importância da sinergia existente no Sistema Interligado, obtida graças à operação coordenada dos diversos aproveitamentos hidráulicos e térmicos, permitindo, assim, compensar, de forma sistêmica, restrições operativas hidráulicas localizadas.

Não obstante, em cenários hidrológicos mais desfavoráveis que os estudados, essas restrições deverão provocar aumento nos custos marginais de operação, com conseqüente uso de recursos de geração de custo mais elevado.

### 6.2 Análise comparativa entre os resultados do Caso de Referência e do Caso 2

O Caso 2 apresenta-se significativamente mais restritivo que o Caso 1, devido à inserção das restrições associadas ao uso das bordas dos lagos. A Tabela 3, a seguir apresenta o quadro comparativo dos custos marginais de operação desses casos.

TABELA 3 - Comparação dos CMOs dos Casos de Referência e Caso 2

Meses	Custo Marginal de Operação (R\$/MWh)							
	Caso de Referência				Caso 2			
	SE/CO	S	N	NE	SE/CO	S	N	NE
Junho	18,32	20,53	0,00	6,10	18,41	20,53	0,00	6,10
Julho	23,38	28,25	23,38	7,62	24,07	28,28	24,07	7,62
Agosto	27,54	28,11	27,54	8,43	28,31	28,70	28,44	8,42
Setembro	35,63	35,69	50,77	11,85	41,76	41,76	47,30	11,88
Outubro	48,96	48,96	59,21	18,60	215,34	217,52	84,41	22,62
Novembro	38,39	58,39	58,39	23,28	101,28	101,28	101,28	25,76
Dezembro	61,44	62,31	13,81	22,12	65,41	77,62	47,56	22,77

Observa-se um significativo aumento dos custos marginais do caso 2 quando comparado com o caso de referência, a partir do mês de setembro nas Regiões SE/CO e Sul e, a partir do mês de outubro, em todos os subsistemas que compõe o SIN. Estes resultados caracterizam, de forma inequívoca, o aumento nos custos marginais de operação quando consideradas as restrições de uso das bordas dos reservatórios.

Este fato assume relevância, uma vez que terá influência no PLD – Preço de Liquidação das Diferenças – da CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), afetando o custo para os Agentes expostos ao mercado de curto prazo.

Além disso, produz um custo direto para o SIN, uma vez que conduziu ao despacho térmico adicional nas Regiões SE/CO e Sul, conforme apresentado na tabela seguinte :

A Tabela 4, a seguir, apresenta o despacho térmico adicional do Caso 2 para as Regiões SE/CO e Sul.

TABELA 4 – Despacho Térmico Incremental do Caso 2 em relação ao Caso de Referência

MÊS	SE/CO			SUL			
	Usinas	Custo (R\$/MWh)	Geração (MWmed)	Usinas	Custo (R\$/MWh)	Geração (R\$/MWh)	
Out	IBIRITERMO	77,46	199,75	GARABI-2A	49,51	340	
	J. FORA	96,40	73,95	GARABI-2B	49,51	170	
	MERCHANT	97,15	784,55	URUGUAIANA	56,04	510	
	ELETROBOLT	100,40	319,6	P. MEDICI A	80,21	107,1	
	T. LAGOAS	110,48	210,8	P. MEDICI B	80,21	277,1	
	N. FLUMIN	111,00	476	CANOAS	110,48	136	
	W. ARJONA G	185,64	102	J. LACERDA C	110,72	308,55	
	R. SILVEIRA	206,87	27,2	J. LACERDA B	147,35	222,7	
	<b>TOTAL</b>		<b>2.194</b>	J.LACERDA A2	153,37	112,2	
nov	IBIRITERMO	77,46	199,75	CHARQUEADA	173,46	61,2	
	J. FORA	96,40	73,95	J.LACERDA A1	188,10	85	
	MERCHANT	97,15	784,55	FIGUEIRA	193,47	17	
	ELETROBOLT	100,40	319,6	S. JERÔNIMO	195,00	14,45	
		<b>TOTAL</b>		<b>1.378</b>	<b>TOTAL</b>		<b>2.361</b>
					P. MEDICI A	80,21	107,1
				P. MEDICI B	80,21	277,1	
				<b>TOTAL</b>		<b>384</b>	

Deve-se destacar que os efeitos dessas restrições são, de certa forma, conservadores, uma vez que, foram consideradas somente no modelo de otimização de curto prazo, DECOMP não sendo incorporadas no modelo de otimização de médio prazo NEWAVE. Dessa maneira, pode-se dizer que devido ao fato da Função de Custo Futuro gerada pelo NEWAVE não contemplar tais restrições, é razoável admitir que exista uma atenuação do impacto por elas causadas na otimização da operação do SIN, uma vez que a não sinalização futura dessas restrições reduz a possibilidade de antecipação de políticas operativas por parte do modelo DECOMP, de curto prazo.

## 7.0 - CONCLUSÕES

i. Em Função das características predominantemente hidráulicas do Parque Gerador do Sistema Interligado Nacional – SIN, a introdução de restrições ambientais e/ou de uso múltiplo da água podem conduzir a um aumento dos Custos Marginais de Operação, principalmente em período hidrológicos desfavoráveis;

ii. A inserção de restrições de uso múltiplo da água e/ou ambientais, mesmo de caráter local a um subsistema, podem produzir impactos em toda a operação do SIN, em função da interligação energética entre os subsistemas, proporcionado pela malha de transmissão;

iii. A introdução de restrições ambientais e/ou de uso múltiplo da água devem ser precedidas de estudos de avaliação de custos, para o setor elétrico, uma vez que custos incrementais serão repassados às tarifas e, conseqüentemente, ao consumidor final. Desta forma, poderá haver um subsídio pela sociedade para o atendimento de restrições, muitas vezes de caráter local;

iv. A questão da definição de volumes mínimos de reservatórios, visando à ocupação das bordas dos lagos das usinas para usos múltiplos da água, é extremamente preocupante. Seus reflexos têm caráter sistêmico, pois como demonstrados, há um aumento dos custos marginais de operação e, conseqüentemente, no despacho de geração térmica complementar, onerando o consumidor;

v. Além disso, a implementação dessas restrições, dependendo de sua magnitude, poderá provocar uma significativa redução na capacidade de armazenamento dos reservatórios das usinas do SIN, o que se traduz em um aumento no risco futuro de não atendimento a carga;

vi. Questões ambientais e/ou de uso múltiplo da água tem impacto sistêmico, devendo seu tratamento incorrer num ambiente institucional onde se possa fazer um *trade off* com custos incrementais;

vii. A inserção de restrições ambientais e/ou de uso múltiplo da água, principalmente aquelas relacionadas a armazenamentos mínimos dos reservatórios para uso das bordas dos lagos, têm impacto significativo nos requisitos mínimos de armazenamento, podendo conduzir à necessidade de se definir novos valores para as Curvas de Aversão ao Risco, com conseqüente elevação dos custos de operação.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) DA SILVA, EDUARDO NOGUEIRA, "Análise dos Impactos das Restrições de Uso Múltiplo da Água e Ambientais na Otimização Energética do SIN"

Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Elétrica apresentado ao CEFET-RJ em jan/2004, tendo como Orientador o Eng. Francisco Arteiro e Coorientadores os Engs. Mario Daher e Marco A. Vieira.

(2) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Procedimentos de Rede.

(3) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidroelétricos.

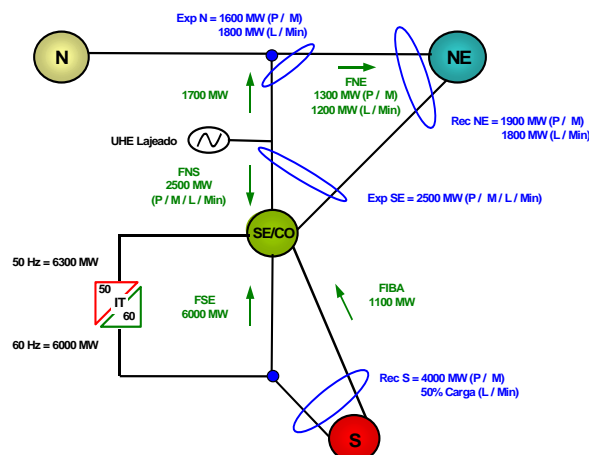


FIGURA 1 – Limites de intercâmbios entre subsistemas