

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO

*Avaliação Energética das Alternativas de
Motorização das usinas do rio Madeira
Santo Antônio e Jirau*



Empresa de Pesquisa Energética

Ministério de
Minas e Energia





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro
Edison Lobão

Secretário Executivo do MME
Márcio Pereira Zimmermann

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
Altino Ventura Filho

Secretário de Energia Elétrica
Ildo Wilson Grüdtner

Secretário Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis
Marco Antônio Martins de Almeida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Cláudio Scliar

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Avaliação Energética das Alternativas de Motorização das usinas do rio Madeira Santo Antônio e Jirau



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Maurício Tiomno Tolmasquim

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
Elson Ronaldo Nunes

Diretor de Gestão Corporativa
Ibanês César Cássel

Coordenação Geral
Maurício Tiomno Tolmasquim
José Carlos de Miranda Farias

Coordenação Executiva
Oduvaldo Barroso da Silva

Equipe Técnica
Angela Regina Livino de Carvalho
Thiago Correa César

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede
SAN – Quadra 1 – Bloco B – Sala 100-A
70041-903 – Brasília - DF

Escritório Central
Av. Rio Branco, 01 – 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Nº EPE-DEE-RE- 100/2011-r0
Data: 07 de novembro de 2011

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	07/11/2011	Publicação Original

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	VII
1. INTRODUÇÃO	8
2. METODOLOGIA	8
3. CRITÉRIOS E PREMISSAS UTILIZADOS	9
4. ALTERNATIVAS DE MOTORIZAÇÃO DAS USINAS DO RIO MADEIRA E N. A. DE MONTANTE DA UHE SANTO ANTÔNIO.....	10
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	11
6. CONCLUSÃO	12

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Alternativas Avaliadas</i>	10
<i>Tabela 2 – Alternativas - Principais Parâmetros Energéticos Divergentes</i>	10
<i>Tabela 3 – Alternativas – Garantias Físicas Obtidas</i>	11

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica registra os estudos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, para avaliação energética do trecho do rio Madeira compreendido entre a cota 90 m e o canal de fuga da UHE Santo Antônio. Esta avaliação considera diferentes alternativas de motorização das UHE Jirau e Santo Antônio e de nível de montante normal operativo da UHE Santo Antônio.

Estas avaliações, consideram o ponto de vista exclusivamente energético, sem levar em conta os custos associados a cada alternativa investigada.

1. Introdução

A UHE Santo Antônio foi licitada no Leilão ANEEL 05/2007, com um projeto de 44 turbinas Bulbo e N. A. Máximo Operativo na cota 70,0 m. Posteriormente, em maio de 2008, a UHE Jirau foi licitada no Leilão ANEEL 05/2008, com um projeto de 44 turbinas Bulbo e N. A. Máximo Operativo na cota 90,0 m.

Em março de 2011, o Despacho ANEEL 955/2011 formalizou para o nível operativo da UHE Santo Antônio a cota 70,5 m.

Em julho de 2011, a ANEEL publicou o despacho nº 3.104/2011. Aprovando o projeto básico da UHE Jirau com 6 máquinas adicionais, totalizando pois uma capacidade instalada total de 3.750 MW distribuídos em 50 unidades geradoras.

Ainda em julho de 2011, a ANEEL emitiu a Nota Técnica nº 243/2011-SGH/ANEEL, recomendando condicionalmente a aprovação do Projeto Básico Complementar da UHE Santo Antônio com a motorização adicional de quatro unidades geradoras e N. A. Máximo Normal na cota 71,3 m.

Em agosto de 2011, o Ministério de Minas e Energia, por meio da Portaria SPDE 26/2011 estabeleceu o montante de Garantia Física associado ao acréscimo de capacidade instalada da UHE Jirau (de 44 para 50 unidades) em 209,3 MW médios. Associado a este montante de garantia física da UHE Jirau, está a motorização de 50 unidades geradoras e o nível operativo de 71,3 m para a UHE Santo Antônio. Os estudo referente e este cálculo está registrado na Nota Técnica EPE-DEE-RE-049/2011-r2.

Conforme a Lei nº. 10.847, de 15 de março de 2004, Art. 4º, inciso V, compete a EPE realizar estudos para subsidiar a determinação dos aproveitamentos ótimos do potenciais hidráulicos. Diante desta previsão legal, a presente Nota Técnica registra os estudos efetuados pela EPE para a avaliação energética do potencial hidráulico no trecho do rio Madeira entre a cota 90 m, até o canal de fuga da UHE Santo Antônio.

2. Metodologia

A metodologia aqui empregada consiste em, inicialmente, para cada alternativa analisada calcular a garantia física das UHE Jirau e Santo Antônio, conforme estabelecido pela Portaria

MME nº 258 de 28 de julho de 2008.

As avaliações energéticas aqui registradas utilizaram como parâmetro de comparação entre as alternativas, a Garantia Física da Usina Hidrelétrica. O referido parâmetro é definido pela Portaria MME 258 de 28 de julho de 2008.

Em cada alternativa analisada, calculou-se a Garantia Física correspondente a cada uma das usinas, considerando as variações dos parâmetros energéticos inerentes a cada alternativa.

3. Critérios e Premissas Utilizados

Os cálculos de garantia física efetuados na presente avaliação consideraram os mesmos critérios e premissas utilizados na Configuração de Referência da Nota Técnica EPE-DEE-RE-049/2011-r2, de 22 de julho de 2011. Estes critérios e premissas considerados são:

- Modelos Utilizados
- Parâmetros do Newave
- Proporcionalidade da carga;
- Critério de Atendimento à Carga;
- Taxa de Desconto;
- Função Custo do Déficit de Energia;
- Penalidade por não atendimento ao desvio de água para outros usos;
- Manutenção;
- Topologia;
- Limites de intercâmbio e restrições de agrupamento livre de intercâmbio;
- Restrições Operativas Hidráulicas, Histórico de Vazões e Usos Consuntivos e Vazões Remanescentes;
- Configuração Hidrotérmica de referência;

4. Alternativas de Motorização das usinas do rio Madeira e N. A. de Montante da UHE Santo Antônio

Diante da cronologia de publicações apresentada anteriormente, considerou-se nesta avaliação as alternativas de motorização das usinas do rio Madeira e N. A. de montante da UHE Santo Antônio, descritas a seguir:

Tabela 1 – Alternativas Avaliadas

Santo Antônio	N. A. M. (m)	70				70,5			71,3		
	nº unidades	44	48	48	48	44	48	50	44	48	50
P. Inst. (MW)	3150,4	3459,6	3459,6	3459,6	3150,4	3459,6	3568,8	3150,4	3459,6	3568,8	
Jirau	nº unidades	44	50	52	54	50	50	50	50	50	50
	P. Inst. (MW)	3300	3750	3900	4050	3750	3750	3750	3750	3750	3750

Para cada alternativa avaliada, analisou-se os parâmetros energéticos mais adequados frente a configuração de nível de montante da UHE Santo Antônio e de motorização das duas usinas. O resultado desta análise com os principais parâmetros divergentes entre as alternativas avaliadas são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 2 – Alternativas - Principais Parâmetros Energéticos Divergentes

Santo Antônio	N. A. M. (m)	70				70,5			71,3		
	nº unidades	44	48	48	48	44	48	50	44	48	50
rend.	93%	90,7%	90,7%	90,7%	89,8%	89,8%	89,8%	90,70%	90,70%	90,70%	
PerdaH (m)	0,30	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	
PVNJ* A0	4,296E+01	4,358E+01	4,358E+01	4,358E+01	4,344E+01	4,344E+01	4,344E+01	4,358E+01	4,358E+01	4,358E+01	
PVNJ A1	8,068E-04	8,155E-04	8,155E-04	8,155E-04	8,480E-04	8,480E-04	8,480E-04	8,155E-04	8,155E-04	8,155E-04	
PVNJ A2	-1,774E-08	-2,000E-08	-2,000E-08	-2,000E-08	-2,208E-08	-2,208E-08	-2,208E-08	-2,000E-08	-2,000E-08	-2,000E-08	
PVNJ A3	2,609E-13	3,428E-13	3,428E-13	3,428E-13	3,890E-13	3,890E-13	3,890E-13	3,428E-13	3,428E-13	3,428E-13	
PVNJ A4	-1,752E-18	-2,561E-18	-2,561E-18	-2,561E-18	-2,902E-18	-2,902E-18	-2,902E-18	-2,561E-18	-2,561E-18	-2,561E-18	
Jirau	nº unidades	44	50	52	54	50	50	50	50	50	50
	rend.	93%	93,5%	93,5%	93,5%	93,4%	93,4%	93,4%	93,10%	93,10%	93,10%
	PerdaH (m)	0,30	0,37	0,37	0,37	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40
	PVNJ A0	7,000E+01	7,000E+01	7,000E+01	7,000E+01	7,050E+01	7,050E+01	7,050E+01	7,126E+01	7,126E+01	7,126E+01
	PVNJ A1	7,496E-07	9,842E-06	9,842E-06	9,842E-06	6,624E-06	6,624E-06	6,624E-06	3,176E-06	3,176E-06	3,176E-06
	PVNJ A2	1,269E-08	5,036E-09	5,036E-09	5,036E-09	4,654E-09	4,654E-09	4,654E-09	4,066E-09	4,066E-09	4,066E-09
	PVNJ A3	-2,778E-13	-7,992E-14	-7,992E-14	-7,992E-14	-7,062E-14	-7,062E-14	-7,062E-14	-5,774E-14	-5,774E-14	-5,774E-14
	PVNJ A4	1,917E-18	4,320E-19	4,320E-19	4,320E-19	3,695E-19	3,695E-19	3,695E-19	2,905E-19	2,905E-19	2,905E-19

* PVNJ – Polinômio vazão nível de jusante

Destaca-se o fato de que a primeira alternativa (N. A. 70,0 em Santo Antônio e 44 unidades em ambas as usinas) considera os parâmetros originais dos respectivos Leilões de Compra de Energia Nova, assim sendo a única alternativa que não considera a UHE Jirau no eixo da Ilha do Padre.

Ressalta-se também que os parâmetros rendimento, perda hidráulica e curva-chave do canal de fuga da UHE Santo Antônio não foram calculados para todas as alternativas avaliadas, visto que não se dispõe de dados suficientes em todas as alternativas para a realização destes cálculos.

5. Resultados Obtidos

A seguir são apresentados os resultados de Garantia Física obtidos pela aplicação da Metodologia estabelecida na Portaria MME 258/2008, para as alternativas elencadas anteriormente:

Tabela 3 – Alternativas – Garantias Físicas Obtidas

USINA		Cota do Reservatório de Santo Antonio (m)										
		70					70,5			71,3		
SANTO ANTONIO	nº máquinas	44	44	48	48	48	44	48	50	44	48	50
	GF (MWmed)	2 218,0	2 236,3	2 217,3	2 215,7	2 214,3	2 235,0	2 281,8	2 303,2	2 357,6	2 426,6	2 443,2
JIRAU	nº máquinas	44	44	50	52	54	50	50	50	50	50	50
	GF (MWmed)	1 975,3	1 978,9	2 279,4	2 319,3	2 355,2	2 245,5	2 245,9	2 245,1	2 196,7	2 194,1	2 188,2
GF do Sistema (MWmed)		4 193,3	4 215,2	4 496,7	4 535,0	4 569,5	4 480,5	4 527,7	4 548,3	4 554,2	4 620,7	4 631,4
Incremento (MWmed)		-	-	281,5	319,8	354,3	265,3	312,5	333,1	339,0	405,5	416,2

A primeira coluna de resultados refere-se as garantias físicas calculadas no momento da licitação das usinas do rio Madeira. A segunda coluna de resultados é referente às usinas com as mesmas características físicas da coluna anterior, considerando no entanto para a simulação, a configuração de referência atual.

Ressalta-se que, por simplificação, para alternativas semelhantes não foram feitas novas convergências como modelo Newave, reaproveitando assim o Bloco Hidráulico, ou seja, para estas alternativas apenas foram feitos um novo rateio da oferta hidráulica pelas novas energias firmes calculadas pelo modelo MSUI. Estas simplificações foram adotadas conservadoramente de forma a não comprometer a conclusão final.

Os incrementos de Garantia Física apresentados foram calculados em relação a alternativa de 44 unidades em ambas as usinas e 70 m na UHE Santo Antônio, ou seja, a alternativa

com os parâmetros originais dos respectivos Leilões.

Analisando os resultados, identifica-se que a alternativa com 70,5 m em Santo Antônio que mais agrega garantia física ao SIN é a que apresenta a instalação de 6 unidades em Santo Antônio e nenhuma em Jirau. No entanto este ganho é inferior ao de todas as alternativas com Santo Antônio com nível operativo na cota 71,3 m, incluindo a que não apresenta investimento adicional ao já contratado.

A alternativa com 70,0 m em Santo Antônio e maior incremento de GF apresenta 4 unidades adicionais para cada usina. No entanto, esta alternativa agrega 50 MWmed a menos que a alternativa com 71,3 m e 4 unidades adicionais apenas em Santo Antônio.

Cabe ressaltar, que à exceção das garantias físicas já publicadas nas Portarias MME nº 293/2007 de 22 de outubro de 2007 e MME - SPDE 26/2011, de 01 de agosto de 2011, todas as demais **garantias físicas aqui apresentadas são apenas indicativas**, cumprindo apenas a função de possibilitar uma análise comparativa, objeto do estudo.

6. Conclusão

De forma a subsidiar uma análise acerca do nível normal operativo do reservatório da UHE Santo Antônio e como previsto na Lei 10.847/2004, a EPE procedeu uma avaliação energética para indicar, à luz dos dados analisados, o maior ganho energético para a cascata do rio Madeira, constituída das UHE Jirau e Santo Antônio.

A partir dos resultados apresentados, constata-se que, em qualquer alternativa de motorização considerada, o maior ganho energético obtido ocorre quando o nível d'água máximo normal de montante da UHE Santo Antonio é fixado na cota 71,3 m .