



**GRUPO VII**

**GRUPO DE ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO (GPL)**

**USINAS COM GRANDES RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO  
UMA PROPOSTA ALTERNATIVA PARA MELHORAR A SUA ATRATIVIDADE**

Oswaldo Costa Ramos

**CEMIG**

**RESUMO:**

O presente trabalho apresenta uma nova alternativa de tratamento de usinas com grandes reservatórios de regularização, baseada na repartição dos custos e benefícios associados à sua implantação.

Cada agente beneficiado pela nova usina participa nos custos de sua implantação, proporcionalmente aos benefícios auferidos.

A proposta se aplica a qualquer nova usina com reservatório de regularização plurianual, proporcionando transparência e clareza ao processo de repartição de custos e benefícios.

**PALAVRAS CHAVES:**

- Regularização plurianual – Benefícios de jusante – Grandes reservatórios – Usinas de cabeceira.

**1.0 – INTRODUÇÃO:**

No Sistema Elétrico Brasileiro, com maioria esmagadora de fontes de geração hidrelétrica, o papel desempenhado pelas usinas com grandes reservatórios de regularização assume importância vital.

Até um passado recente, todas as usinas hidrelétricas recebiam o mesmo tipo de tratamento dentro do Sistema Elétrico, independente do fato de possuir, ou não, um reservatório com capacidade de regularização plurianual.

Prevalcia a máxima de que o que era bom para o Sistema era bom para todos os participantes, e se não fosse, o “condomínio” se encarregaria de encontrar algum artifício para compensar o pretenso prejudicado.

No caso das usinas com grandes reservatórios, o proprietário cobria todos os custos de instalação e ficava apenas com os benefícios locais, enquanto que os benefícios proporcionados pelo seu reservatório ficavam com os proprietários das usinas de jusante.

O problema é que as usinas são dimensionadas tendo em vista o ótimo para o sistema como um todo, e isso prejudica a capacidade de geração local das usinas com grandes volumes de regularização, geralmente localizadas nas cabeceiras dos rios, devido ao grande deplecionamento dos seus reservatórios e conseqüente perda de queda.

Com o advento da concorrência na geração, resultante da implantação do Novo Modelo do Setor Elétrico, os benefícios proporcionados pelos reservatórios de regularização começaram a ser encarados de uma maneira totalmente nova.

Hoje pode ser perigoso construir uma usina com reservatório de regularização, porque o beneficiado de jusante poderá ser um concorrente desleal, pois disporá de um montante adicional de energia, sem precisar fazer nenhum investimento.

A proposta básica desse trabalho é repartir os custos e benefícios, de uma nova usina com reservatório de regularização, entre todos os agentes envolvidos, de uma maneira clara e transparente, e que possa ser utilizada para qualquer nova usina.

Os benefícios energéticos totais da nova usina são separados em duas parcelas:

1. benefícios locais (energia garantida local);
2. benefícios nas usinas de jusante (aumento da energia garantida das usinas de jusante).

Os custos de implantação da nova usina também são repartidos em duas parcelas:

1. Reservatório: custos de implantação do reservatório (desvio do rio, ações ambientais, relocações, barragem, desapropriações, vertedouro, etc.)
2. Motorização: custos de implantação da parte que só interessa ao dono da usina (casa de força, sistema de adução, subestação elevadora, sistema de transmissão associado, vila de operadores, etc.).

Os custos de investimento na Motorização, seriam todos assumidos pelo proprietário da usina a ser construída.

Já os investimentos no Reservatório seriam rateados para todos os beneficiados, proporcionalmente ao benefício energético auferido.

Os custos indiretos e com canteiro de obras seriam rateados proporcionalmente à participação no investimento total.

Desse modo todos pagariam o justo pelos benefícios proporcionados pela entrada da nova usina.

O custo da energia local da nova usina cai bastante, com o rateio do custo de implantação do reservatório, e o custo dos benefícios energéticos de jusante se situa num patamar extremamente atraente.

O trabalho apresenta como estudo de caso: as UHE's de Bocaina e Irapé, e mostra com detalhes como são feitos os rateios dos benefícios e custos envolvidos, tanto em usinas já existentes quanto em usinas previstas.

## 2.0 – REPARTIÇÃO DOS BENEFÍCIOS E CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DA USINA.

### 2.1 – Benefícios energéticos:

Entende-se como benefício total de uma usina, a ser integrada ao sistema de geração, como o “aumento da energia garantida da cascata onde ela se localiza”.

Esse benefício é composto por duas parcelas a saber:

$$BT_i = BL_i + \sum_{j=1}^n BJ_j$$

onde:

- $BT_i$  = benefício energético total da usina  $i$ ,
- $BL_i$  = energia garantida local da usina  $i$ ,
- $BJ_j$  = aumento da energia garantida da usina  $j$ , proporcionado pela usina  $i$ ,
- $n$  = número de usinas da cascata, a jusante da usina  $i$ .

### 2.2 – Alocação dos custos:

O custo total de implantação da usina  $i$ , é composto de duas parcelas a saber:

$$CT_i = CR_{Ti} \times CM_i$$

onde:

- $CT_i$  = custo total de implantação da usina  $i$ ;
- $CR_{Ti}$  = custo associado à implantação do reservatório da usina  $i$ ;
- $CM_i$  = custo associado à motorização da usina  $i$ .

A parcela  $CM_i$  (custo de motorização) é de responsabilidade única e exclusiva do proprietário da usina  $i$ .

Já a parcela  $CR_{Ti}$  (custo de implantação do reservatório) é de responsabilidade tanto do proprietário da usina  $i$ , quanto dos proprietários das usinas beneficiadas de jusante.

O rateio dessa parcela entre os beneficiados é feito segundo as fórmulas a seguir:

$$CR_{Li} = CR_{Ti} \times \frac{BL_i}{BT_i}$$

$$CR_j = CR_{Ti} \times \frac{BJ_j}{BT_i}$$

onde:

- $CR_{Li}$  = parcela do custo de implantação do reservatório a ser paga pela própria usina  $i$ , em construção;
- $CR_{Ti}$  = custo total de implantação do reservatório da usina  $i$ ;
- $CR_j$  = parcela do custo de implantação do reservatório  $i$ , de responsabilidade da usina de jusante  $j$ ;
- $BT_i$  = benefício energético total da usina  $i$ ;
- $BL_i$  = benefício energético local da usina  $i$ ;
- $BJ_j$  = benefício energético proporcionado pela usina  $i$ , na usina de jusante  $j$ .

### 2.3 – Alocação dos benefícios energéticos:

A Energia Garantida local ( $BL_i$ ) é toda do proprietário da usina  $i$ .

Os benefícios energéticos de jusante ( $BJ_j$ ) devem ser divididos em duas classes: a primeira contempla o benefício de regularização nas usinas já existentes e a segunda, o benefício nas usinas futuras, que ainda não possuem concessão outorgada, isto é, não possuem dono.

Os benefícios energéticos nas usinas existentes de jusante ( $BJ_j$ ) e os custos correspondentes podem ter vários responsáveis em potencial, tais como:

- 1ª hipótese: o proprietário da usina beneficiada  $j$ ;
- 2ª hipótese: qualquer comercializador interessado;
- 3ª hipótese: o poder concedente.

Na 1ª hipótese: o proprietário da usina de jusante beneficiada  $j$ , paga a parcela que lhe cabe na implantação do reservatório de montante  $i$ , e fica com o benefício ( $BJ_j$ ). Esta é a solução ideal, pois como se trata de uma parcela de energia com custo bastante atraente, nada mais justo que quem fez o investimento na usina beneficiada tenha prioridade na compra.

N 2ª hipótese: o proprietário da usina de jusante  $j$  não se interessa e um agente comercializador qualquer para a parcela do reservatório que lhe cabia, e se torna proprietário do benefício correspondente ( $BJ_j$ ). Nesse caso não mudam as regras de comercialização e de contabilização dos intercâmbios de otimização da usina com o sistema.

N 3ª hipótese: o poder concedente, através de um representante legal, paga a parcela do custo de implantação do reservatório que cabia à usina de jusante  $j$ , e se torna proprietário do benefício energético correspondente ( $BJ_j$ ). Essa hipótese pode acontecer quando não houver interesse de nenhum comercializador, nessa parcela de energia, e a usina  $i$  for considerada de grande interesse do ponto de vista do sistema. Quando a usina  $i$  já estiver em operação e, conseqüentemente, não existirem mais riscos associados à sua implantação, o poder concedente venderá, com ágio, o benefício ( $BJ_j$ ). Nesse caso não mudam as regras de operação do sistema, mas mudam as regras de comercialização e contabilização dos intercâmbios de otimização com o sistema.

São as seguintes as mudanças que devem ocorrer nas regras de comercialização:

. A Energia Garantida da usina  $j$  passa a ser composta por duas parcelas:

- Energia Local ( $BL_j$ ) = energia garantida da usina  $j$ , calculada sem o reservatório de montante  $i$ ;
- Benefício de Jusante ( $BJ_j$ ) = diferença de energia garantida da usina  $j$ , considerando ou não o reservatório de montante  $i$ ;
- . O proprietário da usina  $j$  pode comercializar a parcela  $BL_j$ .
- . O proprietário do benefício de jusante pode comercializar a parcela  $BJ_j$ .

Quando a usina de jusante  $j$  passa a ter duas parcelas de Energia Garantida ( $BL_j$  e  $BJ_j$ ) o processo de contabilização da energia de otimização deve mudar.

Os intercâmbios com o sistema (energia de otimização) devem ser rateados proporcionalmente às parcelas  $BL_j$  e  $BJ_j$ , segundo as fórmulas a seguir:

$$EO_{BLj} = EO_{Tj} \times \frac{BL_j}{BL_j + BJ_j}$$

$$EO_{BJj} = EO_{Tj} \times \frac{BJ_j}{BL_j + BJ_j}$$

onde:

- $EO_{Tj}$  = intercâmbio de otimização total (recebimento ou fornecimento);
- $EO_{BLj}$  = parcela do intercâmbio de otimização de responsabilidade do proprietário da usina  $j$ ;
- $EO_{BJj}$  = parcela do intercâmbio de otimização de responsabilidade do proprietário do benefício de jusante ( $BJ_j$ ).

Quando existe alguma usina prevista na configuração final do rio onde está sendo implantada uma usina de reservatório, o benefício energético de jusante é de alto risco. Em outras palavras torna-se difícil vender uma parcela de energia que não se sabe se realmente existirá, já que a usina prevista de jusante pode não ser construída.

Entretanto, se a usina  $i$  é de grande interesse para o sistema, o poder concedente para a parcela do custo de implantação do reservatório que caberia à usina de jusante  $j$ , prevista na configuração final da cascata, e se torna proprietário do benefício correspondente ( $BJ_j$ ).

Quando da licitação da usina  $j$ , deverá constar no edital duas parcelas de energia garantida:

- a energia local ( $BL_j$ );
- o benefício associado aos reservatórios de montante ( $BJ_j$ ).

O vencedor da licitação terá o direito de optar pelo ressarcimento ou não da parcela paga pelo poder

concedente, quando da implantação dos reservatórios de montante, adquirindo ou não a propriedade dos benefícios correspondentes. Caso não se interesse, essa parcela de energia pode ser vendida a qualquer comercializador interessado.

#### 2.4 – Vantagens da proposta:

As principais vantagens da presente proposta são:

- os custos de benefícios do reservatório são rateados de maneira clara e transparente entre todos os envolvidos, evitando que surjam beneficiados e prejudicados;
- não requer mudanças nas regras operativas das usinas;
- evita que a nova usina possua uma energia garantida maior que a sua capacidade instalada, no caso dos benefícios de regularização serem alocados na usina que os provoca.

#### 3.0– ESTUDO DE CASO:

Foram estudadas duas usinas hidrelétricas com grandes reservatórios de regularização: Bocaina e Irapé.

A UHE Bocaina está prevista para ser construída no rio Paranaíba, na região do Triângulo Mineiro, logo a montante da UHE Emborcação. Existem oito usinas em operação a jusante e mais duas previstas.

A UHE Irapé está prevista para ser construída no rio Jequitinhonha e deverá ser a primeira usina do rio. A jusante estão previstas sete novas usinas.

As duas cascatas estão mostradas na FIGURA 1.



FIGURA 1

Os principais dados característicos das duas usinas estão mostrados na TABELA 1.

TABELA 1 – DADOS CARACTERÍSTICOS

USINAS		BOCAINA	IRAPÉ
VOLUMES (hm3)	ÚTIL	6.824	3.696
	MORTO	2.186	2.268
	TOTAL	9.010	5.964
ÁREA INUNDADA (km2)	MÍNIMA	150	60
	MÁXIMA	439	137
QUEDAS BRUTAS (m)	MÍNIMA	50	141
	MÁXIMA	75	180
DEPLEÇÃO (m)	MÁXIMA	25	39
POTÊNCIA INSTALADA (MW)	UNITÁRIA	75	120
	TOTAL	150	360
USINAS DE JUSANTE	EXISTENTES	8	0
	FUTURAS	2	7
	TOTAL	10	7

Ambas as usinas possuem grandes reservatórios de regularização plurianual.

Nesse estudo foram utilizados orçamentos já apresentados à ANEEL, e cujos resumos estão mostrados na TABELA 2. Os custos da UHE Bocaina estão referidos a agosto/95 e os da UHE Irapé a dezembro/95.

TABELA 2 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (Valores em milhares de R\$).

USINAS	BOCAINA Ago/95	%	IRAPÉ Dez/95	%
CUSTOS DO RESERVATÓRIO	206.730	67	242.359	61
CUSTOS DA MOTORIZAÇÃO	102.866	33	152.292	39
CUSTOS TOTAIS	309.596	100	394.651	100

Nota-se, através do exame dos dados contidos na TABELA 2, que o custo de implantação do reservatório é bem maior do que o custo da motorização.

Nas TABELAS 3 e 4 estão mostrados as energias garantidas de Irapé e de Bocaina, assim como das usinas localizadas a jusante delas. Essas energias garantidas foram calculadas utilizando-se o Modelo de Simulação a Reservatório Equivalente MODDHT, da Eletrobrás.

A configuração adotada foi aquela constante do Plano Quinquenal de Geração 1998/2012, acrescida das usinas

previstas para a cascata dos rios Paranaíba e Jequitinhonha e não contempladas nesse plano.

TABELA 3 – BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS DE IRAPÉ.

USINAS	ENERGIAS GARANTIDAS			BENEFÍCIOS %
	Com IRAPÉ	Sem IRAPÉ		
IRAPÉ	209,6	-	209,6	72,9
MURTA	54,5	45,4	9,1	3,2
JENIPAPO	67,9	59,6	8,3	2,9
JEQUITINHONHA	91,4	81,9	9,5	3,3
ALMENARA	63,9	56,5	7,4	2,6
LUA CHEIA	83,0	73,9	9,2	3,2
SALTO DIVISA	102,5	91,7	10,8	3,8
ITAPEBI	221,2	197,5	23,7	8,2
<b>TOTAIS</b>	<b>893,9</b>	<b>606,3</b>	<b>287,6</b>	<b>100</b>

TABELA 4 – BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS DE BOCAINA.

USINAS	ENERGIAS GARANTIDAS			BENEFÍCIOS %
	Com BOCAINA	Sem BOCAINA		
BOCAINA	104,8	-	104,8	46,6
DAVINÓPOLIS	22,0	18,1	4,0	1,8
EMBORCAÇÃO	588,7	560,4	28,3	12,6
ITUMBIARA	1.021,4	1.005,3	16,1	7,1
C.DOURADA	428,9	422,6	6,3	2,8
SÃO SIMÃO	1.322,4	1.297,5	24,9	11,1
ILHA SOLTEIRA	1.937,6	1.928,6	9,0	4,0
JUPIÁ	933,4	927,6	5,8	2,6
P.PRIMAVERA	968,3	963,9	4,4	2,0
ILHA GRANDE	1.099,1	1.093,7	5,4	2,4
ITAIPÚ	7.746,0	7.729,6	16,4	7,3
<b>TOTAIS</b>	<b>16.172</b>	<b>15.947</b>	<b>225,2</b>	<b>100</b>

Pela análise dessas tabelas fica claro que a capacidade de regularização de Bocaina é muito superior à de Irapé pois, enquanto o benefício local de Irapé é da ordem de 73% do benefício total, no caso de Bocaina esse percentual cai para 47%.

Apesar disso, os benefícios a jusante de Irapé e Bocaina são uma prova bastante forte de que as usinas, com grandes reservatórios de regularização, são extremamente importantes para o Sistema Interligado, e sua implantação deve ser incentivada.

De posse dos valores de investimento e dos benefícios energéticos, foram calculados os custos (R\$/MWh) para cada uma das parcelas de energia que as duas usinas agregam ao sistema.

No cálculo desses custos foram consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de desconto de 12,1 % a.a.;

- Vida útil de 29 anos (35 anos de concessão e 6 anos de construção);
- O&M estimado segundo fórmula utilizada pelo GCPS;
- Royalties de aproximadamente 1 US\$/MWh;
- Impostos e taxas no valor de 35%:
  - Imposto de Renda : 25 %,
  - Contribuição Social : 8 %,
  - COFINS : 2 %,
  - PASEP : 0,65 %,
  - Taxa de Fiscalização : 0,50 %.

As TABELAS 5 e 6 apresentam um resumo dos resultados obtidos no estudo de caso e mostram:

- Valores de investimento (em milhares de R\$);
- Benefícios energéticos (locais e a jusante);
- Custo de cada parcela de energia agregada ao sistema.

TABELA 5 – CUSTOS DOS BENEFÍCIOS DE IRAPÉ.

USINAS	INVESTIMENTOS (mil R\$)	BENEFÍCIOS (MW-médios)	CUSTO DA ENERGIA (R\$/MWh)
IRAPÉ (sem rateio)	394.651	209,6	39,3
IRAPÉ	328.940	209,6	33,2
MURTA	7.635	9,1	17,6
JENIPAPO	7.011	8,3	17,6
JEQUITINHONHA	8.031	9,5	17,6
ALMENARA	6.261	7,4	17,6
LUA CHEIA	7.736	9,2	17,6
SALTO DA DIVISA	9.109	10,8	17,6
ITAPEBI	19.929	23,7	17,6
<b>TOTAIS</b>	<b>394.651</b>	<b>287,6</b>	<b>29,0</b>

TABELA 6 – CUSTOS DOS BENEFÍCIOS DE BOCAINA.

USINAS	INVESTIMENTOS (mil R\$)	BENEFÍCIOS (MW-médios)	CUSTO DA ENERGIA (R\$/MWh)
BOCAINA (sem rateio)	309.596	104,8	59,9
BOCAINA	199.116	104,8	39,5
DAVINÓPOLIS	3.626	4,0	19,0
EMBORCAÇÃO	25.954	28,3	19,0
ITUMBIARA	14.744	16,1	19,0
CACH. DOURADA	5.747	6,3	19,0
SÃO SIMÃO	22.878	24,9	19,0
ILHA SOLTEIRA	8.235	9,0	19,0
JUPIÁ	5.288	5,8	19,0
PORTO PRIMAVERA	4.058	4,4	19,0
ILHA GRANDE	4.930	5,4	19,0
ITAIPÚ	15.020	16,4	19,0
<b>TOTAIS</b>	<b>309.596</b>	<b>225,2</b>	<b>28,6</b>

Pela análise dos números da TABELA 5, constata-se que o rateio do custo do reservatório resulta num decréscimo de 15,5% no custo da energia local de Irapé, que passa de 39,3 R\$/MWh para 32,2 R\$/MWh. Enquanto isso, o benefício de jusante custa 17,6 R\$/MWh, o que representa pouco mais da metade do custo da energia local.

O custo global da energia de Irapé é de 29,0 R\$/MWh, o que atesta a sua atratividade do ponto de vista do Sistema Interligado.

Para a UHE Bocaina, os resultados mostrados na TABELA 6, indicam que o rateio do custo de implantação do reservatório, reduz em 34% o custo da sua energia local, que cai de 59,9 R\$/MWh para 39,5 R\$/MWh.

Os benefícios de jusante custam 19,0 R\$/MWh e o custo global da energia de Bocaina, de 28,6 R\$/MWh, mais uma vez confirmam a máxima de que, usinas hidrelétricas com grandes reservatórios de regularização, são excelentes do ponto de vista do sistema e nem tanto do ponto de vista local, a não ser que se faça alguma coisa para mudar isso.

O presente trabalho pretende ser uma semente para o início de uma discussão séria sobre o assunto.

#### 4.0 – BIBLIOGRAFIA

(1) DIAS, MARCO AURÉLIO OLIVEIRA et alii. Um modelo computacional para avaliação dos benefícios de regularização de usinas hidrelétricas. XII SNPTEE, Grupo X, Recife, 1993.