

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Avaliação Energética dos Montantes de Garantia Física de Energia da UHE Jirau e da UHE Santo Antonio

Ministério de
Minas e Energia





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Edison Lobão

Secretário Executivo

Márcio Pereira Zimmermann

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento
Energético**

Altino Ventura Filho

**Diretor do Departamento de Planejamento
Energético**

Paulo Cesar Magalhães Domingues

Avaliação Energética dos Montantes de Garantia Física de Energia da UHE Jirau e da UHE Santo Antonio



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 Econômicos e Energéticos

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

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-049/2011-r2

Data: 22 de julho de 2011

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica revisa a versão EPE-DEE-RE-049/2011-r1, que registra os estudos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, para a avaliação, com a metodologia vigente, dos montantes de garantia física da UHE Jirau e da UHE Santo Antonio, de acordo com o Art. 6º da Portaria MME nº 861/2010.

A solicitação de avaliação dos montantes de garantia física das UHE Jirau e Santo Antônio foi encaminhada a EPE por meio do Ofício nº 071/2011-DPE-SPE-MME, de 14 de abril de 2011. Tal solicitação é motivada pela recomendação de aprovação do Projeto Básico de Ampliação da UHE Jirau, segundo Nota Técnica nº 117/2011-SGH/ANEEL, de 8 de abril de 2011 e pela aprovação dos estudos conjuntos de remanso das UHE Jirau e Santo Antônio, segundo Nota Técnica nº 261/2010-SGH/ANEEL. Posteriormente, em 08 de julho de 2011, a ANEEL emitiu a Nota Técnica nº 243/2011-SGH/ANEEL com a recomendação de aprovação condicionada do Projeto Básico Complementar da UHE Santo Antonio com seu reservatório na El. 71,3m. Desta forma, a presente Nota Técnica considera as três Notas Técnicas da ANEEL.

O referido Ofício do MME caracteriza como fatos relevantes, de acordo com o artigo 4º da Portaria MME nº 861/2010, as seguintes alterações técnicas no Projeto Básico de Ampliação da UHE Jirau: alteração de potência instalada, perdas hidráulicas nominais do circuito adutor e número de unidades geradoras; em consequência do novo estudo de remanso aprovado foi considerada uma nova curva chave do canal de fuga para a UHE Jirau.

Posteriormente, em 21 de julho de 2011 o MME encaminhou à EPE o Ofício nº 120/2011-SPE-MME, solicitando o cálculo da garantia física da UHE Jirau com 6 máquinas adicionais e 3.750 MW de capacidade instalada total considerando a UHE Santo Antônio com motorização adicional de 6 máquinas, com potência total de 3.568,8 MW e cota de operação NA Máximo Normal de 71,3 m.

Dessa forma, este trabalho apresenta a avaliação energética dos montante de garantia física "inconteste" da UHE Jirau.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	III
1. INTRODUÇÃO	6
2. METODOLOGIA DE REVISÃO EXTRAORDINÁRIA DAS GARANTIAS FÍSICAS DAS USINAS HIDRELÉTRICAS	6
3. CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA ATUAL	7
4. AVALIAÇÃO DAS GARANTIAS FÍSICAS DAS UHE JIRAU E SANTO ANTÔNIO	12
4.1. Valores Vigentes de Garantia Física das UHE Jirau e Santo Antonio	13
4.2. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados.....	14
4.2.1. UHE Jirau – Parâmetros Energéticos	15
4.2.2. UHE Santo Antônio – Parâmetros Energéticos.....	18
4.3. Dados das Configurações de Referência.....	21
5. RESULTADOS OBTIDOS	21
6. RESUMO DOS RESULTADOS	23
ANEXO 1 – CONFIGURAÇÃO HIDROTÉRMICA DE REFERÊNCIA	26
ANEXO 2 – DADOS ENERGÉTICOS DAS UHE JIRAU E SANTO ANTÔNIO.....	30

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Proporcionalidade da Carga de Energia – Ano 2016</i>	8
<i>Tabela 2 – Valores de TEIF e IP recomendados pelo Bracier</i>	9
<i>Tabela 3 – Restrições mensais de agrupamento de intercâmbio</i>	10
<i>Tabela 4 – UHE Santo Antonio - Garantia Física vigente - Portaria MME nº 293/2007</i>	14
<i>Tabela 5 – UHE Jirau - Garantia Física vigente - Portaria MME nº 13/2008</i>	14
<i>Tabela 6 – UHE Jirau - Resumo de Diferenças entre CRA0, CRA1 e CRA1b</i>	17
<i>Tabela 7 - Níveis d'água em Abunã e Curva Guia na UHE Jirau</i>	18
<i>Tabela 8 – UHE Santo Antônio – Resumo de Diferenças entre CRA0, CRA1 e CRA1b</i>	20
<i>Tabela 9 – Média dos CMO e riscos anuais de déficit</i>	22
<i>Tabela 10 – Cargas Críticas e Blocos Hidráulicos</i>	22
<i>Tabela 11 – Avaliação Energética Integrada - Energias Firmes e Garantias Físicas – Ampliações das UHE Jirau e Santo Antônio – N.A. S. Antônio El 71,3 m</i>	22
<i>Tabela 12 – Avaliação Energética Integrada - Energias Firmes e Garantias Físicas – Ampliação da UHE Jirau - N.A. S. Antônio El 70,5 m</i>	23
<i>Tabela 13 – Resumo dos Resultados – Jirau e Santo Antônio – N.A. S. Antônio El 71,3 m</i>	23
<i>Tabela 14 – Resumo dos Resultados – UHE Jirau – N.A. S. Antônio El 70,5 m</i>	24
<i>Tabela 15 – Montantes de Garantias Físicas por número de total de unidades geradoras – UHE Jirau e Santo Antônio – N.A. S. Antônio El 71,3 m</i>	24
<i>Tabela 16 – Montantes de Garantias Físicas por número de total de unidades geradoras – UHE Jirau – N.A. S. Antônio El 70,5 m</i>	24
<i>Tabela 17 – Configuração Hidroelétrica</i>	26
<i>Tabela 18 – Configuração Termelétrica</i>	27
<i>Tabela 19 – Dados Energéticos – UHE Jirau</i>	30
<i>Tabela 20 – Dados Energéticos – UHE Santo Antônio</i>	33

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Limites térmicos de Transmissão entre subsistemas</i>	10
---	----

1. Introdução

Consoante a Lei nº. 10.848, de 15 de março de 2004, Art. 1º, §7º, “o CNPE proporá critérios gerais de garantia de suprimento, a serem considerados no cálculo das garantias físicas e em outros respaldos físicos para a contratação de energia elétrica, incluindo importação”. E, segundo o Decreto 5.163 de 30 de junho de 2004, Art. 4º, §2º, “O MME, mediante critérios de garantia de suprimento propostos pelo CNPE, disciplinará a forma de cálculo da garantia física dos empreendimentos de geração, a ser efetuado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, mediante critérios gerais de garantia de suprimento”.

Segundo as diretrizes vigentes para revisão extraordinária dos montantes de garantia física de energia de usina hidrelétrica despachada centralizadamente no Sistema Interligado Nacional - SIN, com capacidade instalada superior a 30 MW, definidas pela Portaria MME 861/2010, o cálculo foi realizado utilizando o modelo NEWAVE, em sua versão 16, e o modelo MSUI em sua versão 3.2.

Objetivando ainda a consideração das ampliações das UHE Jirau e Santo Antonio e mais especificamente o cálculo da garantia física “inconteste” da Ampliação da UHE Jirau com vistas a sua participação no Leilão A-3 – 2011, procedeu-se as avaliações das novas condições de motorização, segundo o preconizado na Portaria MME 861/2010, que trata da revisão extraordinária da garantia física de usinas hidrelétricas.

2. Metodologia de revisão extraordinária das garantias físicas das Usinas Hidrelétricas

A Portaria MME nº 861, de 18 de outubro de 2010 estabeleceu os fatos relevantes e a metodologia para Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia de Usina Hidrelétrica despachada centralizadamente no Sistema Interligado Nacional - SIN, com capacidade instalada superior a 30 MW.

O Ministério de Minas e Energia - MME poderá determinar, para a Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia, novos fatos relevantes não considerados nos incisos I a VI do art. 4º da citada Portaria.

Como previsto na Portaria, os Benefícios Indiretos vigentes serão mantidos, não sendo objeto de Revisão Extraordinária de que trata esta análise.

Uma vez definidas pelo MME/ANEEL as características técnicas que constituem fatos relevantes, eventualmente outros parâmetros podem ser impactados. Por exemplo, no caso de alteração da potência instalada ou número de unidades geradoras, outros parâmetros energéticos da usina poderão sofrer alterações, tais como: o rendimento médio do conjunto turbina-gerador, a vazão nominal, as perdas de carga no circuito hidráulico de adução, as taxas de indisponibilidades forçadas das unidades geradoras, queda de referência e outros.

Portanto, para a reavaliação da garantia física de um empreendimento, se faz necessária uma avaliação global. Desta forma, uma alteração de potência instalada enseja uma análise da curva colina das turbinas, para a obtenção do rendimento médio do conjunto turbina-gerador e da perda hidráulica média associada.

A perda hidráulica e os rendimentos de turbina e gerador considerados são os médios, pois refletem de maneira mais apropriada as condições da usina ao longo de uma simulação dinâmica da sua operação, sujeita a variadas condições de vazão.

Cabe destacar que revisões de características técnicas em usinas hidrelétricas podem ocasionar alterações nas condições operativas de usinas da mesma cascata, desta forma é de fundamental importância analisar os efeitos das alterações propostas nas demais usinas. Por exemplo, novos estudos de remanso do reservatório de uma usina poderão influenciar de forma diferente o canal de fuga da(s) usina(s) imediatamente a montante, devendo este efeito ser avaliado.

3. Configuração de Referência Atual

No estudo em questão, a EPE partiu do Caso Base para o Leilão A-3 de 2011 para estabelecer as configurações de referência atual CRA0 e CRA1.

Os itens a seguir apresentam os modelos, os critérios e as premissas considerados no Caso Base para o Leilão A-3 de 2011.

- Modelos Utilizados:
 - NEWAVE - Versão 16
 - MSUI - Versão 3.2
- Configuração hidrotérmica estática com 5 anos de simulação, 10 anos de período estático inicial e 5 anos de período estático final.

- Parâmetros do NEWAVE:
 - Mínimo de 1 e máximo de 45 iterações, 200 simulações *forward* e 20 aberturas
 - Curva de aversão a risco: não considerada;
 - Racionamento preventivo: considerado;
 - Tendência hidrológica: não considerada;
 - Acoplamento hidráulico entre os subsistemas: não considerado;
 - Valor percentual de Z_{sup} a ser subtraído de L_{inf} para o critério de parada estatístico: 10%;
 - Valor máximo percentual para delta de Z_{inf} no critério de parada não estatístico: 0,2%;
 - Número de deltas de Z_{inf} consecutivos a serem considerados no critério não estatístico: 3;

- Proporcionalidade da carga: adotada a proporcionalidade do ano 2016 do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020, já incorporada a carga prevista para os trechos isolados dos estados do Acre e Rondônia, que na data em questão já estarão interligados ao SIN. Foi mantida a premissa de ajuste dos sistemas dois a dois, quais sejam: Sudeste/Acre/Rondônia/C.Oeste e Sul - Nordeste e Norte/Macapá/Manaus/Belo Monte. A proporcionalidade entre os mercados é apresentada a seguir:

Tabela 1 – Proporcionalidade da Carga de Energia – Ano 2016

MERCADO DE REFERÊNCIA 2016 - PDE 2020			
SE/CO/RO	S	NE	N
45.493	11.748	11.119	7.329
79,5%	20,5%	60,3%	39,7%
SSE		NNE	
57.241	75,6%	18.448	24,4%
BRASIL			
75.689			

- Critério de Garantia de Atendimento à Carga: CMO igual ao CME¹, em pelo menos um dos subsistemas das regiões SE/CO/AC/RO-S e N/Mac/Man/BM-NE, limitado o risco de déficit em 5%, conforme critério de cálculo de garantia física vigente.

- O Custo Marginal da Expansão – CME estimado para o ajuste do 2º Leilão de Energia Nova A-5 de 2010 foi de 113 R\$/MWh, com tolerância de aproximadamente 2%, neste caso,

¹ Admitida uma tolerância.

3 R\$/MWh.

- Taxa de Desconto: 8% ao ano - de forma a compatibilizar este parâmetro aos estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2020.
- Função Custo do Déficit de Energia: Atualizado o valor para R\$ 2.950,00/MWh, de acordo com a metodologia prevista na Nota Técnica "Atualização do valor para patamar único de Custo de Déficit – 2011" (EPE-DEE-RE-021 /2011-r0), de 12 de abril de 2011.
- Penalidade por não atendimento ao desvio de água para outros usos: Penalidade associada à violação da restrição = R\$ 2.953,05/MWh, de acordo com a Portaria MME Nº 258 de 28 de julho de 2008.
- Manutenção: Não foi considerada manutenção explícita, e, sim, índices de indisponibilidade forçada - TEIF e indisponibilidade programada - IP. Para as usinas hidrelétricas, foram considerados os seguintes índices recomendados pelo BRACIER:

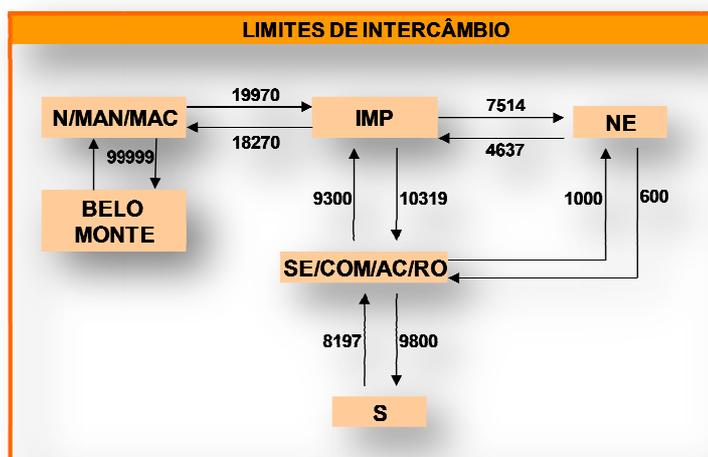
Tabela 2 – Valores de TEIF e IP recomendados pelo Bracier

Potência (MW)	TEIF (p.u.)	IP (p.u.)
10 – 29	0,02333	0,06861
30 – 59	0,01672	0,05403
60 – 199	0,02533	0,08091
200 – 499	0,02917	0,12122

O valor de potência referido na tabela do BRACIER corresponde à potência unitária da UHE, desta forma, usinas que apresentam mais de um conjunto de máquinas com potências unitárias em diferentes faixas da tabela acima, utilizou-se a média dos índices ponderada pela potência total de cada conjunto.

- Topologia: 4 subsistemas interligados – Sudeste/Centro-Oeste/Acre/Rondônia, Sul, Nordeste e Norte/Mac/Man/Belo Monte (vide esquema a seguir).
- Limites de transmissão entre subsistemas: Para a definição dos limites de intercâmbio, foi levada em consideração a entrada em operação de todas as máquinas da UHE Belo Monte. Portanto, tomou-se como base o ano de 2020 do PDE 2020.

São apresentados a seguir os limites térmicos das interligações consideradas no estudo.

Figura 1 – Limites térmicos de Transmissão entre subsistemas


A versão 16 do Modelo NEWAVE permite impor restrições máximas para o agrupamento livre de interligações. Este agrupamento é uma combinação linear das interligações que o compõem. Os arquivos do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) utilizam esta funcionalidade, no entanto estes arquivos representam o mercado a ser atendido em 3 patamares.

A partir das restrições do PDE foram calculadas restrições mensais equivalentes a 1 patamar de mercado. Os valores são apresentados a seguir:

Tabela 3 – Restrições mensais de agrupamento de intercâmbio

Agrupamento	Período	Limite
RECEBIMENTO NE	janeiro-fevereiro	8514
	março	8506
	abril	8513
	maio	8514
	junho	8504
	julho a dezembro	6700
EXPORTAÇÃO NE	janeiro	5132
	fevereiro	5131
	março	5135
	abril	5133

Agrupamento	Período	Límite
	maio	5132
	junho	5135
	julho-agosto	5130
	setembro	5135
	outubro	5132
	novembro-dezembro	5135
EXPORTAÇÃO SE-NNE	janeiro a dezembro	9500

Para os períodos estático inicial e final foram considerados os maiores limites anuais.

Para os períodos estático inicial e final foram considerados os maiores limites anuais.

- Perdas nas interligações: Consideradas incorporadas ao mercado atendido.
- Consumo próprio (consumo interno): Não considerado.
- Restrições Operativas Hidráulicas: para as usinas em operação, foram consideradas as restrições operativas de caráter estrutural recomendadas pelo ONS, segundo revisão do Relatório 3/039/2011 "Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos - Revisão-1 de 2011".
- Histórico de vazões: Os históricos de vazões das usinas constantes na configuração foram estendidos até o ano de 2009 de acordo com o Relatório ONS RE-3/242/2010 – "Atualização de séries históricas de vazões - Período 1931 a 2009".
- Usos Consuntivos e vazões remanescentes: o uso consuntivo é modelado como retirada de água sem devolução, enquanto a vazão remanescente retorna a água desviada para a usina de jusante. Ambas estão sujeitas à penalização por não atendimento. Foram considerados os valores extrapolados para o ano de 2016 a partir dos adotados para o Programa Mensal da Operação – PMO, de janeiro de 2011, ou a partir dos apresentados nas Declarações/Outorga de Reserva de Disponibilidade Hídrica.
- Configuração de Referência Inicial: composta pelo conjunto de usinas hidrelétricas e termelétricas em operação e todas as usinas que já possuem contrato de concessão ou ato de autorização. A seguir, algumas observações sobre a Configuração Hidrotérmica, apresentada no Anexo 1:
 - Configuração de Referência Termelétrica: a configuração termelétrica considerada é baseada no Leilão A-3 de 2010. Foram consideradas as atualizações dos custos variáveis das usinas conforme PMO de janeiro de 2011 do ONS. Para as usinas que venderam energia nos leilões por disponibilidade foram mantidos os parâmetros

considerados nos respectivos cálculos de suas garantias físicas. Para as usinas com garantias físicas publicadas na Portaria MME nº 303/2004, foram mantidos os dados básicos considerados naquela simulação de cálculo de garantia física. Para as usinas constantes no Termo de Compromisso entre Petrobras e ANEEL, foi considerada a modelagem do PDE 2020.

- Configuração de Referência Hidroelétrica: a configuração hidroelétrica considerada é baseada no 2º Leilão A-5 de 2010, realizado em 17 de dezembro de 2010, com a inclusão das UHE Teles Pires e Santo Antônio do Jari, contratadas no referido leilão.

4. Avaliação das Garantias Físicas das UHE Jirau e Santo Antônio

Por meio do Ofício nº 071/2011-DPE-SPE-MME, de 14 de abril de 2011, o MME solicita a avaliação dos montantes de garantia física das UHE Jirau e Santo Antônio em virtude das alterações de potência instalada, perdas hidráulicas nominais do circuito adutor e número de unidades geradoras - apresentadas no Projeto Básico de Ampliação da UHE Jirau – além dos novos estudos de remanso dos dois empreendimentos e da adequação do NA máximo normal da UHE Santo Antônio para a cota 70,5m. Este nível operativo para a UHE Santo Antônio foi formalizado por meio do Terceiro Aditivo ao Contrato de Geração nº 001/2008, conforme Despacho ANEEL 955/2011.

Ainda com relação à UHE Jirau, a Nota Técnica nº 117/2011-SGH/ANEEL, de 08 de abril de 2011, trata da análise do Projeto Básico de Ampliação da UHE Jirau para 50 unidades geradoras e recomenda: *"... aprovação do referido projeto, condicionando-a, porém, a emissão do correspondente despacho oficial à anuência formal do IBAMA e da ANA quanto à proposta em tela, apresentação da ART do responsável pela apresentação do projeto em questão e a uma declaração formal da Concessionária de que a presente ampliação independe das questões alocativas a serem arbitradas pelo MME..."*.

Posteriormente a ANEEL emitiu a Nota Técnica nº 243/2011-SGH/ANEEL, de 08 de julho de 2011, recomendando a aprovação do Projeto Básico Complementar da UHE Santo Antônio com a motorização adicional de quatro unidades e com um novo N.A. máximo normal na elevação 71,3m.

No entanto, consta desta Nota Técnica nº 243/2011-SGH/ANEEL, com relação a este Projeto Básico Complementar da UHE Santo Antônio, o seguinte:

"...para que este seja aprovado por esta Superintendência, persistem as seguintes

condicionantes adicionais:

- i) Anuência do IBAMA quanto às questões ambientais correlatas;*
- ii) Anuência da ANA em relação ao atendimento das prerrogativas de gestão dos recursos hídricos*
- iii) Declaração da SAE de que ela estaria disposta a investir nas quatro unidades adicionais independentemente da decisão do Poder Concedente em relação à alocação da parcela de ganho energético mencionada, tendo em vista ser essa uma decisão que foge a alçada desta Superintendência.*
- iv) Aprovação de novo projeto da UHE Jirau que contemple integralmente essa nova condição.”*

Considerando a documentação supracitada e os projetos básicos das UHE Jirau e Santo Antônio, mais atualizados, a EPE realizou os estudos de revisão das garantias físicas dessas usinas.

Assim, caracterizam-se duas situações para a nova garantia física da UHE Jirau, fruto da sua ampliação. A manutenção do nível operativo da UHE Santo Antônio na cota 70,5 m leva a um ganho energético “controverso” na UHE Jirau. Enquanto a elevação do nível operativo da UHE Santo Antônio para a cota 71,3 traduz um ganho energético “incontestado” para a UHE Jirau, sendo este cálculo o objetivo principal deste documento.

De forma a avaliar os montantes de garantia física “controversos” da ampliação da UHE Jirau, foi necessário incorporar aos estudos uma nova Configuração de Referência (CRA1b), que considera o reservatório da UHE Santo Antônio na El. 70,5 m.

4.1. Valores Vigentes de Garantia Física das UHE Jirau e Santo Antonio

O cálculo original de garantia física da UHE Santo Antonio foi realizado na ocasião do Leilão de Compra de Energia Elétrica Proveniente da referida usina, ocorrido em 10 de dezembro de 2007.

A Nota Técnica EPE-DEE-RE-117/2007-r1, detalha todas as premissas e procedimentos de cálculo.

A Portaria MME nº 293, de 22 de outubro de 2007, define o montante de garantia física da UHE, apresentados a seguir:

Tabela 4 – UHE Santo Antonio - Garantia Física vigente - Portaria MME nº 293/2007

Rio	UF	Potência Total (MW)	Número de Unidades	Garantia Física (MWmed)
Madeira	RO	3.150,4	44	2.218,0

O cálculo original de garantia física da UHE Jirau foi realizado na ocasião do Leilão de Compra de Energia Elétrica Proveniente da referida usina, ocorrido em 19 de maio de 2008.

Os detalhes do cálculo são apresentados na Nota Técnica EPE-DEE-RE-052-2008-r2, disponível no site da EPE na área "Leilões" em "Leilão UHE Jirau – Rio Madeira".

Os montantes de garantia física definidos pela Portaria MME nº 13, de 18 de março de 2008, são apresentados a seguir:

Tabela 5 – UHE Jirau - Garantia Física vigente - Portaria MME nº 13/2008

Rio	UF	Potência Total (MW)	Número de Unidades	Garantia Física (MWmed)	Ganhos Incrementais (MWmed)	Garantia Física Total (MWmed)
Madeira	RO	3.300	44	1.972,4	2,9	1.975,3

4.2. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados

A alteração de características técnicas de um empreendimento hidrelétrico sujeito à revisão extraordinária de que trata a Portaria MME nº 861/2010, acarreta na alteração de diversos parâmetros utilizados nos modelos para o cálculo de garantia física de energia.

Os fatos relevantes para a revisão da garantia física das UHE Jirau e Santo Antônio são alterações dos seguintes parâmetros: potência instalada, número de unidades geradoras, perdas hidráulicas nominais e curva chave do canal de fuga. Para a UHE Jirau em específico também há outras alterações: curva guia do reservatório, polinômios de cota em função do volume (PVC) e área em função da cota (PCA). Adicionalmente é fato relevante a alteração no nível d'água normal de montante da UHE Santo Antônio.

Alterações em algumas características técnicas podem influenciar parâmetros energéticos vinculados. Desta forma, para as UHE Jirau e UHE Santo Antonio foram reavaliados os parâmetros: rendimento médio do conjunto turbina-gerador, perdas hidráulicas médias e queda de referência. Os parâmetros vazão nominal unitária e canal de fuga médio serão

atualizados a partir dos demais dados considerados.

4.2.1. UHE Jirau – Parâmetros Energéticos

Rendimento Médio do Conjunto Turbina-gerador

A avaliação do rendimento médio ponderado dos conjuntos turbina-gerador projetados para a UHE Jirau foi feita a partir dos dados apresentados pela Energias Sustentáveis do Brasil (ESBR), obtidos nos testes realizados nos protótipos dos fabricantes.

Os cálculos efetuados pela EPE estimam um rendimento médio ponderado global dos conjuntos turbina-gerador de 93,1%, valor este adotado no presente estudo.

Na avaliação dos montantes de garantia física “controversos” da UHE Jirau, ou seja, com Santo Antônio na cota 70,5 m, obteve-se o rendimento médio ponderado global dos conjuntos turbina-gerador de 93,4%.

Perda Hidráulica Média

A Carta da ESBR VP/PC 539/2011 fornece a constante de perdas hidráulicas para o eixo do barramento da UHE Jirau localizado na Ilha do Padre.

A referida constante deve ser aplicada ao quadrado da vazão turbinada em cada unidade. A vazão turbinada unitária ótima mensal é obtida no cálculo do rendimento médio ponderado. A aplicação da constante aos valores de vazão unitária obtidos determinou uma perda hidráulica média ponderada pela energia de 0,40 m.

Na avaliação dos montantes de garantia física “controversos” da UHE Jirau foi obtida a perda hidráulica média ponderada de 0,39 m.

Queda de Referência

De acordo com as Instruções para Estudos de Viabilidade da Eletrobrás, edição 1997, o parâmetro queda de referência é definido da seguinte maneira:

“... Queda de Referência, que se entende como sendo aquela para a qual a turbina, com abertura total do distribuidor fornece a potência nominal do gerador, ...”

Os estudos de viabilidade da UHE Jirau previram uma queda de referência de 15,2 m. As curvas-colina apresentadas, de ambos os fabricantes, mostram que o valor estipulado nos estudos de viabilidade foi mantido.

Curva Chave do Canal de Fuga

A curva chave do canal de fuga da UHE Jirau, para o cálculo da garantia física “inconteste”, foi obtida a partir do estudos de remanso da UHE Santo Antônio, considerando o nível normal de montante de Santo Antônio na cota 71,3 m.

A curva chave do canal de fuga da UHE Jirau, para o cálculo da garantia física “controversa”, foi obtida a partir do estudos de remanso da UHE Santo Antônio, considerando o nível normal de montante de Santo Antônio na cota 70,5 m.

Canal de Fuga Médio

Parâmetro médio obtido com o Modelo de Simulações a Usinas Individualizadas (MSUI). É a média entre os níveis médios mensais de canal de fuga, ponderados pela respectiva produção energética média.

Como citado anteriormente foram considerados três configurações de referência onde a CRA0 reflete as condições do cálculo original de garantia física para cada usina, a CRA1 caracteriza as alterações de projeto estudadas com a UHE Santo Antônio na cota 71,3 m e a CRA1b caracteriza as alterações de projeto estudadas com a UHE Santo Antônio na cota 70,5 m.

A tabela abaixo apresenta um resumo das diferenças entre as duas configurações de referência.

Tabela 6 – UHE Jirau - Resumo de Diferenças entre CRA0, CRA1 e CRA1b

Parâmetros	CRA0	CRA1	CRA1b
Potência Instalada (MW)	3.300	3.750	3.750
Número de Unidades Geradoras	44	50	50
Perda Hidráulica média (m)	0,30	0,40	0,39
Rendimento Médio do Conjunto Turbina- Gerador	93,0%	93,1%	93,4%
Canal de Fuga médio (m)	74,09	73,21	72,71
Série de vazões	Res. ANA nº 555/2006	Res. ANA nº 269/2009	Res. ANA nº 269/2009
Área máxima (km ²)	258	302,6	302,6
Volume máximo (hm ³)	2021,3	2746,7	2746,7

Apresentada na

Curva Guia em Jirau

Tabela 7

Polinômio de Cota do reservatório em função do Volume (PVC)	A0	7,1014580E+01	6,6354790E+01	6,6354790E+01
	A1	1,8940260E-02	2,0687220E-02	2,0687220E-02
	A2	-6,5739360E-06	-8,2828520E-06	-8,2828520E-06
	A3	9,1543080E-10	1,9225440E-09	1,9225440E-09
	A4	0,0000000E+00	-1,8448350E-13	-1,8448350E-13
Polinômio de Área do reservatório em função da Cota (PCA)	A0	1,2956500E+06	-7,8803840E+04	-7,8803840E+04
	A1	-6,1179930E+04	2,9024610E+03	2,9024610E+03
	A2	1,0838320E+03	-3,5699010E+01	-3,5699010E+01
	A3	-8,5389520E+00	1,4685020E-01	1,4685020E-01
	A4	2,5250150E-02	0,0000000E+00	0,0000000E+00
Curva Chave do Canal de Fuga	A0	7,0003830E+01	7,1263320E+01	7,0500000E+01
	A1	7,4964310E-07	3,1764138E-06	6,6244655E-06
	A2	1,2689680E-08	4,0662101E-09	4,6535045E-09
	A3	-2,7783620E-13	-5,7741004E-14	-7,0618369E-14
	A4	1,9171740E-18	2,9045799E-19	3,6949953E-19

Tabela 7 - Níveis d'água em Abunã e Curva Guia na UHE Jirau

Vazão (m ³ /s)	N.A. meta em Abunã (m)	Curva-guia ^(*) do reservatório (m)	
		CRA0	CRA1 e CRA1b
5.600	83,7	82,5	82,5
6.800	84,5	83,0	83,1
10.400	86,8	85,0	84,7
10.600	86,8	85,0	84,8
15.900	89,5	87,0	87,2
16.600	89,9	87,5	87,5
22.700	92,1	89,5	90,0
23.900	92,5	90,0	90,0
29.100	93,4	90,0	90,0
30.200	93,6	90,0	90,0
33.600	94,2	90,0	90,0
48.800	97,7	90,0	90,0

(*) A curva-guia indica os níveis de água a serem mantidos junto à barragem.

4.2.2. UHE Santo Antônio – Parâmetros Energéticos

O Projeto Básico Consolidado (PBC) da UHE Santo Antônio – PJ0686-C-R00-GR-RL-001-0B – aprovado pelo Despacho ANEEL 3.396/2009, apresenta adequações e modificações, das quais se destacam:

- Seleção de 2 tipos de turbina Bulbo, com 4 e 5 pás com características operativas diferentes;
- Arranjo físico com 4 casas de força (CF), estabelecendo condições de aproximação (no reservatório) e de restituição de fluxo (a jusante) diferenciadas.

Em função das características peculiares da UHE Santo Antônio, a SAE adotou em seus estudos um modelo de simulação energética específico e detalhado, conforme item 4.8 do relatório do PBC.

Os parâmetros energéticos foram obtidos a partir de análises e adequações realizadas pela EPE no modelo proposto no PBC. Destaca-se a especificidade do arranjo da UHE Santo Antônio, principalmente no fato das 4 Casas de Força - CF apresentarem níveis de montante e jusante distintos entre si.

Destaca-se que os cálculos, a seguir detalhados, consideram as tabelas com o despacho ótimo da UHE Santo Antônio para cada afluência, com o nível de montante nas elevatórias 70,5 m e 71,3 m, em cada configuração de referência.

Potência Instalada

O Ofício nº 120/2011-SPE-MME, de 21 de julho de 2011, solicita consideração de 6 unidades adicionais na UHE Santo Antônio, totalizando 3568,8 MW de potência instalada.

Rendimento Médio do Conjunto Turbina-gerador

Para cada mês do histórico, obtém-se um valor de rendimento do conjunto para cada CF e tipo de turbina a partir da simulação do modelo proposto no PBC. O rendimento médio global do mês em questão é a média ponderada pela energia gerada em cada par CF/tipo de turbina. O rendimento médio do conjunto a ser utilizado nos modelos NEWAVE e MSUI, é, portanto, a média dos rendimentos médios globais mensais ponderada pelas respectivas energias geradas.

Os valores obtidos foram de 90,6% para CRA1 e 89,8% para CRA1b, considerando as perdas nos mancais.

Perda Hidráulica Média

O modelo de simulação apresentado no PBC calcula a perda hidráulica no circuito de adução para cada tipo de turbina em cada casa de força. De forma análoga ao cálculo do rendimento médio do conjunto turbina-gerador, foi calculada a perda hidráulica média a ser adotada nos modelos NEWAVE e MSUI. O valor obtido foi de 0,15 m para CRA1 e 0,16 para CRA1b.

Curva Chave do Canal de Fuga

O PBC apresenta uma tabela com o resultado do despacho ótimo das unidades geradoras para cada valor de vazão afluente entre 2.500 m³/s até 50.000 m³/s, com intervalos de 10 m³/s. Para cada valor de vazão constante na tabela de despacho, são apresentados níveis de montante e jusante e produção energética de cada CF. Foi calculado para cada valor de vazão um nível de jusante equivalente para a usina, sendo o valor médios dos níveis de

cada CF, subtraídos da sobre-elevação do nível de montante, ponderados pela respectiva energia gerada.

Desta forma, foi possível obter um nível de jusante equivalente da UHE para cada valor do intervalo de vazões descrito acima. A partir destes valores ajustou-se um polinômio de quarto grau para se obter a curva chave equivalente do Canal de Fuga da UHE Santo Antônio.

Ressalta-se que, do nível de jusante de cada CF foi subtraída a sobre-elevação do nível de montante, de forma a considerar este ganho de queda, uma vez que o MSUI adota nível de montante fixo. Os polinômios resultantes são apresentados na Tabela 8.

Vazão Mínima Defluente

O valor da vazão mínima defluente constante nas CRA1 e CRA1b foi corrigido para corresponder ao estabelecido na Resolução ANA 269/2009.

Como citado anteriormente foram considerados três configurações de referência onde a CRA0 reflete as condições do cálculo original de garantia física para cada usina, a CRA1 caracteriza as alterações de projeto estudadas com a UHE Santo Antônio na cota 71,3 m e a CRA1b caracteriza as alterações de projeto estudadas com a UHE Santo Antônio na cota 70,5 m.

A tabela abaixo apresenta um resumo das diferenças entre as configurações de referência.

Tabela 8 – UHE Santo Antônio – Resumo de Diferenças entre CRA0, CRA1 e CRA1b

Parâmetros		CRA0	CRA1	CRA1b
Potência Instalada		3150,4	3568,8	3150,4
NA Máximo Normal		70,0	71,3	70,5
Número de Unidades Geradoras		44	50	44
Perda Hidráulica média (m)		0,30	0,15	0,16
Rendimento Médio do Conjunto Turbina- Gerador		93,0%	90,6%	89,8%
Volume Máximo (hm ³)		2075,130	2282,800	2075,130
Volume Mínimo (hm ³)		2075,130	2282,800	2075,130
Área Máxima (km ²)		271,26	292,6	271,26
Área Mínima (km ²)		271,26	292,6	271,26
Vazão Mínima Defluente (m ³ /s)		1407	3293	3293
Canal de Fuga médio (m)		53,1	54,91	54,59
Polinômio de Cota do reservatório em função do Volume (PVC)	A0	7,0000000E+01	5,4716560E+01	7,0500000E+01
	A1	0,0000000E+00	2,0408130E-02	0,0000000E+00

	A2	0,0000000E+00	-1,3841520E-05	0,0000000E+00
	A3	0,0000000E+00	5,2457230E-09	0,0000000E+00
	A4	0,0000000E+00	-7,4668770E-13	0,0000000E+00
Polinômio de Área do reservatório em função da cota (PCA)	A0	2,7126000E+02	6,3775664E+05	2,7126000E+02
	A1	0,0000000E+00	-3,9362353E+04	0,0000000E+00
	A2	0,0000000E+00	9,0877371E+02	0,0000000E+00
	A3	0,0000000E+00	-9,3045381E+00	0,0000000E+00
	A4	0,0000000E+00	3,5665540E-02	0,0000000E+00
Curva Chave do Canal de Fuga	A0*	4,2961340E+01	4,3578402E+01	4,3440618E+01
	A1*	8,0683650E-04	8,1395066E-04	8,4796934E-04
	A2*	-1,7742710E-08	-1,9966851E-08	-2,2077844E-08
	A3*	2,6089040E-13	3,4322010E-13	3,8898081E-13
	A4*	-1,7524170E-18	-2,5713693E-18	-2,9024670E-18

4.3. Dados das Configurações de Referência

No Anexo 2, são apresentados todos os dados das UHE Jirau e Santo Antônio referentes às configurações de referência descritas acima e necessários às simulações desta avaliação de revisão de cálculo de garantia física. Foram destacados em negrito os parâmetros considerados de forma distinta em cada configuração de referência. Os usos consuntivos considerados para as UHE Jirau e Santo Antônio se referem ao horizonte de 2016 e foram obtidos da Resolução ANA nº 269, de 27 de abril de 2009.

5. Resultados Obtidos

A seguir são apresentados os resultados obtidos em cada uma das avaliações energéticas anteriormente descritas.

CARGA CRÍTICA E BLOCO HIDRÁULICO

A carga crítica é a máxima oferta global de energia que pode ser atendida ao critério de otimização da expansão do sistema elétrico, assegurada pela igualdade entre os Custos Marginais de Operação – CMO e o Custo Marginal de Expansão – CME, limitados a um risco de déficit de 5%. Esta carga crítica é obtida por simulação estática da operação do sistema hidrotérmico, empregando-se o modelo NEWAVE, em sua versão 16.

A partir dos dados e das premissas apresentados para as duas configurações de referência, foram feitas simulações com o modelo NEWAVE de modo a obter a carga crítica que é

atendida por cada uma das configurações hidrotérmicas.

A carga crítica, os CMO e a média dos riscos anuais de déficit para cada subsistema e em cada configuração são detalhados a seguir.

Tabela 9 – Média dos CMO e riscos anuais de déficit

Média dos Custos Marginais de Operação (R\$/MWh)				
	SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
CRA0	112,99	112,99	113,21	111,25
CRA1	113,18	113,18	113,13	111,23
CRA1b	113,36	113,36	112,75	110,98
Média dos Riscos Anuais de Déficit (%)				
	SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
CRA0	1,51	1,07	0,47	0,81
CRA1	1,57	1,06	0,45	0,70
CRA1b	1,58	1,06	0,35	0,80
Carga Crítica (MWmed)				
	SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
CRA0	40.891	10.560	12.385	8.164
CRA1	41.225	10.646	12.307	8.112
CRA1b	41.354	10.679	12.179	8.028

Tabela 10 – Cargas Críticas e Blocos Hidráulicos

	CRA0	CRA1	CRA1b	
Carga Brasil	72.000	72.290,0	72.240,0	MWmed
Fator Hidráulico	78,80%	78,82%	78,85%	
Bloco Hidráulico	56.734,3	56.980,4	56.960,1	MWmed
Bloco Térmico	15.265,7	15.309,6	15.279,9	MWmed

Os valores de energia firme e garantia física obtidos para as Ampliações das UHE Jirau e Santo Antônio são discriminados na tabela seguinte.

Tabela 11 – Avaliação Energética Integrada - Energias Firmes e Garantias Físicas – Ampliações das UHE Jirau e Santo Antônio – N.A. S. Antônio EI 71,3 m

Configuração	UHE Jirau			UHE Santo Antônio (motorização adicional de 6 máquinas)				
	Nº de Unidades	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	Garantia Física Inconteste (MWmed)	Nº de Unidades	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	Garantia Física (MWmed)

CRA0	44	3300	1873,36	1978,9	44	3150,4	2117,01	2236,3
CRA1	50	3750	2077,67	2188,2	50	3568,8	2319,82	2443,2
Diferença	-	-	204,31	209,3	-	-	202,81	206,9

Complementarmente são apresentados, a seguir, os resultados da análise dos montantes de garantia física “controversos” da Ampliação da UHE Jirau, na qual é considerada a cota operativa da UHE Santo Antônio na El. 70,5 m.

Tabela 12 – Avaliação Energética Integrada - Energias Firmes e Garantias Físicas – Ampliação da UHE Jirau - N.A. S. Antônio El 70,5 m

Configuração	UHE Jirau			
	Nº de Unidades	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	Garantia Física Controversa (MWmed)
CRA0	44	3300	1873,36	1978,9
CRA1b	50	3750	2127,04	2245,5
Diferença	-	-	253,68	266,6

6. Resumo dos Resultados

A seguir é apresentado um resumo dos resultados obtidos da revisão extraordinária dos montantes de Garantia Física decorrentes das ampliações das UHE Jirau e Santo Antonio.

O montante de Garantia Física resulta da soma da Garantia Física Vigente com a diferença entre as garantias físicas obtidas nas duas configurações de referência, conforme resultados apresentados no item 5. Logo, o montante de garantia física “inconteste” da UHE Jirau é constituído pela soma da garantia física “inconteste” devido a sua ampliação e sua garantia física vigente, conforme mostrado na tabela 13.

Tabela 13 – Resumo dos Resultados – Jirau e Santo Antônio – N.A. S. Antônio El 71,3 m

Usina	Rio	UF	Nº de Unidades	Potência Instalada (MW)	Garantia Física Vigente (MWmed)	Δ Garantia Física	Garantia Física (MWmed)
UHE Santo Antônio	Madeira	RO	50	3568,8	2218,0	206,9	2424,9
UHE Jirau	Madeira	RO	50	3750,0	1975,3*	209,3	2184,6

* Do total de 1.975,3 MWmed de garantia física, 2,9 MWmed correspondem ao benefício indireto proporcionado pela operação da curva guia do reservatório da UHE Jirau, segundo Nota Técnica EPE-DEE-RE-052-2008-r2, de 02 de abril de 2008. O benefício indireto foi mantido conforme Art.10 da Portaria 861/2010.

Obviamente que a nova Garantia Física da UHE Santo Antônio depende ainda do atendimento das condições que constam da Nota Técnica nº 243/2011-SGH/ANEEL.

Complementarmente apresenta-se na tabela abaixo os montantes de garantia física “controversos” da UHE Jirau, considerando a cota operativa da UHE Santo Antônio na El. 70,5 m.

Tabela 14 – Resumo dos Resultados – UHE Jirau – N.A. S. Antônio El 70,5 m

Usina	Rio	UF	Nº de Unidades	Potência Instalada (MW)	Garantia Física Vigente (MWmed)	Δ Garantia Física	Garantia Física Controversa (MWmed)
UHE Jirau	Madeira	RO	50	3750,0	1975,3*	266,6	2241,9

* Do total de 1.975,3 MWmed de garantia física, 2,9 MWmed correspondem ao benefício indireto proporcionado pela operação da curva guia do reservatório da UHE Jirau, segundo Nota Técnica EPE-DEE-RE-052-2008-r2, de 02 de abril de 2008. O benefício indireto foi mantido conforme Art.10 da Portaria 861/2010.

As novas garantias físicas para as UHE Jirau e Santo Antônio, “discretizadas” pelo número total de unidades geradoras são apresentadas na tabela 15 a seguir.

Tabela 15 – Montantes de Garantias Físicas por número de total de unidades geradoras – UHE Jirau e Santo Antônio – N.A. S. Antônio El 71,3 m

Montantes de Garantia Física (MWmed)		
Nº unidades	UHE Jirau	UHE Santo Antônio
45	2010,2	2252,5
46	2045,1	2287,0
47	2080,0	2321,5
48	2114,8	2355,9
49	2149,7	2390,4
50	2184,6	2424,9

Os montantes de garantia física “controversos” da UHE Jirau por número total de unidades geradoras são discriminados na tabela seguinte.

Tabela 16 – Montantes de Garantias Físicas por número de total de unidades geradoras – UHE Jirau – N.A. S. Antônio El 70,5 m

Montantes de Garantia Física (MWmed)	
Nº unidades	UHE Jirau
45	2019,7
46	2064,2
47	2108,6

48	2153,0
49	2197,5
50	2241,9

Sendo o objetivo principal desta NT o de calcular o montante de garantia física incontestada da Ampliação da UHE Jirau, que se compõe de mais 6(seis) unidades geradoras, conclui-se que este montante é de **209,3 MW médios**.

Anexo 1 – Configuração Hidrotérmica de Referência

Tabela 17 – Configuração Hidroelétrica

Sudeste / Centro-Oeste / Acre / Rondônia			
A. VERMELHA	DARDANELOS	JAGUARI	QUEIMADO
A.A. LAYDNER	E. DA CUNHA	JURU	RETIRO BAIXO
A.S. LIMA	EMBORCACAO	JIRAU	RONDON 2
A.S.OLIVEIRA	ESPORA	JUPIA	ROSAL
AIMORES	ESTREITO	L.N. GARCEZ	ROSANA
B. COQUEIROS	FIC MAUA	LAJEADO	SA CARVALHO
BAGUARI	FONTES	LAJES	SALTO
BARRA BONITA	FOZ R. CLARO	M. DE MORAES	SALTO GRANDE
BATALHA	FUNIL	MANSO	SAMUEL
BILLINGS	FUNIL-GRANDE	MARIMBONDO	SANTA BRANCA
CACH.DOURADA	FURNAS	MASCARENHAS	SAO DOMINGOS
CACONDE	GUAPORE	MIRANDA	SAO SALVADOR
CACU	GUARAPIRANGA	NAVANHANDAVA	SAO SIMAO
CAMARGOS	GUILMAN-AMOR	NILO PECANHA	SERRA FACAO
CANA BRAVA	HENRY BORDEN	NOVA PONTE	SERRA MESA
CANDONGA	I. SOLT. EQV	OURINHOS	SIMPLICIO
CANOAS I	IBITINGA	P. COLOMBIA	SLT VERDINHO
CANOAS II	IGARAPAVA	P. ESTRELA	SOBRAGI
CAPIM BRANC1	ILHA POMBOS	P. PASSOS	STA CLARA MG
CAPIM BRANC2	IRAPE	P. PRIMAVERA	STO ANTONIO
CAPIVARA	ITAIPU	PARAIBUNA	TAQUARUCU
CHAVANTES	ITIQUIRA I	PEIXE ANGIC	TELES PIRES
COLIDER	ITIQUIRA II	PICADA	TRES MARIAS
CORUMBA I	ITUMBIARA	PIRAJU	VOLTA GRANDE
CORUMBA III	ITUTINGA	PONTE PEDRA	
CORUMBA IV	JAGUARA	PROMISSAO	
Sul			
14 DE JULHO	FUNDAO	MACHADINHO	SALTO CAXIAS
BAIXO IGUACU	G.B. MUNHOZ	MAUA	SALTO OSORIO
BARRA GRANDE	G.P. SOUZA	MONJOLINHO	SALTO PILAO
CAMPOS NOVOS	GARIBALDI	MONTE CLARO	SAO JOSE
CASTRO ALVES	ITA	PASSO FUNDO	SEGREDO
D. FRANCISCA	ITAUBA	PASSO REAL	SLT.SANTIAGO
ERNESTINA	JACUI	PASSO S JOAO	STA CLARA PR
FOZ CHAPECO	JORDAO	QUEBRA QUEIX	
Nordeste			
B. ESPERANCA	FIC QUEIMADO	ITAPARICA	SOBRADINHO
COMP PAF-MOX	FIC RETIRO B	ITAPEBI	XINGO
FIC IRAPE	FIC T.MARIAS	P. CAVALO	
Norte / Manaus / Belo Monte			
BALBINA	CURUA-UNA	FIC LAJEADO	STO ANT JARI
BELO MONTE	ESTREITO TOC	FIC PEIXE AN	TUCURUI
B.MONTE COMP	FERREIRA GOM	FIC SAO SALV	
COARA NUNES	FIC CANA BR	FIC SERRA M	

Tabela 18 – Configuração Termelétrica

Usina	Subsistema	Combustível	Potência Efetiva (MW)	Fcmax (%)	TEIF (%)	IP (%)	Disponibilidade máxima (Mwmed)	Inflexibilidade (Mwmed)	CVU (R\$/MWh)
ALEGRETE	S	OLEO	66	100	14,91	12,25	49,28	0	564,57
ALTOS	NE	DIESEL	13,2	100	2	1,3	12,77	0	464,64
ANGRA 1	SE/CO/AC/RO	NUCLEAR	657	100	3	20	509,83	509,82	21,49
ANGRA 2	SE/CO/AC/RO	NUCLEAR	1350	100	3	8	1204,74	1080	18,96
ANGRA 3	SE/CO/AC/RO	NUCLEAR	1405	100	3	7,4	1262,00	1080	20,17
APARECIDA B1	N/MAN	GAS	130,5	49	2	7	58,28	56	350,72
APARECIDA B2	N/MAN	GAS	121	59,5	2	7	65,62	64	352,32
ARACATI	NE	DIESEL	11,5	100	2	1,3	11,12	0	464,64
ARAUCARIA_T	S	GAS	484,5	100	2	3,5	458,19	0	219
BAHIA 1_TC	NE	GAS	31,6	98	4	2	29,13	0	455,13
BAIA FORMOSA	NE	BIOMASSA	32	100	0	0	32,00	0	0,01
BATURITE	NE	DIESEL	11,5	100	2	1,3	11,12	0	464,64
BOA VISTA	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	80	100	0	0	80,00	0	0,01
BONFIM	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	41	100	0	0	41,00	0	0,01
Cacimbaes	SE/CO/AC/RO	GNL	126,6	100	1,3	2,7	121,58	0	137,73
CAMACARI G	NE	GAS	350	91	0,9	8,2	289,75	2,3	360,81
Camacari MI	NE	Oleo Comb	148	100	4	2	139,24	0	509,86
Camacari PI	NE	Oleo Comb	148	100	4	2	139,24	0	509,86
CAMPINA GRANDE	NE	OLEO COMB	164,2	100	1,3	2,7	157,69	0	329,57
CAMPO MAIOR	NE	DIESEL	13,1	100	2	1,3	12,67	0	464,64
CANDIOTA 3	S	CARVAO	350	100	5,5	4,1	317,19	210	50,47
CANOAS_TC	S	GAS	250,6	100	1,75	6,74	229,62	0	541,93
CARIOBA	SE/CO/AC/RO	OLEO	36	88,9	0	8	29,44	0	937
CAUCAIA	NE	DIESEL	14,8	100	2	1,3	14,32	0	464,64
Cauhyra I	SE/CO/AC/RO	O. Comb. B	148	100	2	4	139,24	0	294,57
CHARQUEADAS	S	CARVAO	72	100	13,94	12,25	54,37	24	154,1
Cisframa	S	Cavaco Mad	4	90	3,5	6	3,27	0	180,51
COCAL	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	28,2	100	2	2	27,08	0	0,01
CODORA	SE/CO/AC/RO	SSA	44,7	100	0	0	44,70	0	0,01
Colorado	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	14	100	0	0	14,00	0	0,01
Costa Pinto	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	65	100	0	0	65,00	0	0,01
CRATO	NE	DIESEL	13,1	100	2	1,3	12,67	0	464,64
CUBATAO_L	SE/CO/AC/RO	GAS	249,9	59,3	2,26	2	141,94	59,3	194,79
CUBATAO_TC	SE/CO/AC/RO	GAS	249,9	21,8	2,8	3,4	51,15	27,1	222,22
CUIABA G CC	SE/CO/AC/RO	GAS	480	100	2	8,31	431,31	12,02	6,27
DAIA	SE/CO/AC/RO	OLEO	44,3	85	2,5	2,2	35,91	0	505,92
DO ATLANTICO	SE/CO/AC/RO	GAS PROCES	490	93	2	6	419,79	419,78	112,46
ELETROBOL_L	SE/CO/AC/RO	GAS	312,8	100	0,9	2,3	302,86	0	159,97
ELETROBOL_TC	SE/CO/AC/RO	GAS	73,1	100	0,9	2,16	70,88	0	250,87
ENGUIA PECÉM	NE	DIESEL	14,8	100	2	1,3	14,32	0	464,64
Escolha	SE/CO/AC/RO	GNL	337,6	100	1,3	2,7	324,21	0	121,73
ESTER	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	37,7	100	0	0	37,70	0	0,01
F.PAULISTA	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	55	100	0	0	55,00	0	0,01
FAFEN_TC	NE	GAS	138	100	2,81	6,48	125,43	0	188,15
FERRARI	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	27	100	0	0	27,00	0	0,01
FIGUEIRA	S	CARVAO	20	87	8,4	12,25	13,99	5	218,77
FORTALEZA	NE	GAS	346,6	98	1,94	1,91	326,72	223	82,34
GLOBAL 1	NE	OLEO COMB	140	100	2	2	134,46	0	329,37
GLOBAL 2	NE	OLEO COMB	148	100	2	4	139,24	0	329,37
Goiania 2 BR	SE/CO/AC/RO	DIESEL	140	97	3	2	129,09	0	550,66
IACANGA	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	12	100	0	0	12,00	0	0,01
IBIRITERM_TC	SE/CO/AC/RO	GAS	226	100	3,5	2,68	212,25	0	188,89
Iconha	SE/CO/AC/RO	O. Comb. B	184	100	1,7	2,42	176,49	0	228,03
IGARAPE	SE/CO/AC/RO	OLEO	131	100	8,46	9,27	108,80	2,23	645,3
IGUATU	NE	DIESEL	14,8	100	2	1,3	14,32	0	464,64
Interlagos	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	40	100	0	0	40,00	0	0,01
ITAPEBI	NE	OLEO COMB	137,6	100	4	2	129,45	0	328,18
J Alencar	NE	GNL	300	100	2	3	285,18	0	119,49
J.LACERDA A1	S	CARVAO	100	100	44,67	12,25	48,55	0	189,54
J.LACERDA A2	S	CARVAO	132	100	10,38	11,09	105,18	33	143,04
J.LACERDA B	S	CARVAO	262	100	6	11,02	219,14	120	142,86
J.LACERDA C	S	CARVAO	363	100	4,11	5,44	329,15	300	116,9
JAGUARARI	NE	DIESEL	101,5	100	2	1,3	98,18	0	464,64
JUAZEIRO	NE	DIESEL	14,8	100	2	1,3	14,32	0	464,64
JUIZ DE FORA	SE/CO/AC/RO	GAS	87,1	100	2	8	78,53	0	150
LAGOA PRATA1	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	47,2	100	0	0	47,20	0	0,01

Usina	Subsistema	Combustível	Potência Efetiva (MW)	Fcmax (%)	TEIF (%)	IP (%)	Disponibilidade máxima (Mwmed)	Inflexibilidade (Mwmed)	CVU (R\$/MWh)
LAGOA PRATA2	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	60	100	0	0	60,00	0	0,01
LINHARES	SE/CO/AC/RO	GNL	204	100	2	3	193,92	0	145,68
MACAE MER_L	SE/CO/AC/RO	GAS	275,5	100	3,5	2	260,54	0	274,54
MACAE MER_TC	SE/CO/AC/RO	GAS	653,3	100	3,5	0,49	627,35	0	253,83
MARACANAU 1	NE	OLEO COMB	162,3	97	3	2	149,65	0	317,19
MARACANAU II	NE	OLEO	70	97	3	2	64,55	0	317,19
MARAMBAIA	NE	DIESEL	13,1	100	2	1,3	12,67	0	464,64
MAUA B3	N/MAN	GAS	120	80	2	7	87,49	87,48	451,68
MC2 Camaca 1	NE	Óleo Comb	176	100	1	2	170,76	0	226,77
MC2 Catu	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2 D DAV 1	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2 D DAV 2	NE	Óleo Comb	176	100	1	2	170,76	0	226,77
MC2 Feira	NE	Óleo Comb	176	100	1	2	170,76	0	227,34
MC2 Gov Mang	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2 João Nei	SE/CO/AC/RO	GNL	330	100	1	2	320,17	0	89,63
MC2 Joinvile	SE/CO/AC/RO	GNL	330	100	1	2	320,17	0	89,63
MC2 Macaíba	NE	O. Comb. B	400	100	1	2	388,08	0	227,19
MC2 Messias	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	229,06
MC2 N S SOCO	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	230,95
MC2 N VENECI	SE/CO/AC/RO	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2 PECEM 2	NE	O. Comb. B	350	100	1	2	339,57	0	223,8
MC2 RIO LARG	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	229,06
MC2 SAPEACU	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2 SR BONFI	NE	Óleo Comb	176	100	1	2	170,76	0	226,77
MC2 STO ANT	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2 SUAPE II	NE	O. Comb. B	350	100	1	2	339,57	0	223,8
MC2Camaçari2	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MC2Camaçari3	NE	O. Comb. B	176	100	1	2	170,76	0	226,25
MONTE PASCOAL	NE	OLEO COMB	137,6	100	4	2	129,45	0	321,52
NAZARIA	NE	DIESEL	13,1	100	2	1,3	12,67	0	464,64
NORTEFLU-1	SE/CO/AC/RO	Gas	400	100	0	0	400,00	383,99	37,8
NORTEFLU-2	SE/CO/AC/RO	Gas	100	100	5,56	7,61	87,25	0	51,93
NORTEFLU-3	SE/CO/AC/RO	Gas	200	100	5,56	7,61	174,51	0	90,69
NORTEFLU-4	SE/CO/AC/RO	Gas	168,9	100	5,56	7,61	147,37	0	131,68
NOVA OLINDA	N/MAN	OLEO COMB	165	96	1,3	2,7	152,12	0	329,56
NOVAPIRAT_TC	SE/CO/AC/RO	GAS	386,1	100	2,69	3,4	362,94	0	317,98
NUTEPA	S	OLEO	24	83	1,8	0,1	19,54	0	780
P PECEM 2	NE	CARVAO IMP	360	100	1,5	3,5	342,19	0	97,01
P. PECEM 1	NE	CARVAO	720,3	100	1,7	8,3	649,29	0	90,2
P.MEDICI A	S	CARVAO	126	87,3	14	23	72,84	50	115,9
P.MEDICI B	S	CARVAO	320	90	20	10	207,36	105	115,9
PALMEIRA GOI	SE/CO/AC/RO	OLEO DIESE	174,3	80	2,5	2,2	132,96	0	448,95
Pau FerroI	NE	Oleo Diese	94	100	0	0	94,00	0	678,03
PERNAMBUCO 3	NE	O. Comb. B	200,8	100	1	2	194,82	0	240
Pernambuco 4	NE	Óleo Comb	200,8	100	1	2	194,82	0	250,47
PETROLINA_L	NE	OLEO	136	100	2,5	5,5	125,31	0	559,39
PIE C ROCHA	N/MAN	GAS	85,4	100	0,01	0,01	85,38	64,98	336,35
PIE JARAQUI	N/MAN	GAS	83,3	72	2	0	58,78	58,78	165,81
PIE MANAUARA	N/MAN	GAS	85,4	70,3	2	0	58,84	58,79	174,46
PIE P NEGRA	N/MAN	GAS	85,4	70,3	2	0	58,84	58,79	166,41
PIE TAMBAQUI	N/MAN	GAS	81,9	73,2	2	0	58,75	58,75	165,81
PIE-RP	SE/CO/AC/RO	BIO+OUTROS	27,8	100	1,8	2	26,75	0	152,8
PIONEIROS II	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	50	100	0	0	50,00	0	0,01
PIRAT.34V_TC	SE/CO/AC/RO	VAPOR	272	100	1,47	11,02	238,47	0	317,98
PORTO ITAQUI	N/MAN	CARVAO	360,1	100	1,5	3,5	342,28	0	92,67
Potiguar	NE	Oleo Diese	52,8	100	2	2	50,71	0	611,57
Potiguar III	NE	Oleo Diese	66	82,5	0	0	54,45	0	611,56
QUATA	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	53,6	100	0	0	53,60	0	0,01
Quirinop_EXP	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	40	100	0	0	40,00	0	0,01
Quirinopolis	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	40	100	0	0	40,00	0	0,01
R.BRILHANTE1	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	40	100	0	0	40,00	0	0,01
R.BRILHANTE2	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	90	100	0	0	90,00	0	0,01
R.SILVEIRA G	SE/CO/AC/RO	GAS	32	94	2,06	12,25	25,85	0	523,35
Rafard	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	43	100	0	0	43,00	0	0,01
S R CASSIA	NE	Óleo Comb	174,6	100	1	2	169,40	0	250,47
S.J.BOAVISTA	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	70	100	0	0	70,00	0	0,01
S.JERONIMO	S	CARVAO	20	90	1,25	1,25	17,55	5	248,31

Usina	Subsistema	Combustível	Potência Efetiva (MW)	Fcmax (%)	TEIF (%)	IP (%)	Disponibilidade máxima (Mwmed)	Inflexibilidade (Mwmed)	CVU (R\$/MWh)
Santa Isabel	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	40	100	0	0	40,00	0	0,01
SANTANA W	N/MAN	DIESEL	62,4	100	1,85	13,54	52,95	0	494,14
Sao Jose	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	50	100	0	0	50,00	0	0,01
SJoao Biogas	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	20	100	0	0	20,00	0	0,01
ST CRUZ NOVA 12	SE/CO/AC/RO	GAS	500	100	2,2	6,3	458,19	0	96,65
ST.CRUZ 34	SE/CO/AC/RO	OLEO	440	90,9	9,18	5,44	343,48	0	310,41
STACRUZ AB 1	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	25	100	0	0	25,00	0	0,01
STACRUZ AB 2	SE/CO/AC/RO	BIOMASSA	25	100	0	0	25,00	0	0,01
SUAPE II	NE	OLEO	355,7	100	1	2	345,10	0	328,81
T.NORTE 1	SE/CO/AC/RO	OLEO	64	100	4,86	4,77	57,99	0	610,33
TERMBAHIA_TC	NE	GAS	185,9	100	1,5	4,22	175,38	0	204,43
TERMCEARA_L	NE	GAS	152,8	100	1,2	0,6	150,06	0	185,09
TERMCEARA_TC	NE	GAS	70,2	100	1,93	2,9	66,85	0	492,29
TERMOCABO	NE	OLEO	49,7	98	2	2	46,78	0	325,67
Termomanaus	NE	Oleo Diese	142,2	100	0	0	142,20	0	678,03
TERMONORDESTE	NE	OLEO COMB	170,8	95	3	1	155,82	0	329,2
TERMONORTE 2	SE/CO/AC/RO	OLEO	340	100	4,79	4,82	308,11	0	487,56
TERMOPARAIBA	NE	OLEO COMB	170,8	95	3	1	155,82	0	329,2
TERMOPE	NE	GAS	601,8	88,1	3	4,5	491,14	348,8	70,16
TERMOPOWER 5	NE	O. Comb. B	200,8	100	1	2	194,82	0	240
TERMOPOWER 6	NE	O. Comb. B	200,8	100	1	2	194,82	0	240
TERMORIO_L	SE/CO/AC/RO	GAS	739,3	100	1	2,7	712,15	71,71	122,65
TERMORIO_TC	SE/CO/AC/RO	GAS	296,8	100	1,34	1,72	287,79	28,79	214,48
TOCANTINOPOLIS	N/MAN	OLEO COMB	165	96	1,3	2,7	152,12	0	329,56
TRES LAG_L	SE/CO/AC/RO	GAS	132,4	100	1,2	2,88	127,04	0	101,33
TRES LAG_T	SE/CO/AC/RO	GAS	217,6	100	1,15	3,45	207,68	0	140,34
URUGUAIANA G	S	GAS	0	0	0,18	3,95	0,00	480	141,18
UTE BRASILIA	SE/CO/AC/RO	DIESEL 1	10	80	19,45	0	6,44	0	1047,38
UTE SOL	SE/CO/AC/RO	Resíduos I	196,5	100	3,79	13,61	163,32	132,98	0,01
VALE ACU_TC	NE	GAS	367,9	100	3	5,2	338,31	0	287,83
VIANA	SE/CO/AC/RO	OLEO COMB	170,8	100	1,3	2,7	164,03	0	329,57
W.ARJONA	SE/CO/AC/RO	DIESEL	190	90	1,92	2,32	163,83	0	197,85
XAVANTE	SE/CO/AC/RO	DIESEL	53,7	100	3,5	8	47,67	0	733,54

Anexo 2 – Dados Energéticos das UHE Jirau e Santo Antônio

Tabela 19 – Dados Energéticos – UHE Jirau

UHE JIRAU	CRA0	CRA1	CRA1b
Potência instalada (MW)	3300,00	3750,00	3750,00
Número de unidades geradoras	44	50	50
Hidrelétrica a jusante	Santo Antonio	Santo Antonio	Santo Antonio
Tipo de turbina	Bulbo	Bulbo	Bulbo
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	93,00	93,10	93,40
Taxa de indisponibilidade forçada - TEIF (%)	0,500	0,500	0,500
Indisponibilidade programa - IP (%)	0,000	0,000	0,000
Interligação no Subsistema	Sudeste	Sudeste	Sudeste
Queda líquida de referência (m)	15,20	15,20	15,20
Constante de perdas no circuito de adução	-	1,689E-06	1,689E-06
Perda Hidráulica média (m)	0,30	0,40	0,39
Canal de fuga médio (m)	74,09	73,21	72,71
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	S	S	S
Vazão nominal unitária (m³/s)	541	540	540
Vazão sanitária (m³/s)	3240,00	3240,00	3240,00
Vazão remanescente (m³/s)	-	-	-
Vazão mínima do histórico (m³/s)	1386	1386	1386
Vazão mínima defluente (m³/s)	3240	3240	3240

RESERVATÓRIO	CRA0	CRA1	CRA1b
Volume máximo (hm³)	2021,300	2739,000	2739,000
Volume mínimo (hm³)	2021,300	2739,000	2739,000
Volume de vertimento (hm³)	2021,300	1249,800	1249,800
NA máximo normal (m)	90,00	90,00	90,00
NA mínimo normal (m)	90,00	90,00	90,00
Área máxima (km²)	262,20	302,60	302,60
Área mínima (km²)	262,20	302,60	302,60
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Diária	Diária	Diária

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-80	-67	-93	-81	-74	-29	11	41	-25	-82	-66	-81

POLINÔMIOS

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC - CRA0	7,1014580E+01	1,8940260E-02	-6,5739360E-06	9,1543080E-10	0,0000000E+00
PVC - CRA1(b)	6,6354790E+01	2,0687220E-02	-8,2828520E-06	1,9225440E-09	-1,8448350E-13
PCA - CRA0	1,2956500E+06	-6,1179930E+04	1,0838320E+03	-8,5389520E+00	2,5250150E-02
PCA - CRA1(b)	-7,8803840E+04	2,9024610E+03	-3,5699010E+01	1,4685020E-01	0,0000000E+00
PVNU - CRA0	7,0003830E+01	7,4964310E-07	1,2689680E-08	-2,7783620E-13	1,9171740E-18
PVNU - CRA1	7,1263320E+01	3,1764138E-06	4,0662101E-09	-5,7741004E-14	2,9045799E-19
PVNU - CRA1b	7,0500000E+01	6,6244655E-06	4,6535045E-09	-7,0618369E-14	3,6949953E-19

VAZÕES DE USO CONSUNTIVO (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9	-54,9

Vazão (m³/s)	5.600	6.800	10.400	10.600	15.900	16.600	22.700	23.900	29.100	30.200	33.600	48.800
N.A. meta em Abunã (m)	83,7	84,5	86,8	86,8	89,5	89,9	92,1	92,5	93,4	93,6	94,2	97,7
Curva-guia do reservatório (m)	CRA0	82,5	83	85	85	87	87,5	89,5	90	90	90	90
	CRA1	82,5	83,1	84,7	84,8	87,2	87,5	90	90	90	90	90
Volume no reservatório (hm³)	CRA0	807,1	857,6	1.085,60	1.085,60	1.373,60	1.459,20	1.887,60	2.021,30	2.021,30	2.021,30	2.021,30
	CRA1	1.239,90	1.327,40	1.564,20	1.580,50	2.037,60	2.102,60	2.738,50	2.738,50	2.738,50	2.738,50	2.738,50

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (já Reconstituída levando em conta os usos consuntivos)

CRAO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	29280	40669	45166	39273	30858	22453	15865	11844	7221	7948	12652	19530
1932	30989	36772	43411	41708	35536	26900	19992	11240	6197	6803	17426	26457
1933	34100	42570	45774	48805	36927	22796	11533	5961	4526	8523	8422	15289
1934	22965	35848	39032	39422	29701	21930	17028	8581	3316	4191	10656	32074
1935	39132	45283	44566	41026	23883	17580	12078	9433	6296	7147	9869	15344
1936	23808	28943	28155	24915	22467	20049	11736	6656	5419	5545	6173	15304
1937	31912	37769	47018	42659	25982	15145	11270	6479	5520	7018	9032	10862
1938	18981	28577	29385	26159	19333	10723	8241	4000	2619	3885	6379	9047
1939	15264	21479	27110	30376	19802	8347	3745	2312	1384	4268	6792	16223
1940	26046	30431	36627	33265	25999	21636	18012	17382	15561	8906	13062	19756
1941	20135	30460	47113	43338	35713	23693	14929	12094	10659	13391	16366	22291
1942	25548	38133	38313	37991	34266	30311	20068	12540	11582	12388	13431	13158
1943	17450	26653	34594	33361	28025	19859	12736	7698	5526	6826	15499	21178
1944	25853	33988	41708	37578	32394	15872	10697	7197	5653	6907	16259	17817
1945	23935	34315	38406	39354	28285	13768	6246	5381	6035	7983	13131	19526
1946	24459	29473	36375	36905	25518	20898	16127	11050	8293	9271	11079	21517
1947	29221	31872	34284	27686	20660	12574	7858	5631	4889	5663	12664	14911
1948	18034	23409	28299	30592	25675	18971	12556	7811	4714	4370	7041	13866
1949	20004	26908	32083	32449	26051	18695	12476	7876	4725	5191	9177	14263
1950	21737	28642	34727	33954	26842	18791	11334	6115	4070	5354	9869	15039
1951	21061	28142	32324	30662	24278	16965	10927	6577	5429	6699	10748	16158
1952	21875	29694	33533	31316	24876	17762	11476	7405	4785	5839	9031	14646
1953	20548	25972	29013	29019	23571	16770	10490	6002	3815	4940	8930	16308
1954	23423	29765	35827	35273	27319	18333	11035	5819	3333	3573	6476	11477
1955	16164	24209	30124	31488	25351	17382	10600	6172	3670	3688	6788	12374
1956	21391	29275	30985	28337	22253	15213	9792	6203	5027	6843	9911	15677
1957	20287	25466	29276	29572	24715	17545	11364	8114	6315	7893	11676	18096
1958	25734	30878	33198	32813	25400	17178	10404	6382	4061	6090	10601	17164
1959	25872	32927	35357	34946	27175	17931	10666	5848	3963	5106	8674	14603
1960	21823	28203	31443	31381	26570	18815	11384	6565	4675	5983	10156	15205
1961	18949	22644	26018	27268	24226	18029	11577	6445	3773	3967	8544	16308
1962	23631	29402	31200	29998	23688	16196	9420	5330	3481	4746	6660	11120
1963	18917	26083	30765	30498	23949	16451	10308	5704	3211	3641	5402	8994
1964	16401	22434	29382	32105	26946	18921	11724	6644	4999	8521	12739	17635
1965	24521	29598	31348	30493	23747	15618	9462	6020	3974	5283	8660	14326
1966	19685	24175	26248	26930	21667	17333	13018	8615	5528	6482	9335	12825
1967	18113	23288	28759	29505	16638	11864	6695	5085	3749	3986	7595	9786
1968	13394	23868	32208	25379	13545	6958	4782	3671	4874	4834	7213	11663
1969	22242	25122	25154	24213	15289	11967	7649	4877	4319	10998	6480	13431
1970	16430	22072	27788	27767	23319	16999	9666	5450	4802	4792	6106	9516
1971	18560	28729	32197	26191	17176	10110	7706	4694	4249	6456	8978	14661
1972	19588	26954	33921	33723	22640	16261	8812	7543	9736	10303	9578	19458
1973	23934	32735	37056	35820	27274	20397	12991	8759	6658	6771	12578	20225
1974	28871	34265	40363	34673	27789	18840	11770	7486	5330	5919	10484	13338
1975	21191	30262	35766	33285	24268	16652	12787	6758	4875	7574	8409	17563
1976	26309	34604	37776	34415	26188	17735	9399	5272	4491	4789	8103	12517
1977	24460	28445	38674	34858	28155	18920	11999	7485	5792	7438	12710	19136
1978	26353	32240	38795	33069	24685	17575	12506	5917	3740	4545	8107	20105
1979	29340	34883	36873	39926	32838	21195	11619	6368	5135	5250	6794	10942
1980	20081	25731	33566	34404	27428	22396	13398	8111	7181	8159	9026	12239
1981	17891	28064	35011	34981	28492	23346	11946	6087	4591	7017	12591	19501
1982	29516	36118	41483	44887	37542	26933	19261	10752	6740	12083	18113	22416
1983	25074	30240	34208	30507	29778	23974	20796	12910	6673	5629	8512	13047
1984	24775	33306	40462	46294	38826	26308	16211	8053	5368	5632	15008	20909
1985	28733	33471	34240	34866	32885	23308	14488	10414	7381	8667	12335	16234
1986	25056	34746	41209	43261	33863	26207	17203	11054	9121	10156	8831	17401
1987	25949	30972	27864	23682	22051	14022	8379	5795	4164	5195	10632	20690
1988	25559	31886	34460	39487	30812	21702	12964	6201	3829	4161	5714	9919
1989	21427	28295	31680	30811	23907	15355	10548	6085	5779	5096	6421	10172
1990	20894	27702	28565	24389	22238	18588	12622	6635	5347	6640	14880	19348
1991	26970	33599	35535	33633	25597	19559	12064	7886	5997	7070	10810	15875
1992	24907	26456	37421	35941	31816	24172	19976	10242	12400	15200	16478	22512
1993	30239	38598	42023	42855	32341	19984	11132	7585	6965	6809	12350	19066
1994	24764	32077	33214	33377	25405	14989	8844	5925	3591	5427	13377	20855
1995	25499	28470	35815	34281	24126	14771	8755	6984	3700	3717	5374	13566
1996	18786	27954	29262	31051	20506	14010	8513	4608	4642	6060	13710	17005
1997	24390	32052	42458	43479	33325	22922	13934	7954	4917	6702	9594	16895
1998	21378	23842	32889	33625	21291	12029	7188	4616	4328	6025	13712	20872
1999	26168	33374	33734	32628	22294	14272	10179	5241	3676	4205	5809	13459
2000	19124	25228	30493	27098	18794	13671	8711	5546	6237	4484	9633	15578
2001	23633	32289	40261	34905	25204	17841	10431	6500	4395	5436	11303	16698
2002	22687	27445	35136	29413	22626	16718	9059	5628	4630	5780	8541	14984
2003	21536	28644	32139	32395	21589	15076	8117	5011	3861	5911	7366	13277
2004	26504	29227	26441	25945	20408	13108	8735	6183	4178	4572	8755	14970
2005	21271	24090	28618	25307	15861	12356	6810	3494	2583	3996	8591	15012
2006	25583	36244	38001	37544	23123	14073	8657	4960	3499	5652	11989	17844
2007	24138	27948	36453	38691	31106	19818	10249	6430	3618	4787	11805	19955
2008	29025	37367	39996	41514	33536	22505	12119	7840	5715	6538	9456	11462
2009	23057	26399	34902	36817	31093	22759	16538	10778	7049	7985	11577	20700

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (Já Reconstituída levando em conta os usos consuntivos)

CRA 1(b)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	29326	40733	45237	39335	30907	22488	15890	11862	7232	7960	12672	19561
1932	31038	36830	43480	41773	35592	26942	20024	11258	6207	6814	17454	26499
1933	34154	42637	45846	48882	36985	22832	11551	5971	4533	8537	8435	15313
1934	23002	35904	39094	39484	29748	21964	17055	8595	3322	4197	10672	32125
1935	39193	45354	44636	41091	23921	17607	12097	9448	6306	7159	9884	15368
1936	23846	28989	28199	24954	22502	20081	11755	6666	5428	5554	6182	15328
1937	31962	37828	47092	42726	26023	15169	11288	6489	5528	7030	9046	10879
1938	19011	28623	29431	26200	19364	10740	8254	4006	2623	3891	6389	9061
1939	15288	21513	27153	30424	19834	8360	3751	2316	1386	4274	6803	16249
1940	26087	30479	36684	33317	26040	21670	18041	17409	15586	8920	13083	19787
1941	20167	30508	47187	43407	35769	23731	14953	12113	10675	13412	16392	22326
1942	25589	38194	38374	38051	34320	30359	20100	12560	11600	12407	13452	13178
1943	17477	26695	34648	33414	28069	19891	12756	7710	5535	6836	15524	21212
1944	25894	34042	41773	37637	23331	15897	10714	7209	5662	6918	16284	17845
1945	23973	34370	38467	39416	28330	13790	6256	5389	6044	7996	13152	19557
1946	24498	29519	36432	36963	25558	20931	16152	11067	8306	9285	11096	21551
1947	29267	31923	34338	27730	20693	12594	7871	5640	4897	5672	12684	14935
1948	18062	23446	28343	30640	25716	19000	12577	7823	4722	4378	7051	13888
1949	20036	26950	32133	32500	26092	18724	12496	7889	4732	5199	9192	14286
1950	21771	28688	34782	34008	26884	18820	11352	6124	4076	5363	9884	15063
1951	21095	28186	32375	30710	24317	16992	10944	6587	5438	6709	10765	16184
1952	21909	29741	33585	31366	24915	17790	11495	7417	4792	5848	9045	14670
1953	20580	26012	29059	29065	23608	16797	10507	6011	3821	4948	8945	16334
1954	23460	29812	35884	35328	27362	18362	11053	5828	3337	3579	6486	11495
1955	16190	24247	30172	31537	25391	17409	10616	6181	3676	3694	6799	12393
1956	21425	29321	31034	28381	22287	15236	9807	6213	5035	6853	9927	15701
1957	20318	25506	29322	29619	24754	17573	11382	8127	6325	7905	11695	18125
1958	25775	30927	33250	32864	25441	17204	10420	6392	4067	6100	10617	17191
1959	25913	32980	35413	35001	27218	17959	10682	5857	3969	5114	8687	14627
1960	21858	28247	31492	31430	26612	18845	11401	6575	4682	5992	10172	15229
1961	18979	22680	26059	27311	24265	18058	11595	6455	3779	3974	8557	16335
1962	23669	29448	31249	30045	23725	16221	9434	5338	3486	4754	6671	11137
1963	18947	26123	30813	30546	23987	16477	10324	5712	3216	3647	5410	9009
1964	16427	22469	29428	32156	26989	18950	11742	6655	5007	8534	12759	17663
1965	24559	29644	31398	30542	23785	15642	9477	6030	3981	5291	8674	14349
1966	19716	24212	26289	26973	21701	17360	13039	8628	5536	6493	9349	12845
1967	18141	23325	28804	29552	16665	11883	6705	5093	3755	3993	7607	9802
1968	13415	23906	32259	25419	13567	6969	4789	3676	4882	4842	7225	11681
1969	22277	25162	25193	24251	15313	11986	7661	4885	4325	11015	6491	13452
1970	16456	22107	27832	27811	23355	17026	9681	5458	4809	4799	6115	9531
1971	18589	28774	32248	26233	17203	10126	7718	4702	4256	6466	8992	14684
1972	19619	26996	33975	33777	22676	16286	8826	7555	9751	10320	9593	19489
1973	23972	32787	37114	35877	27317	20430	13012	8773	6668	6781	12598	20257
1974	28916	34319	40427	34728	27833	18869	11788	7497	5338	5928	10501	13359
1975	21225	30310	35823	33337	24306	16678	12807	6769	4883	7586	8422	17591
1976	26351	34658	37836	34469	26229	17763	9413	5280	4498	4796	8116	12537
1977	24499	28490	38735	34913	28199	18950	12018	7496	5801	7450	12730	19166
1978	26394	32291	38857	33121	24724	17602	12525	5926	3746	4552	8120	20137
1979	29386	34938	36931	39989	32890	21229	11638	6378	5143	5258	6805	10959
1980	20112	25772	33619	34458	27471	22431	13419	8124	7192	8172	9040	12258
1981	17920	28108	35066	35036	28537	23383	11965	6097	4598	7028	12611	19532
1982	29562	36175	41549	44958	37602	26976	19291	10769	6751	12102	18141	22451
1983	25114	30287	34262	30555	29825	24011	20829	12930	6684	5638	8526	13067
1984	24814	33359	40526	46367	38887	26350	16236	8066	5377	5641	15031	20942
1985	28778	33523	34294	34921	32937	23344	14511	10430	7393	8681	12355	16260
1986	25096	34801	41274	43329	33916	26249	17230	11071	9136	10172	8845	17428
1987	25989	31021	27908	23720	22086	14044	8392	5804	4171	5203	10649	20722
1988	25599	31936	34514	39549	30861	21736	12984	6211	3835	4168	5723	9935
1989	21461	28340	31730	30860	23944	15379	10565	6095	5788	5104	6432	10188
1990	20927	27746	28610	24427	22273	18617	12642	6645	5356	6650	14903	19379
1991	27013	33652	35591	33686	25638	19589	12083	7898	6006	7081	10827	15900
1992	24946	26498	37480	35998	31866	24210	20007	10258	12420	15224	16504	22548
1993	30286	38659	42090	42923	32392	20016	11149	7597	6976	6820	12370	19096
1994	24803	32127	33266	33430	25445	15013	8858	5934	3597	5436	13398	20888
1995	25539	28515	35872	34335	24164	14794	8769	6995	3706	3723	5382	13587
1996	18816	27998	29308	31100	20538	14033	8527	4615	4650	6069	13732	17032
1997	24428	32103	42525	43548	33378	22958	13956	7966	4924	6712	9609	16922
1998	21412	23879	32941	33678	21324	12048	7199	4623	4334	6035	13734	20904
1999	26209	33427	33787	32679	22329	14295	10195	5250	3682	4211	5818	13480
2000	19154	25267	30542	27141	18824	13693	8725	5555	6246	4491	9648	15603
2001	23671	32339	40324	34961	25244	17868	10447	6510	4402	5445	11322	16725
2002	22723	27488	35191	29459	22662	16744	9074	5637	4637	5789	8554	15008
2003	21570	28690	32190	32446	21623	15100	8130	5019	3867	5920	7627	13885
2004	27615	30255	27686	27242	21486	13685	9032	6396	4297	4705	9085	15678
2005	22423	25315	29778	26491	16631	12886	7050	3568	2586	4092	8910	15810
2006	26195	35697	37069	36732	23834	14468	8832	5032	3512	5741	12292	18447
2007	25441	29106	36366	38108	31909	20852	10663	6662	3706	5008	12313	20684
2008	23472	30168	34695	33642	25843	18039	11535	7127	5354	6443	10215	16290

Tabela 20 – Dados Energéticos – UHE Santo Antônio

UHE SANTO ANTONIO	CRA0	CRA1	CRA1b
Potência instalada (MW)	3150,40	3568,80	3150,40
Número de unidades geradoras	44	50	44
Hidrelétrica a jusante	0,00	0,00	0,00
Tipo de turbina	Kaplan	Kaplan	Kaplan
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	93,00	90,60	89,80
Taxa de indisponibilidade forçada - TEIF (%)	0,500	0,500	0,500
Indisponibilidade programa - IP (%)	0,000	0,000	0,000
Interligação no Subsistema	0,00	0,00	0,00
Queda líquida de referência (m)	13,90	13,90	13,90
Constante de perdas no circuito de adução	-	-	-
Perda Hidráulica média (m)	0,30	0,16	0,30
Canal de fuga médio (m)	53,10	54,91	54,59
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	S	S	S
Vazão nominal unitária (m³/s)	565	599	565
Vazão sanitária (m³/s)	0,00	0,00	0,00
Vazão remanescente (m³/s)	40	40,00	40,00
Vazão mínima do histórico (m³/s)	1407	1407	1407
Vazão mínima defluente (m³/s)	1407	3293	3293

RESERVATÓRIO	CRA0	CRA1	CRA1b
Volume máximo (hm³)	2075,130	2282,800	2075,130
Volume mínimo (hm³)	2075,130	2282,800	2075,130
Volume de vertimento (hm³)	0,000	2282,800	0,000
NA máximo normal (m)	70,00	71,30	70,50
NA mínimo normal (m)	70,00	71,30	70,50
Área máxima (km²)	271,26	292,60	271,26
Área mínima (km²)	271,26	292,60	271,26
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Diária	Diária	Diária

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-80	-67	-93	-81	-74	-29	11	41	-25	-82	-66	-81

POLINÔMIOS

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC - CRA0	7,0000000E+01	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00
PVC - CRA1	5,4716560E+01	2,0408130E-02	-1,3841520E-05	5,2457230E-09	-7,4668770E-13
PVC - CRA1b	7,0500000E+01	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00
PCA - CRA0(1b)	2,7126000E+02	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00
PCA - CRA1	6,3775664E+05	-3,9362353E+04	9,0877371E+02	-9,3045381E+00	3,5665540E-02
PVNU - CRA0	4,2961340E+01	8,0683650E-04	-1,7742710E-08	2,6089040E-13	-1,7524170E-18
PVNU - CRA1	4,3578402E+01	8,1395066E-04	-1,9966851E-08	3,4322010E-13	-2,5713693E-18
PVNU - CRA1b	4,3440618E+01	8,4796934E-04	-2,2077844E-08	3,8898081E-13	-2,9024670E-18

VAZÕES DE USO CONSUNTIVO (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016												

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (Já Reconstituída levando em conta os usos consuntivos)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	29770	41350	45922	39931	31375	22829	16131	12042	7342	8081	12864	19857
1932	31508	37388	44138	42406	36131	27350	20327	11428	6301	6917	17718	26900
1933	34671	43283	46540	49622	37545	23178	11726	6061	4602	8666	8563	15545
1934	23350	36448	39686	40082	30198	22297	17313	8725	3372	4261	10834	32611
1935	39787	46041	45312	41713	24283	17874	12280	9591	6401	7267	10034	15601
1936	24207	29428	28626	25332	22843	20385	11933	6767	5510	5638	6276	15560
1937	32446	38401	47805	43373	26417	15399	11459	6587	5612	7136	9183	11044
1938	19299	29056	29877	26597	19657	10903	8379	4067	2663	3950	6486	9198
1939	15520	21839	27564	30885	20134	8487	3808	2351	1407	4339	6906	16495
1940	26482	30941	37240	33822	26434	21998	18314	17673	15822	9055	13281	20087
1941	20472	30970	47902	44064	36311	24090	15179	12296	10837	13615	16640	22664
1942	25976	38772	38955	38627	34840	30819	20404	12750	11776	12595	13656	13378
1943	17742	27099	35173	33920	28494	20192	12949	7827	5619	6940	15759	21533
1944	26286	34557	42406	38207	23684	16138	10876	7318	5748	7023	16531	18115
1945	24336	34890	39049	40013	28759	13999	6351	5471	6136	8117	13351	19853
1946	24869	29966	36984	37523	25945	21248	16397	11235	8432	9426	11264	21877
1947	29710	32406	34858	28150	21006	12785	7990	5725	4971	5758	12876	15161
1948	18336	23801	28772	31104	26105	19288	12767	7941	4793	4444	7158	14098
1949	20339	27358	32620	32992	26487	19008	12685	8008	4804	5278	9331	14502
1950	22101	29122	35309	34523	27291	19105	11524	6217	4138	5444	10034	15291
1951	21414	28613	32865	31175	24685	17249	11110	6687	5520	6811	10928	16429
1952	22241	30191	34094	31841	25292	18059	11669	7529	4865	5937	9182	14892
1953	20892	26406	29499	29505	23966	17051	10666	6102	3879	5023	9080	16581
1954	23815	30263	36427	35863	27776	18640	11220	5916	3388	3633	6584	11669
1955	16435	24614	30629	32015	25776	17673	10777	6275	3732	3750	6902	12581
1956	21749	29765	31504	28811	22625	15467	9956	6307	5111	6957	10077	15939
1957	20626	25892	29766	30068	25129	17839	11554	8250	6421	8025	11872	18399
1958	26165	31395	33754	33362	25826	17465	10578	6489	4129	6192	10778	17451
1959	26305	33479	35949	35531	27630	18231	10844	5946	4029	5191	8819	14848
1960	22189	28675	31969	31906	27015	19130	11574	6675	4753	6083	10326	15460
1961	19266	23023	26454	27725	24632	18331	11771	6553	3836	4034	8687	16582
1962	24027	29894	31722	30500	24084	16467	9577	5419	3539	4826	6772	11306
1963	19234	26519	31280	31009	24350	16727	10480	5799	3265	3702	5492	9145
1964	16676	22809	29874	32643	27398	19237	11920	6756	5083	8663	12952	17930
1965	24931	30093	31873	31004	24145	15879	9621	6121	4041	5371	8805	14566
1966	20015	24579	26687	27381	22030	17623	13236	8759	5620	6591	9491	13040
1967	18416	23678	29240	29999	16917	12063	6807	5170	3812	4053	7722	9950
1968	13618	24268	32747	25804	13772	7075	4862	3732	4956	4915	7334	11858
1969	22614	25543	25575	24618	15545	12167	7777	4959	4391	11182	6589	13656
1970	16705	22442	28253	28232	23709	17284	9828	5541	4882	4872	6208	9675
1971	18871	29210	32736	26630	17464	10279	7835	4773	4320	6564	9128	14906
1972	19916	27405	34489	34288	23019	16533	8960	7669	9899	10476	9738	19784
1973	24335	33283	37676	36420	27731	20739	13209	8906	6769	6884	12789	20564
1974	29354	34839	41039	35254	28254	19155	11967	7611	5419	6018	10660	13561
1975	21546	30769	36365	33842	24674	16931	13001	6871	4957	7701	8550	17857
1976	26750	35183	38409	34991	26626	18032	9556	5360	4566	4869	8239	12727
1977	24870	28921	39322	35442	28626	19237	12200	7610	5889	7563	12923	19456
1978	26794	32780	39445	33623	25098	17869	12715	6016	3803	4621	8243	20442
1979	29831	35467	37490	40595	33388	21550	11814	6475	5221	5338	6908	11125
1980	20417	26162	34128	34980	27887	22771	13622	8247	7301	8296	9177	12444
1981	18191	28534	35597	35567	28969	23737	12146	6189	4668	7134	12802	19828
1982	30010	36723	42178	45639	38171	27384	19583	10932	6853	12285	18416	22791
1983	25494	30746	34781	31018	30277	24375	21144	13126	6785	5723	8655	13265
1984	25190	33864	41140	47069	39476	26749	16482	8188	5458	5726	15259	21259
1985	29214	34031	34813	35450	33436	23698	14731	10588	7505	8812	12542	16506
1986	25476	35328	41899	43985	34430	26646	17491	11239	9274	10326	8979	17692
1987	26383	31491	28331	24079	22420	14257	8519	5892	4234	5282	10810	21036
1988	25987	32420	35037	40148	31328	22065	13181	6305	3893	4231	5810	10085
1989	21786	28769	32210	31327	24307	15612	10725	6187	5876	5181	6529	10342
1990	21244	28166	29043	24797	22610	18899	12833	6746	5437	6751	15129	19672
1991	27422	34162	36130	34196	26026	19886	12266	8018	6097	7188	10991	16141
1992	25324	26899	38048	36543	32349	24577	20310	10413	12608	15455	16754	22889
1993	30745	39244	42727	43573	32883	20319	11318	7712	7082	6923	12557	19385
1994	25179	32614	33770	33936	25830	15240	8992	6024	3651	5518	13601	21204
1995	25926	28947	36415	34855	24530	15018	8902	7101	3762	3779	5464	13793
1996	19101	28422	29752	31571	20849	14245	8656	4685	4720	6161	13940	17290
1997	24798	32589	43169	44207	33883	23306	14167	8087	4999	6814	9755	17178
1998	21736	24241	33440	34188	21647	12230	7308	4693	4400	6126	13942	21221
1999	26606	33933	34299	33174	22667	14511	10349	5329	3738	4275	5906	13684
2000	19444	25650	31004	27552	19109	13900	8857	5639	6341	4559	9794	15839
2001	24029	32829	40935	35490	25626	18139	10605	6609	4469	5527	11493	16978
2002	23067	27904	35724	29905	23005	16998	9211	5722	4707	5877	8684	15235
2003	21897	29124	32677	32937	21950	15329	8253	5095	3926	6010	7743	14095
2004	28034	30713	28105	27655	21811	13893	9169	6493	4362	4776	9223	15915
2005	22763	25698	30229	26892	16883	13081	7156	3622	2625	4154	9044	16050
2006	26592	36237	37630	37288	24194	14687	8966	5109	3565	5828	12478	18726
2007	25826	29547	36916	38685	32392	21168	10825	6762	3762	5083	12499	20997
2008	23827	30625	35221	34152	26235	18313	11710	7235	5435	6540	10370	16536
2009	23827	30625	35221	34152	26235	18313	11710	7235	5435	6540	10370	16536