

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia das UHE Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical

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

Gilberto Hollauer

Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia das UHE Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical



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

Equipe Técnica

Angela Regina Livino de Carvalho

Fernanda Gabriela B dos Santos

Thais Iguchi

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-018/2011-r0

Data: 30 de março de 2011

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica registra os estudos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em conformidade com a regulamentação vigente, para o cálculo da revisão extraordinária dos montantes de garantia física das UHE Monjolinho, Peixe Angical e Mascarenhas, conforme solicitações encaminhadas à ANEEL, de acordo com o Art. 7º da Portaria MME 861/2010. A solicitação de revisão dos montantes de garantia física destas UHE foi encaminhada a EPE por meio do Ofício 210/2010-DPE-SPE-MME, de 29 de dezembro de 2010.

A Monel – Monjolinho Energética S/A encaminhou ao MME a Carta MONEL-CE-00155/10 solicitando a revisão de garantia física de energia da UHE Monjolinho, considerando o aumento de potência instalada de 67,14 MW para 74 MW, alteração da curva-chave no local da casa de força, redução das perdas hidráulicas no circuito de adução de 1,4 m para 1,1 m, cota de proteção da casa de força El.=280 m, cota do tubo de sucção El.=250,30 m e cota da soleira da tomada d'água El.=316,00 m.

O Ofício nº 4049/2010-SGH/ANEEL reiterou o pedido de revisão de garantia física da UHE Peixe Angical, ratificando as informações constantes dos Ofícios 1.645/2008-SGH/ANEEL e 5.297/2009-SGH/ANEEL. Estes ofícios reconhecem as seguintes alterações de parâmetros: potência instalada de 166,25 MW para cada Unidade Geradora, totalizando a potência instalada de 498,75 MW, queda líquida de referência de 26,35 m, perdas hidráulicas nominais de 0,68, rendimento nominal do gerador de 98,54% e rendimento nominal da turbina de 93,8%.

Por meio do Ofício nº 4.075/2010-SGH/ANEEL, a ANEEL solicitou ao MME a revisão de garantia física de energia da UHE Mascarenhas devido à alteração da potência instalada de 180,5 MW para 198,0 MW.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	iii
1. Introdução	7
2. Metodologia de revisão extraordinária das garantias físicas das Usinas Hidrelétricas.....	7
3. Configuração de Referência Atual.....	11
4. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Mascarenhas.....	12
4.1. Caracterização de Fato Relevante para motivação da revisão extraordinária	12
4.2. Histórico de cálculo de garantia física	12
4.3. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados.....	13
4.3.1. Potência Instalada	14
4.3.2. Queda de Referência	14
4.3.3. Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador	15
4.3.4. Rendimento Médio do Gerador	15
4.3.5. Rendimento Médio da Turbina	15
4.3.6. Perdas Hidráulicas Médias	15
4.4. Parâmetros comuns às duas configurações de referência atual	15
4.5. Resumo das alterações da UHE Mascarenhas.....	16
5. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Monjolinho.....	16
5.1. Caracterização de Fato Relevante para motivação da revisão extraordinária	17
5.2. Histórico de cálculo de garantia física	17
5.3. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados.....	17
5.3.1. Potência Instalada	18
5.3.2. Curva chave do canal de fuga.....	18
5.3.3. Perda hidráulica	20
5.4. Parâmetros comuns às duas configurações de referência atual	20
5.4.1. UHE Foz do Chapecó – Imediatamente a jusante da UHE Monjolinho.....	20
5.4.2. UHE Passo Fundo – Imediatamente a montante da UHE Monjolinho	21
5.4.3. Vazão mínima defluente	22
5.4.4. Rendimento médio do conjunto turbina-gerador.....	22
5.4.5. Polinômios Volume Cota e Cota Área	22
5.5. Resumo das alterações da UHE Monjolinho.....	22
6. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Peixe Angical.....	23
6.1. Caracterização de Fato Relevante para motivação da revisão extraordinária	23
6.2. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados.....	24
6.2.1. Potência Instalada	24
6.2.2. Queda de Referência	25
6.2.3. Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador	25
6.2.4. Rendimento Médio do Gerador	25
6.2.5. Rendimento Médio da Turbina	26
6.2.6. Perdas Hidráulicas Médias	26
6.3. Parâmetros comuns às duas configurações de referência atual	26
6.4. Resumo das alterações da UHE Peixe Angical	27

7. Resultados Obtidos.....	27
8. Garantias Físicas por Unidade Geradora.....	29
9. Resumo dos Resultados.....	32
Apêndice A – Metodologia para obtenção de parâmetros energéticos médios	33
I. Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador.....	33
I.1. Rendimento Médio do Gerador.....	33
I.2. Rendimento Médio da Turbina.....	33
II. Perdas Hidráulicas Médias.....	35
III. Referências Bibliográficas.....	36
Apêndice B – Resultados obtidos no cálculo dos parâmetros energéticos médios.....	37
I. UHE Peixe Angical.....	37
I.1. Ajuste da Curva Colina da Turbina.....	37
I.2. Cálculo do Rendimento Médio da Turbina.....	37
I.3. Cálculo das Perdas Hidráulicas Médias.....	40
II. UHE Mascarenhas.....	41
II.1. Ajuste da Curva Colina da Turbina.....	41
II.2. Cálculo do Rendimento Médio da Turbina.....	41
II.3. Cálculo das Perdas Hidráulicas Médias.....	45
III. UHE Monjolinho.....	45
III.1. Cálculo das Perdas Hidráulicas Médias.....	45
Anexo 1 – Dados Energéticos das Usinas Hidrelétricas objeto de Revisão Extraordinária de Garantia Física.....	46
Anexo 2 – Dados Energéticos da UHE Foz do Chapecó.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 – UHE Mascarenhas – Fato Relevante.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 2 – UHE Mascarenhas - Garantia Física vigente - Portaria nº 250/2005</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 3 – UHE Mascarenhas - CRA0</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 4 – UHE Mascarenhas – CRA1</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 5 – UHE Mascarenhas - Resumo de Diferenças entre CRA0 e CRA1</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 6 – UHE Monjolinho – Fatos Relevantes.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 7 – Curva de descarga, com efeito de remanso, no canal de fuga da UHE Monjolinho</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 8 – Coeficientes do polinômio do canal de fuga da UHE Monjolinho – CRA1</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 9 – Coeficientes do polinômio do canal de fuga da UHE Monjolinho – CRA0</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 10 – UHE Monjolinho - Resumo de Diferenças entre CRA0 e CRA1</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 11 – UHE Peixe Angical – Fatos Relevantes</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 12 – UHE Peixe Angical - CRA0</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 13 – UHE Peixe Angical – CRA1</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 14 – UHE Peixe Angical - Resumo de Diferenças entre CRA0 e CRA1</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 15 – Carga crítica e média dos CMO e riscos anuais de déficit da CRA0</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 16 – Carga crítica e média dos CMO e riscos anuais de déficit da CRA1</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 17 – Garantia Físicas revisadas das UHE Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 18 – UHE Mascarenhas - Resumo dos parâmetros - Repotenciação</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 19 – UHE Mascarenhas - Garantias Físicas e Energias Firmes por Unidade Repotenciada.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 20 – Resumo dos Resultados</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 21 – UHE Mascarenhas – Garantia Física por Unidade Repotenciada.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 22 – UHE Peixe Angical – Coeficientes do polinômio ajustado para a Curva Colina da Turbina.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 23 – UHE Peixe Angical - Resultados do despacho ótimo de unidades geradoras</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 24 – UHE Peixe Angical - Coeficientes de Perdas Hidráulicas</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 25 – UHE Mascarenhas – Coeficientes do polinômio ajustado para a Curva Colina da Turbina.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 26 – UHE Mascarenhas - Resultados do despacho ótimo de unidades geradoras.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 27 - UHE Mascarenhas – Coeficientes de Perdas Hidráulicas</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 28 - UHE Monjolinho – Coeficientes de Perdas Hidráulicas.....</i>	<i>45</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Esquema representativo da aplicação da Portaria MME nº 861/2010</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2 – Comparação das curvas-chave de jusante para a CRA0 e CRA1.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3 – Gráfico de pontos de operação previstos para UHE Peixe Angical Vazão Unitária (m³/s) X Queda Líquida (m) X Rendimento da Turbina (%)</i>	<i>37</i>
<i>Figura 4 – Gráfico de pontos de operação previstos para UHE Mascarenhas Vazão Unitária (m³/s) X Queda Líquida (m) X Rendimento da Turbina (%)</i>	<i>42</i>

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.

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.

Em seu art. 4º a Portaria MME nº 861/2010, lista como fatos relevantes para motivação da Revisão Extraordinária, a apresentação de alterações comprovadas em uma ou mais das seguintes características técnicas da usina:

- I - Potência Instalada;
- II - Perdas Hidráulicas Nominais do Circuito Adutor (m);
- III - Rendimento Nominal da Turbina (%);
- IV - Rendimento Nominal do Gerador (%);
- V - Queda Líquida Nominal (m) e

VI - Alteração do número de Unidades Geradoras.

O art. 5º estabelece que as características técnicas referidas no art. 4º deverão ser aprovadas ou homologadas por meio de atos próprios a serem publicados pela ANEEL.

Os artigos 6º e 7º da Portaria MME 861/2010 dispõem sobre os procedimentos para solicitação do recálculo.

O Artigo 8º apresenta a metodologia de cálculo, resumida a seguir:

$$GF_{\text{nova}} = GF_{\text{vigente}} + \Delta GF$$

$$\Delta GF = GF1 - GF0$$

Onde

GF0: Será calculada usando o NEWAVE e o MSUI, a partir da Configuração de Referência Atual - CRA0. A GF0 é calculada empregando a metodologia estabelecida na Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008, ou outra que venha substituí-la;

GF1: será calculada usando o NEWAVE e o MSUI, a partir da CRA1. A GF1 é calculada empregando a metodologia estabelecida na Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008, ou outra que venha a substituí-la. Na determinação da GF1 deve-se buscar igualar os Custos Marginais de Operação - CMOs obtidos no cálculo de GF0;

GFvigente: Montante de Garantia Física de Energia que estiver vigente na data de publicação do resultado da revisão de que trata esta Portaria;

CRA0: Configuração de Referência Atual será formada pelas Usinas Hidrelétricas - UHE e Usinas Termelétricas - UTE integrantes do SIN em operação, concedidas ou autorizadas e já licitadas. As Usinas com graves impedimentos tanto para o início da construção, quanto para o início da operação comercial, bem como as Usinas que estão em processo de devolução da concessão ou autorização serão excluídas da configuração de referência. Na CRA0 será considerado o bloco de Usinas que terão suas garantias físicas revistas sem contemplar as alterações nos parâmetros motivadores da Revisão Extraordinária;

CRA1: Configuração de Referência Atual será formada pelas Usinas Hidrelétricas - UHE e Usinas Termelétricas - UTE integrantes do SIN em operação, concedidas ou autorizadas e já licitadas. As Usinas com graves impedimentos tanto para o início da construção, quanto para o início da operação comercial, bem como as Usinas que estão em processo de devolução da concessão ou autorização serão excluídas da configuração de referência. Na CRA1 será

considerado o bloco de Usinas que terão suas garantias físicas revistas contemplando as alterações nos parâmetros motivadores da Revisão Extraordinária;

NEWAVE: Modelo Estratégico de Geração Hidrotérmica a Subsistemas Equivalentes desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL e homologado pela ANEEL;

MSUI: Modelo de Simulação a Usinas Individualizadas desenvolvido pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS;

A Portaria também estabelece excepcionalidades, tais como:

→ Na ocorrência de alterações no rendimento nominal da Turbina ou do Gerador do Empreendimento, o Agente deverá apresentar uma tabela contendo as características da Curva Colina da Turbina.

→ Caberá ao Ministério de Minas e Energia - MME determinar se os casos não contemplados nos incisos I a VI do art. 4º representam fatos relevantes para a Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia.

→ A ocorrência de fatos relevantes não contemplados nos incisos I a VI do art. 4º deverá ser revestida do caráter extraordinário de que trata a Portaria.

→ Todas as solicitações de Revisão Extraordinária devem sempre estar acompanhadas dos relatórios técnicos, econômicos e ambientais que justifiquem as alterações das características técnicas do Empreendimento.

→ Somente serão consideradas alterações de características técnicas de Empreendimentos que tenham sido devidamente homologadas pelos Órgãos competentes ou que decorram de ato do Poder Público.

→ As hipóteses não contempladas neste artigo serão avaliadas nas Revisões Periódicas de Garantia Física de Energia, estabelecidas no Decreto no 2.655, de 1998.

→ Os Benefícios Indiretos vigentes serão mantidos, não sendo objeto de Revisão Extraordinária de que trata esta Portaria.

→ Caso seja constatado erro ou inconsistência na documentação utilizada na Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia, de que trata a Portaria, esses montantes terão seus valores revisados, considerando as informações corretas.

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, se faz necessária uma avaliação global do empreendimento que está pleiteando revisão de sua garantia física. 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.

Embora o parâmetro perda hidráulica e os rendimentos de turbina e gerador, analisados pela ANEEL, sejam os nominais, nas simulações energéticas, os parâmetros adotados serão os médios, pois refletem de maneira mais apropriada as condições da usina ao longo de uma simulação dinâmica, sujeita a variadas condições de vazão. A metodologia empregada para a obtenção dos parâmetros médios é apresentada no Apêndice A.

Uma vez detectada alteração em parâmetros adicionais, eles também devem ser considerados de forma distinta nas duas configurações de referência (CRA0 e CRA1), pois, em caso contrário, o projeto que fundamenta o recálculo carecerá de coerência técnica. Portanto, as diferenças entre as configurações de referência seriam as características técnicas consideradas fatos relevantes e outros parâmetros energéticos a elas relacionados.

Para todas as usinas sujeitas à revisão extraordinária, a EPE procurará fazer com que na Configuração de Referência Atual CRA0 os fatos relevantes e todos os parâmetros energéticos associados a estes reflitam as condições do cálculo da garantia física vigente. Os demais dados das configurações CRA0 e CRA1 serão os mais atualizados possíveis.

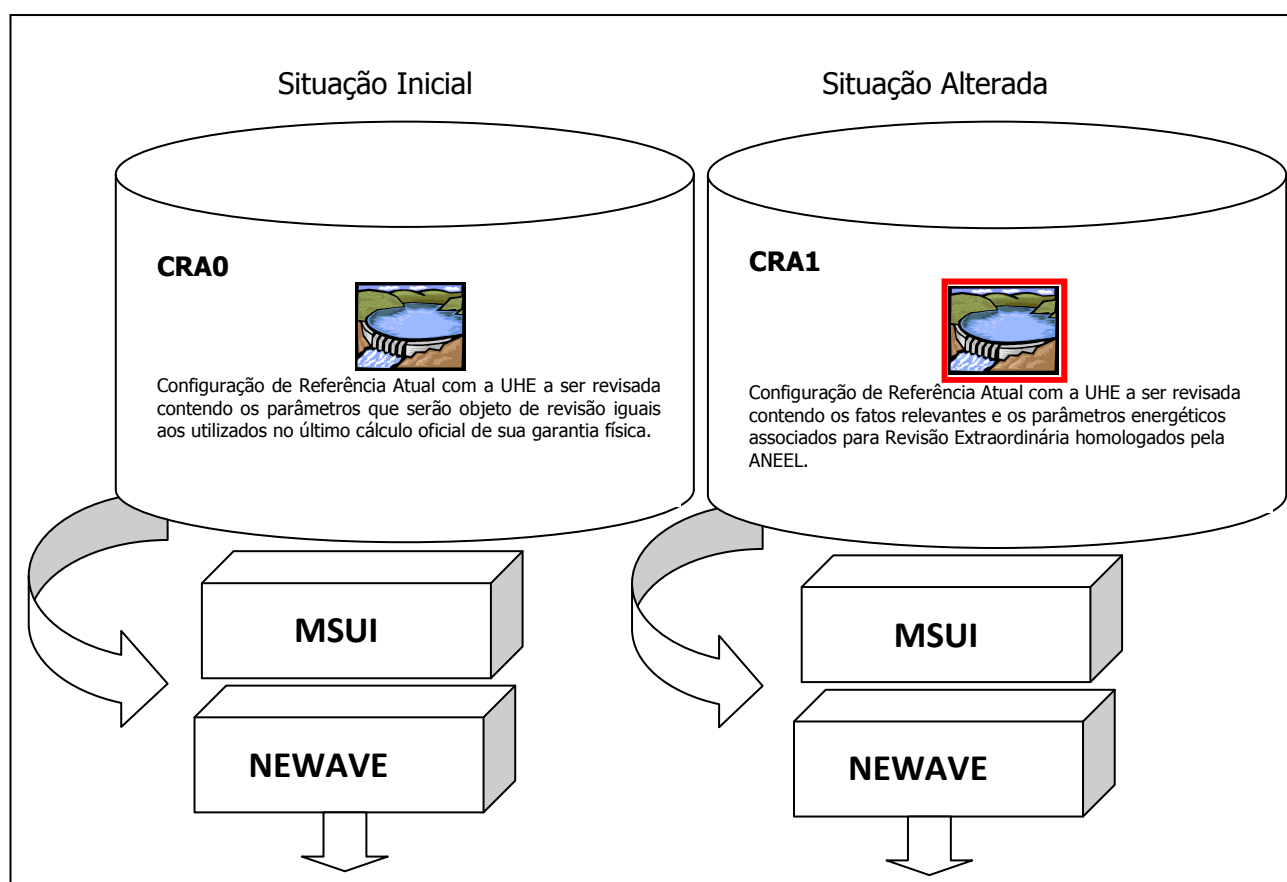
A partir de 2004 foram realizados diversos estudos de reconstituição e revisão das séries de vazões naturais médias mensais para diversas bacias do Sistema Interligado Nacional (SIN). Os estudos são coordenados pelo ONS e contam com a participação da EPE, ANEEL e ANA. Ao final, a ANEEL homologa as séries em Resolução Autorizativa. Buscando avaliar somente o impacto dos fatos relevantes e parâmetros energéticos associados a estes na garantia física da usina, a EPE sempre utilizará, tanto na CRA0 como na CRA1, a mesma série de vazões homologada pela ANA/ANEEL, quando existir.

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. Outro exemplo similar é para pleitos de revisão de curva chave do canal de fuga que devem ser validados pelas condições de remanso da usina imediatamente a jusante.

A seguir, é apresentada uma figura esquemática do procedimento de revisão do cálculo da garantia física.

Figura 1 - Esquema representativo da aplicação da Portaria MME nº 861/2010



3. Configuração de Referência Atual

No estudo em questão, a EPE utilizou como base os casos de cálculo de garantia física da UHE Santo Antonio do Jarí. A descrição dos casos, detalhando as premissas consideradas, está apresentada na Nota Técnica EPE-DEE-RE-087/2010-r0. Ambos estão publicados no site da EPE, na área "Leilões" em "Leilão de Energia A-5 de 2010 – Dezembro".

Desse caso, foram excluídas as usinas hidrelétricas que não venderam no leilão, a saber:

Riacho Seco, no rio São Francisco (BA/PE); Ribeiro Gonçalves, Uruçuí, Cachoeira, Estreito e Castelhana, no rio Parnaíba (PI/MA); Sinop, no rio Teles Pires (MT).

Esse, então, constitui o caso base para se estabelecer as configurações de referência atual CRA0 e CRA1.

4. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Mascarenhas

4.1. Caracterização de Fato Relevante para motivação da revisão extraordinária

Por meio do Ofício nº 4.075/2010-SGH/ANEEL, a ANEEL caracterizou a alteração da potência instalada como fato relevante para a revisão de garantia física da UHE Mascarenhas, conforme tabela abaixo:

Tabela 1 – UHE Mascarenhas – Fato Relevante

Fato relevante	De	Para
Potência Instalada (MW)	180,5	198,0

4.2. Histórico de cálculo de garantia física

A concessão para produção de energia elétrica na UHE Mascarenhas, no rio Doce, foi outorgada à Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. (Escelsa) por meio do Contrato de Concessão nº 001/95, assinado em 13 de julho de 1995, com validade até 16 de julho de 1995.

O montante de energia e potência asseguradas para o período após 2002 para a UHE Mascarenhas, publicado no Anexo I na Resolução nº 453, de 30 de dezembro de 1998, foi de, respectivamente, 108 MWmed e 124 MW. O valor de energia assegurada, entretanto, foi reavaliado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS e pelo Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos - CCPE, por solicitação da ANEEL, culminando na Resolução nº 559, de 22 de outubro de 2003, que homologou em 103,1 MWmed a energia assegurada da UHE Mascarenhas, referente à potência de 131 MW - sendo duas unidades geradoras de 45 MW e uma unidade geradora de 41 MW - regularizada segundo o Despacho nº 632, de 15 de setembro de 2003.

O Despacho nº 325, de 14 de março de 2005, aprova o Projeto Básico de Instalação da UHE Mascarenhas, com a inclusão da 4ª unidade geradora, com potência instalada de 49,5

MW, que somada às 3 unidades em operação (2x45 MW, 1x41 MW), totaliza 180,5 MW.

Os montantes de garantia física e potência assegurada referentes à ampliação de potência foram definidos na Portaria nº 250, de 16 de maio de 2005, conforme tabela abaixo:

Tabela 2 – UHE Mascarenhas - Garantia Física vigente - Portaria nº 250/2005

Motorização	Número de Unidades	Potência total (MW)	Garantia Física (MWmed)	Potência Assegurada (MWh/h)
2x45 MW + 1x41 MW	3	131,0	103,10	124,00
1x49,5 MW	1	46,5	23,90	22,40
Total da Usina (2x45 MW + 1x41 MW + 1x49,5 MW)	4	180,5	127,00	146,40

A Resolução Autorizativa nº 554, de 9 de maio de 2006, transfere a concessão para geração de energia elétrica da UHE Mascarenhas outorgada à empresa Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. - ESCELSA, para a empresa Energest S.A..

O Contrato de Concessão nº 003/2007, de 12 de novembro de 2007, formalizou, então, a outorga de exploração do Serviço Público de Geração da UHE Mascarenhas com 180,5 MW de potência instalada para a empresa Energest S.A..

O Despacho nº 1.842, de 12 de junho de 2007, aprova o Projeto Básico de Repotenciação da UHE Mascarenhas, referente à repotenciação das unidades geradoras 1ª, 2ª e 3ª, que sofrerão incremento de 17,5 MW de potência. A UHE Mascarenhas, passa, então de 180,5 MW (2x45 MW, 1x41 MW, 1x49,5 MW) de potência instalada, para 198,0 MW (4x49,5 MW).

Tal incremento foi regularizado pela ANEEL através da assinatura do 1º Termo Aditivo ao Contrato de Concessão nº 003/2007, em 22 de junho de 2010.

Por meio da carta CT-PR-83/10, de 24 de novembro de 2010, a empresa EDP Energias do Brasil S.A. solicitou a ANEEL a revisão da garantia física da UHE Mascarenhas com base na Portaria nº 861, de 18 de outubro de 2010.

4.3. 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.

Foi considerado fato relevante para a revisão da garantia física da UHE Mascarenhas apenas a potência instalada. Portanto, deverão ser 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.

Na CRA0, foram mantidos os valores considerados no cálculo da garantia física vigente para os parâmetros rendimento médio do conjunto turbina-gerador, perdas hidráulicas médias e queda de referência, conforme tabela abaixo:

Tabela 3 – UHE Mascarenhas - CRA0

Parâmetros	CRA0	Observação
Potência Instalada (MW)	180,5	Segundo Fax CTDO-ELN 04-05
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	89,45	Segundo Fax CTDO-ELN 04-05
Queda de Referência (m)	21	Segundo conjunto de arquivos considerados nas simulações
Perda Hidráulica média (m)	0,5	Segundo conjunto de arquivos considerados nas simulações
Canal de Fuga médio (m)	39,68	Atualizado após simulação MSUI

Para a CRA1, os parâmetros energéticos foram consistidos e os resultados são detalhados nos próximos itens.

4.3.1. Potência Instalada

O valor adotado de potência é de 198 MW, que corresponde ao valor constante no Projeto Básico de Repotenciação aprovado pelo Despacho ANEEL nº 1.842, de 12 de junho de 2007.

4.3.2. 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:

"Para a 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, ..."

A partir da Curva de Colina da Turbina anexa à carta CT-PR-83/10 é possível determinar este ponto nas proximidades da queda de 18,2 m. Este é o único ponto de operação em que a vazão turbinada é igual à máxima. O Projeto Básico de Repotenciação apresenta como queda de referência o valor de 18,26, valor este totalmente compatível com a curva colina e, portanto, será adotado na CRA1.

4.3.3. Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador

O rendimento médio do conjunto turbina-gerador é o produto dos rendimentos médios de cada uma das máquinas.

4.3.4. Rendimento Médio do Gerador

O rendimento do gerador elétrico pode ser adotado constante para qualquer condição de operação. O Anexo 4 da carta CT-PR-83/10 apresenta a Ficha Técnica padrão ANEEL, onde consta o valor de rendimento nominal do gerador de 97,5%.

4.3.5. Rendimento Médio da Turbina

O rendimento médio ponderado das turbinas de Mascarenhas foi calculado conforme metodologia apresentada no Apêndice A, sendo que os resultados da aplicação da metodologia são apresentados no item II do Apêndice B. O valor encontrado foi de 93,24%.

Finalmente o rendimento médio do conjunto turbina-gerador para Mascarenhas foi determinado em 90,9%.

4.3.6. Perdas Hidráulicas Médias

As perdas hidráulicas médias utilizadas foram de 0,60 m. O detalhamento do cálculo deste valor se encontra no item II.3 do Apêndice B.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos parâmetros energéticos utilizados na CRA1:

Tabela 4 – UHE Mascarenhas – CRA1

Parâmetros	CRA0	Observação
Potência Instalada (MW)	198	Fato Relevante
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	90,90	Parâmetro médio obtido segundo metodologia descrita no Apêndice A
Queda de Referência (m)	18,26	Projeto Básico de Repotenciação
Perda Hidráulica média (m)	0,6	Parâmetro médio obtido segundo metodologia descrita no Apêndice A
Canal de Fuga médio (m)	39,83	Atualizado após simulação MSUI

4.4. Parâmetros comuns às duas configurações de referência atual

No caso base considerado, citado no item 3, para se estabelecer as configurações de

referência atual CRA0 e CRA1, foram realizadas algumas atualizações para a UHE Mascarenhas.

Essas atualizações serão mantidas nas duas configurações por não se tratarem de fato relevante nem de parâmetro energético associado e, portanto, o ganho de energia associado a essas alterações não deve ser levado em consideração.

De acordo com o Projeto Básico de Repotenciação, foram realizadas as seguintes alterações: os valores de volume máximo e mínimo foram atualizados para 21,679 hm³ e os valores de área máxima e mínima foram atualizados para 3,9 km². Consequentemente, o Polinômio de Área do reservatório em função da Cota (PCA) também foi atualizado para o valor constante 3,9 km².

No Anexo 1, são apresentados todos os dados da UHE Mascarenhas necessários às simulações desta revisão de garantia física. Foram destacados em negrito os parâmetros considerados de forma distinta em cada configuração de referência.

4.5. Resumo das alterações da UHE Mascarenhas

A seguir um resumo das diferenças consideradas entre as duas configurações de referência atual, CRA0 e CRA1:

Tabela 5 – UHE Mascarenhas - Resumo de Diferenças entre CRA0 e CRA1

Parâmetros	CRA0	CRA1
Potência Instalada (MW)	180,5	198
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	89,45	90,90
Queda de Referência (m)	21	18,26
Perda Hidráulica média (m)	0,5	0,6
Canal de Fuga médio (m)	39,68	39,83

5. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Monjolinho

Por meio do Ofício nº 1499/2008-SGH/ANEEL, de 23 de junho de 2008, a ANEEL solicitou ao MME a revisão da garantia física da UHE Monjolinho motivada pelas alterações da revisão do Projeto Básico desta usina, aprovadas pelo Despacho ANEEL nº 2151, de 4 de junho de 2008.

5.1. Caracterização de Fato Relevante para motivação da revisão extraordinária

No Ofício nº 201/2010-DPE/SPE-MME, a ANEEL listou como fatos relevantes as seguintes alterações no Projeto Básico revisado: aumento da potência instalada de 67,14 MW para 74 MW, alteração da curva chave no local da casa de força, redução das perdas hidráulicas no circuito de adução de 1,4 m para 1,1 m.

Tabela 6 – UHE Monjolinho – Fatos Relevantes

Fatos relevantes		De	Para
Potência Instalada (MW)		67,14	74
Perda Hidráulica (m)		1,38	1,1
Curva chave do canal de fuga	A0	2,650263E+02	2,649243E+02
	A1	1,416116E-04	2,269349E-03
	A2	2,107986E-05	3,017191E-07
	A3	-2,802489E-08	-1,656882E-10
	A4	1,175518E-11	1,758906E-14

5.2. Histórico de cálculo de garantia física

A UHE Monjolinho foi licitada no Leilão 004/2001 realizado pela ANEEL em 30 de novembro de 2001. O conjunto de dados referente a este cálculo, definido pelo CCPE, e o documento emitido pelo ONS, FAX-PRE s/n / 01 em 18/08/2001, indicam uma potência instalada de 70 MW, resultando em uma energia assegurada de 43,1 MWmed.

De acordo com o Contrato de Concessão nº 18/2002 – ANEEL de 23 de abril de 2002, o valor da garantia física calculada era realmente de 43,1 MWmed. No entanto, a capacidade instalada publicada neste contrato é de 67 MW, o que não está de acordo com os dados considerados no cálculo original.

Desta forma, seguindo a metodologia para revisão extraordinária descrita na Portaria MME nº 861, foi julgado como pertinente pela EPE, em conjunto com o MME e a ANEEL, que fossem considerados na configuração de referência atual (CRA0) os dados efetivamente utilizados no cálculo da garantia física vigente.

5.3. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados

Com base na Portaria MME nº 861/2010, foram estabelecidos como fatos relevantes à revisão extraordinária os parâmetros apontados a seguir: o aumento da potência instalada, a atualização da curva chave no local da casa de força e a alteração das perdas hidráulicas no circuito de adução.

5.3.1. Potência Instalada

Na revisão do projeto básico, aprovada pelo Despacho nº 2.151, de 4 de junho de 2008, houve um aumento na potência instalada total da usina para 74 MW. Devido ao fato da garantia física ter sido calculada com a potência diferente da solicitada no Ofício nº 201/2010-DPE/SPE-MME, será considerado uma alteração de potência de 70 para 74 MW. Portanto, será considerado um aumento de 4 MW na potência e não de aproximadamente 7 MW, como foi solicitado.

5.3.2. Curva chave do canal de fuga

O estudo de revisão da curva chave do canal de fuga da UHE Monjolinho utilizou o projeto básico da UHE Foz do Chapecó, aprovado pelo Despacho nº 911, de 30 de março de 2007, para avaliar a influência do remanso de seu reservatório em Monjolinho. A metodologia aplicada na definição da curva chave do canal de fuga da UHE Monjolinho está descrita na revisão de seu projeto básico.

Os pontos de vazão e nível d'água de jusante, assim como os coeficientes ajustados para a curva chave do canal de fuga da UHE Monjolinho, estão apresentados no Ofício MONEL-CE-00155/10, conforme as tabelas a seguir:

Tabela 7 – Curva de descarga, com efeito de remanso, no canal de fuga da UHE Monjolinho

Q (m ³ /s)	N.A (m)	Q (m ³ /s)	N.A (m)
1	265,00	800	266,90
25	265,03	1000	267,39
50	265,05	1400	268,34
100	265,12	2000	269,57
150	265,20	3800	272,49
280	265,52	5500	275,06
420	265,86	7000	277,33
650	266,50		

Tabela 8 – Coeficientes do polinômio do canal de fuga da UHE Monjolinho – CRA1

Coeficientes	Valor
A0	2,649243E+02
A1	2,269349E-03
A2	3,017191E-07
A3	-1,656882E-10
A4	1,758906E-14

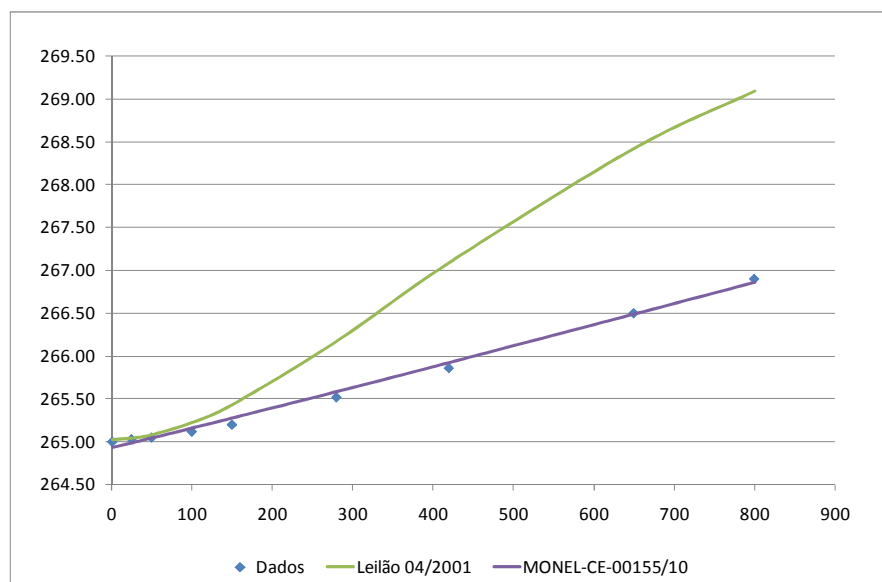
Já os coeficientes da curva chave do canal de fuga utilizado no cálculo de garantia física vigente são mostrados abaixo:

Tabela 9 – Coeficientes do polinômio do canal de fuga da UHE Monjolinho – CRA0

Coeficientes	Valor
A0	2,650263E+02
A1	1,416116E-04
A2	2,107986E-05
A3	-2,802489E-08
A4	1,175518E-11

No gráfico a seguir, foi feita uma comparação entre as curvas chave dos dois casos de referência.

Figura 2 – Comparação das curvas-chave de jusante para a CRA0 e CRA1



A princípio, a diferença pode ser considerada significativa. No entanto, ao observar no eixo vertical que a maior diferença entre as curvas é de aproximadamente 2 m e que a queda líquida de referência é próxima de 60 m, a diferença passa a não ser tão significativa. Isto foi comprovado através de simulações com o MSUI, onde foi possível observar que não houve um impacto significativo na energia firme da usina.

É importante salientar que o cálculo do nível d'água normal de jusante depende de diversos fatores, entre eles, a curva chave do canal de fuga e a série de vazões histórica. A série de vazões, por não se tratar de fato relevante, deve ser considerada idêntica tanto na CRA0 como na CRA1.

No entanto, foi constatado que a série de vazão considerada nesta revisão de projeto básico não corresponde à versão mais atualizada, que foi homologada pela Resolução Autorizativa nº 1.953, de 16 de junho de 2009. Esta versão corresponde ao Projeto de revisão das séries de vazões naturais das bacias dos rios Uruguai, Ijuí, Jacuí e Antas, elaborado pela RHA Engenharia e Consultoria Ltda e coordenado pelo ONS.

Considerando as curvas chave definidas anteriormente e a série de vazões atualizada, os valores médios de nível d'água do canal de fuga foram convergidos por simulação no MSUI para ambos os casos de referência. Por este motivo, o nível d'água normal de jusante adotado para a CRA1 não é idêntico ao do despacho de aprovação da revisão do projeto básico da UHE Monjolinho, definido na cota 265,10. Assim como o nível d'água normal de jusante considerado na CRA0 é diferente do caso original.

5.3.3. Perda hidráulica

As perdas hidráulicas médias utilizadas foram de 1,7 m. O detalhamento do cálculo deste valor se encontra no item III.1 do Apêndice B.

5.4. Parâmetros comuns às duas configurações de referência atual

Para que a operação da UHE Monjolinho fosse representada da melhor forma possível, foram avaliadas as usinas a montante e a jusante desta usina. Esta necessidade surgiu pelo fato da UHE Passo Fundo, que fica a montante da usina, se tratar de uma usina com reservatório, o que poderia influenciar em sua operação.

Na revisão do Projeto Básico da UHE Monjolinho, os estudos de remanso identificaram uma influência significativa em seu canal de fuga pelo reservatório da usina imediatamente a jusante, UHE Foz do Chapecó. Este estudo utilizou como base o Projeto Básico da UHE Foz do Chapecó. Diante disso, nas duas configurações de referência seus dados foram atualizados segundo o Projeto Básico Revisado, aprovado pelo Despacho nº 911/2007.

Para a UHE Monjolinho, foram atualizados outros parâmetros não considerados fatos relevantes ou parâmetros energéticos associados.

A seguir, estão listadas todas as alterações comuns aos dois casos de referência atual:

5.4.1. UHE Foz do Chapecó – Imediatamente a jusante da UHE Monjolinho

Por solicitação da ANEEL, a Monel Monjolinho Energética S/A enviou o Projeto Básico

aprovado da UHE Foz do Chapecó. Foram encontradas algumas inconsistências em relação aos dados já cadastrados no banco de dados da EPE, referentes aos dados fornecidos para o Leilão A-5 de 2007.

O parâmetro que gerou maior dificuldade em sua definição foi o rendimento do conjunto turbina-gerador. Foram encontradas diversas incompatibilidades entre os rendimentos da turbina, do gerador e do conjunto, se comparados os valores apresentados no projeto básico e na ficha de dados do leilão A-5/2007. Foi adotado o valor de rendimento médio do conjunto turbina-gerador declarado pelo empreendedor na ficha de dados do leilão A-5/2007 (92,7%).

Da mesma forma como foi considerado para a UHE Monjolinho, foram adotados os usos consuntivos e a série de vazões de acordo com o Projeto de revisão das séries de vazões naturais das bacias dos rios Uruguai, Ijuí, Jacuí e Antas, elaborado pela RHA Engenharia e Consultoria Ltda. Esta revisão utilizou como base os valores de usos consuntivos constantes na Resolução ANA 96/2007.

De acordo com o EIA-RIMA, a ANEEL recomenda que a vazão remanescente, a ser mantida na volta do rio Uruguai, deve ser igual a 80% da vazão mínima média mensal. Portanto, devido à atualização da série de vazões, foi necessário recalcular a vazão remanescente para o trecho de vazão reduzida.

O Projeto Básico da UHE Foz do Chapecó apresentou pontos de medição tanto para os níveis de montante quanto para os de jusante. Apesar de ser considerada uma usina a fio d'água, para que nível do reservatório e curva chave do canal de fuga representassem da melhor forma possível a operação da usina, foram ajustados polinômios de quarto grau a partir dos pontos fornecidos.

No Anexo 2, são apresentados todos os dados da UHE Foz do Chapecó considerados nas simulações.

5.4.2. UHE Passo Fundo – Imediatamente a montante da UHE Monjolinho

Por se tratar de uma usina do início da década de 70, os levantamentos topográficos realizados na época provavelmente adotaram um "*datum*" diferente do atualmente utilizado pelo IBGE. Por este motivo, em 2002, a Tractebel solicitou uma revisão no estudo de remanso da UHE Monjolinho para evitar um possível comprometimento dos níveis do canal de fuga da UHE Passo Fundo.

O Relatório 8610/01-3H-RL-0010, elaborado pela ENGEVIX em Jun/2003, apresenta o estudo de remanso da UHE Monjolinho atualizado. A conclusão deste estudo é que, com a correção do nível de referência utilizado, a UHE Monjolinho não influencia os níveis do canal de fuga da UHE Passo Fundo. Portanto, por não possuímos estes dados atualizados na base de dados da EPE, foram considerados para a UHE Passo Fundo os dados referenciados ao “*datum*” antigo.

5.4.3. Vazão mínima defluente

A Licença de Operação emitida pela FEPAM estabelece uma vazão sanitária de 8,14 m³/s, no entanto, o Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos emitido pelo ONS (RE 3/039/2011 – Revisão 1 de 2011) não considera nenhuma restrição de vazão mínima defluente após maio de 2010 (previsão de entrada do reservatório da UHE Foz do Chapecó). Desta forma, adotou-se como vazão mínima defluente o valor de 2 m³/s, que corresponde ao mínimo registrado no histórico.

5.4.4. Rendimento médio do conjunto turbina-gerador

Na documentação apresentada não constava a curva colina associada às novas máquinas logo, não foi possível avaliar o rendimento médio do conjunto turbina-gerador associado à nova potência proposta. Da mesma forma, não havia memória de cálculo que justificasse alteração da queda líquida de referência da usina, portanto, foram mantidos os mesmos valores na CRA0 e na CRA1.

Porém, é importante destacar que, conforme já descrito, há alteração nestes parâmetros em função da mudança da potência instalada da usina e, portanto, fica a recomendação para que sejam solicitadas ratificações/retificações destas variáveis.

5.4.5. Polinômios Volume Cota e Cota Área

Por se tratar de usina a fio d’água, os Polinômios Volume Cota e Cota Área da UHE Monjolinho estavam constantes. Porém, para uma melhor simulação no MSUI, os polinômios foram ajustados de forma a representar mais adequadamente a operação da usina.

5.5. Resumo das alterações da UHE Monjolinho

Em suma, os fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados desta revisão extraordinária estão destacados na tabela a seguir:

Tabela 10 – UHE Monjolinho - Resumo de Diferenças entre CRA0 e CRA1

Parâmetros		CRA0	CRA1
Potência Instalada (MW)		70*	74
Perda Hidráulica (m)		1,38	1,7*
Curva chave do canal de fuga	A0	2,650263E+02	2,649243E+02
	A1	1,416116E-04	2,269349E-03
	A2	2,107986E-05	3,017191E-07
	A3	-2,802489E-08	-1,656882E-10
	A4	1,175518E-11	1,758906E-14
Canal de Fuga médio (m)		265,41	265,25
Vazão Nominal Unitária (m ³ /s)		64	67

* O Contrato de Concessão indica uma potência de 67 MW, porém o cálculo da garantia física vigente foi realizado com uma potência de 70 MW.

** A perda hidráulica média foi calculada pela metodologia do Apêndice A.

No Anexo 1, são apresentados todos os dados da UHE Monjolinho necessários às simulações desta revisão de cálculo de garantia física. Foram destacados em negrito os parâmetros considerados de forma distinta em cada configuração de referência.

É importante salientar que as análises feitas para as UHE Foz do Chapecó e Passo Fundo serviram apenas para atualizar os parâmetros que poderiam influenciar no cálculo da garantia física da UHE Monjolinho. Portanto, de forma a analisarmos apenas o impacto das alterações na garantia física da UHE Monjolinho, foram utilizados os mesmos dados para estas duas usinas nos dois casos de referências atuais (CRA0 e CRA1).

6. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Peixe Angical

6.1. Caracterização de Fato Relevante para motivação da revisão extraordinária

A UHE Peixe Angical assinou o Contrato de Concessão nº 130/2001 – ANEEL em 07 de novembro de 2001, no qual consta a garantia física de energia de 271 MWmed. A Portaria SPE/MME nº 11, de 02 de maio de 2006, mantém o mesmo valor de garantia física do contrato de concessão considerando a mudança no número de unidades geradoras de quatro para três, porém discrimina o benefício indireto na cascata de 1 MW médio. Portanto a energia assegurada da usina é 270 MWmed e o total (local mais benefício indireto) é 271 MWmed.

Desta forma, os fatos relevantes para motivação desta revisão extraordinária são apresentados a seguir:

Tabela 11 – UHE Peixe Angical – Fatos Relevantes

Fatos relevantes	De	Para
Potência Instalada (MW)	450,0*	498,75
Rendimento Nominal do Conjunto Turbina-Gerador (%)	92,0	92,43
Perda Hidráulica Nominal (m)	0,80	0,68

* No contrato de concessão consta a potência instalada de 452 MW, no entanto, o cálculo da garantia física vigente foi considerada a potência de 450 MW, apresentada no documento emitido pelo ONS, FAX-PRE s/n / 01 em 16/03/2001.

6.2. Fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados

A alteração de características técnicas de um empreendimento hidrelétrico sujeito a revisão extraordinária de que trata a Portaria MME 861/2010, acarreta na alteração de diversos parâmetros utilizados nos modelos para o cálculo de garantia física de energia.

A UHE Peixe Angical alterou as características técnicas: potência instalada, rendimento nominal do conjunto turbina-gerador e perda hidráulica nominal. Desta forma deverão ser reavaliados os parâmetros: potência instalada, 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.

Na CRA0, foram mantidos os valores considerados no cálculo da garantia física vigente para os parâmetros rendimento médio do conjunto turbina-gerador, perdas hidráulicas médias e queda de referência, conforme tabela abaixo:

Tabela 12 – UHE Peixe Angical - CRA0

Parâmetros	CRA0	Observação
Potência Instalada (MW)	450	Segundo FAX-PRE s/n / 01 em 16/03/2001 do ONS
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	91,5	Segundo conjunto de arquivos considerados nas simulações do Leilão 02/2001
Queda de Referência (m)	23,8	Segundo conjunto de arquivos considerados nas simulações do Leilão 02/2001
Perda Hidráulica média (m)	0,8	Segundo conjunto de arquivos considerados nas simulações do Leilão 02/2001
Canal de Fuga médio (m)	235,43	Atualizado após simulação MSUI
Vazão Nominal Unitária (m ³ /s)	527	Obtido a partir dos demais dados considerados

Para a CRA1, os parâmetros energéticos foram consistidos e os resultados são detalhados nos próximos itens.

6.2.1. Potência Instalada

O relatório do Index Test da unidade geradora número 2 – INDEX TEST UG-02 Nº: 0200-

2935-000557 apresenta, no seu capítulo de Dados da Usina e Equipamento, a capacidade dos geradores de 175 MVA cada com fator de potência de 0,9 (totalizando 472,5 MW para a usina). O mesmo capítulo cita que a usina tem potência instalada disponível de 452 MW. No entanto, o Apêndice 2 do referido relatório apresenta resultados em que a unidade ensaiada fornece até 165,55 MW, onde se buscou ajustar o fator de potência em 0,9.

No Ofício nº 1645/2008-SGH/ANEEL, a Agência entende que a UHE Peixe Angical é composta por três unidades geradoras de 175 MVA, com fator de potência de 0,95, totalizando 498,75 MW de potência instalada total.

O valor adotado para a potência instalada nas simulações é o de **498,75 MW**.

6.2.2. 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:

"Para a 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, ..."

A partir da Curva de Colina da Turbina anexa à carta PX-SP-0310-CT-0216/10 é possível, com certo conservadorismo, determinar este ponto nas proximidades da queda de 26 m. A tabela apresentada no mesmo anexo indica como queda de referência o valor de 26,36 m, vazão nominal de 700 m³/s e potência nominal da turbina de 168,8 MW.

A ANEEL recomenda associar a potência de 498,75 MW à queda líquida de referência de 26,35 m. Portanto será utilizado o valor de 26,35 m para a queda de referência.

6.2.3. Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador

O rendimento médio do conjunto turbina-gerador é o produto dos rendimentos médios de cada uma das máquinas.

6.2.4. Rendimento Médio do Gerador

O rendimento do gerador elétrico pode ser adotado constante para qualquer condição de operação. O valor do rendimento recomendado pela ANEEL por meio do Ofício 5.297/2009-SGH/ANEEL é de 98,54%, correspondente ao rendimento nominal.

6.2.5. Rendimento Médio da Turbina

O rendimento médio ponderado das turbinas de Peixe Angical foi calculado conforme metodologia apresentada no Apêndice A, sendo que os resultados da aplicação da metodologia são apresentados no item I do Apêndice B. O valor encontrado foi de 94,51%.

Finalmente o rendimento médio do conjunto turbina-gerador para Peixe Angical foi determinado em 93,13%.

6.2.6. Perdas Hidráulicas Médias

As perdas hidráulicas médias utilizadas foram de 0,46 m. O detalhamento do cálculo deste valor se encontra no item I.3 do Apêndice B.

A Tabela 13 apresenta um resumo dos parâmetros energéticos utilizados na CRA1:

Tabela 13 – UHE Peixe Angical – CRA1

Parâmetros	CRA1	Observação
Potência Instalada (MW)	498,75	Fato Relevante
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	93,1	Parâmetro médio obtido segundo metodologia descrita no Apêndice A
Queda de Referência (m)	26,35	Recomendado no Ofício 1645/2008-SGH/ANEEL
Perda Hidráulica média (m)	0,46	Parâmetro médio obtido segundo metodologia descrita no Apêndice A
Canal de Fuga médio (m)	235,45	Atualizado após simulação MSUI
Vazão Nominal Unitária (m ³ /s)	691	Obtido a partir dos demais dados considerados

6.3. Parâmetros comuns às duas configurações de referência atual

No caso base considerado, citado no item 3, para se estabelecer as configurações de referência atual CRA0 e CRA1, foram realizadas algumas atualizações para a UHE Peixe Angical.

Essas atualizações serão mantidas nas duas configurações por não se tratarem de fato relevante nem de parâmetro energético associado e, portanto, o ganho de energia associado a essas alterações não deve ser levado em consideração.

De acordo com o Projeto Básico, foram realizadas as seguintes alterações: os valores de volume máximo e mínimo foram atualizados para 2.741,0 hm³ e 2.212,7 hm³, respectivamente e os valores de área máxima e mínima foram atualizados para 294,1 km² e 236,0 km², respectivamente.

O Polinômio de Nível de Jusante em função da Vazão (PVNJ) foi atualizado para o indicado no Projeto Básico. Os Polinômios de Área do reservatório em função da Cota (PCA) e de Cota do reservatório em função do Volume foram alterados para os valores constantes do conjunto de dados utilizados no cálculo da Garantia Física vigente (Leilão 02/2001), pois se verifica que estes são os valores que melhor se ajustam às condições de operação do reservatório.

6.4. Resumo das alterações da UHE Peixe Angical

Em suma, os fatos relevantes e os parâmetros energéticos vinculados desta revisão extraordinária estão destacados na tabela a seguir:

Tabela 14 – UHE Peixe Angical - Resumo de Diferenças entre CRA0 e CRA1

Parâmetros	CRA0	CRA1
Potência instalada (MW)	450*	498,75
Número de unidades geradoras	4	3
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	91,5	93,1
Queda líquida de referência (m)	23,8	26,35
Perda Hidráulica média (m)	0,80	0,46
Vazão nominal unitária (m3/s)	527	691

* No contrato de concessão consta a potência instalada de 452 MW, no entanto, o cálculo da garantia física vigente considera a potência de 450 MW, constante no documento emitido pelo ONS, FAX-PRE s/n / 01 em 16/03/2001.

No Anexo 1, são apresentados todos os dados da UHE Peixe Angical necessários às simulações desta revisão de cálculo de garantia física. Foram destacados em negrito os parâmetros considerados de forma distinta em cada configuração de referência.

7. Resultados Obtidos

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 15 – Carga crítica e média dos CMO e riscos anuais de déficit da CRA0

CRA0			
Média dos Custos Marginais de Operação (R\$/MWh)			
SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
111,37	112,88	111,68	104,96
Média dos Riscos Anuais de Déficit (%)			
SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
1,71	1,32	0,90	0,94
Carga Crítica (MWmed)			
SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
40.332	10.341	12.921	8.106
Carga Brasil		71.700	MWmed
Fator Hidráulico		77,21%	
Bloco Hidráulico		55.356,0	MWmed
Bloco Térmico		16.344,0	MWmed

O Bloco Hidráulico, obtido a partir da ponderação pelo Custo Marginal de Operação das gerações hidráulica e térmica encontradas durante a simulação final do NEWAVE, que definiu a Carga Crítica para a CRA0, corresponde a 55.356,0 MWmed (77,21% da carga crítica de 71.700 MWmed).

Tabela 16 – Carga crítica e média dos CMO e riscos anuais de déficit da CRA1

CRA1			
Média dos Custos Marginais de Operação (R\$/MWh)			
SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
111,59	113,10	111,38	104,82
Média dos Riscos Anuais de Déficit (%)			
SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
1,69	1,34	0,84	0,97
Carga Crítica (MWmed)			
SE/CO/Acre/Rondônia	S	NE	N
40.379	10.353	12.884	8.083
Carga Brasil		71.700	MWmed
Fator Hidráulico		77,14%	
Bloco Hidráulico		55.305,4	MWmed
Bloco Térmico		16.393,6	MWmed

O Bloco Hidráulico, obtido a partir da ponderação pelo Custo Marginal de Operação das gerações hidráulica e térmica encontradas durante a simulação final do NEWAVE, que definiu

a Carga Crítica para a CRA_1 , corresponde a 55.305,4 MWmed (77,14% da carga crítica de 71.700 MWmed).

ENERGIAS FIRMES E GARANTIAS FÍSICAS DAS UHEs EM CADA CONFIGURAÇÃO

As Energias Firmes das UHE Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical foram obtidas em cada uma das configurações através de simulação com o Modelo MSUI em sua versão 3.2. A energia firme total do sistema hidráulico na CRA_0 resultou em 53.754,8 MWmed e na CRA_1 , 53.779,1 MWmed.

Do somatório de energia firme das usinas hidrelétricas foi subtraído o valor de 1,39 MWmed referente a perda energética devido ao deplecionamento do reservatório dos canais da UHE Belo Monte, de forma a manter nestes a vazão mínima ambiental de 300m³/s. A metodologia para obtenção deste valor é detalhada na Nota Técnica EPE-DEE-RE-004/2010-r0, de 25 de janeiro de 2010.

As Garantias Físicas foram obtidas em cada uma das configurações pela repartição do Bloco Hidráulico proporcionalmente às Energias Firmes obtidas em cada configuração. A Garantia Física Nova é então obtida como a soma da Garantia Física Vigente mais a diferença entre as garantias físicas obtidas nas duas configurações de referência.

Os valores de garantia física definidos na revisão extraordinária para as UHE Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical são discriminados na tabela seguinte:

Tabela 17 – Garantia Físicas revisadas das UHE Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical

Usina	CRA0		CRA1		Δ Garantia Física	Garantia Física Vigente (MWmed)	Garantia Física Nova (MWmed)
	Energia Firme (MWmed)	Garantia Física (MWmed)	Energia Firme (MWmed)	Garantia Física (MWmed)			
Mascarenhas	126,3	130,1	137,64	141,6	11,5	127,0	138,5**
Monjolinho	39,82	41,0	40,55	41,7	0,7	43,1	43,8
Peixe Angical	271,54	279,6	281,07	289,1	9,5	271*	280,5

* Do total de 271 MWmed de garantia física, 1 MWmed corresponde ao benefício indireto proporcionado pelo reservatório da UHE Peixe Angical, segundo Portaria nº 11, de 2 de maio de 2006.

**Os valores por unidade repotenciada são apresentados na Tabela 21.

8. Garantias Físicas por Unidade Geradora

Por meio do Ofício nº 1499/2008-SGH/ANEEL, a ANEEL solicitou ao MME a revisão da garantia física da UHE Monjolinho motivada pelas alterações da revisão do Projeto Básico

desta usina, aprovadas pelo Despacho ANEEL nº 2151, de 4 de junho de 2008. Dentre as alterações decorrentes da revisão do Projeto Básico, inclui-se o aumento de potência instalada de 67,14 MW para 74 MW.

Em virtude de as duas unidades geradoras da UHE Monjolinho já estarem em operação comercial, cada uma com potência instalada de 37 MW, conforme Despachos nº 3.294, de 31 de agosto 2009 e nº 3.319, de 2 de setembro de 2009, não se faz necessário apresentar os valores de garantia física por unidade geradora.

O Ofício nº 4049/2010-SGH/ANEEL reiterou o pedido de revisão de garantia física da UHE Peixe Angical, reconhecendo como fato relevante a alteração de potência instalada de 166,25 MW para cada Unidade Geradora, totalizando a potência instalada de 498,75 MW.

O Memorando nº 745/2007-SFG/ANEEL informa que "... a UHE Peixe Angical, conforme constatado em inspeção "in loco", realizada no dia 08 de agosto de 2007, é composta por três unidades geradoras de 175.000 kVA, com fator de potência de 0,95. Assim, cada unidade geradora tem potência de 166.250 kW, totalizando 498.750 kW de capacidade instalada, nos termos da Resolução nº 407, de 19 de outubro de 2007."

Portanto, as três unidades em operação da UHE Peixe Angical já totalizam a potência instalada total requerida para revisão de garantia física e, desse modo, também é dispensável a apresentação das garantias físicas por unidade geradora.

Por meio do Ofício nº 4.075/2010-SGH/ANEEL, a ANEEL solicitou ao MME a revisão de garantia física de energia da UHE Mascarenhas devido à alteração da potência instalada de 180,5 MW para 198,0 MW, em virtude da repotenciação das unidades geradoras 1, 2 e 3, respectivamente, de capacidades 45 MW, 45 MW e 41 MW, de acordo com o Parecer Técnico nº 130/2007-SGH/ANEEL, passando todas para 49,5 MW.

Entretanto, por determinação do ONS, a repotenciação será realizada em fases, segundo FAX ONS 0244/340/2010, de 17/11/2010. Efetivamente, nesta data, apenas a unidade geradora 3, originalmente de 41 MW de potência instalada, está liberada para a operação em teste, conforme Despacho nº 837, de 24 de fevereiro de 2011. Desse modo, para efeitos de comercialização, serão apresentadas as garantias físicas relativas à repotenciação de cada uma das três unidades geradoras.

A EPE propõe a seguinte metodologia, baseada no que estabelece a Portaria MME nº 258/2008 para a discretização da garantia física ao longo do processo de motorização de uma usina hidroelétrica: a garantia física de cada unidade repotenciada é proporcional à razão entre a energia firme do conjunto de máquinas correspondente e a energia firme da

usina completa, limitada pela respectiva potência disponível. Para cada unidade repotenciada, obtém-se a diferença entre a garantia física obtida e a GF0, obtida com a CRA0. A garantia física para cada unidade repotenciada é então a soma da garantia física vigente com a diferença obtida.

Foram assumidas algumas premissas para montar os arquivos de entrada do modelo MSUI a fim de se obter as energias firmes de cada unidade repotenciada.

O rendimento médio do conjunto turbina-gerador para as unidades de 45 MW foi o mesmo considerado no cálculo da garantia física vigente para as três primeiras unidades geradoras, segundo Fax CTDO-ELN 04-05, igual a 89%. O rendimento médio do conjunto turbina-gerador, então, para cada uma das situações, uma ou duas unidades repotenciadas, é obtido por ponderação entre os rendimentos médios para as unidades de 45 MW e 49,5 MW.

A perda hidráulica média obtida por ponderação e arredondada na primeira casa decimal se manteve igual a 0,6m em todas as situações.

A primeira unidade repotenciada, atualmente em teste, é a UG3, que originalmente fornecia 41 MW; portanto, a motorização para o caso de uma unidade repotenciada seria de 2 unidades de 45 MW e 2 unidades de 49,5 MW. E para o caso de 2 unidades repotenciadas seria de 1 unidade de 45 MW e 3 unidades de 49,5 MW.

A tabela a seguir apresenta um resumo dos valores que foram alterados na CRA1 (que seria a situação de repotenciação de 3 unidades geradoras) para as outras possibilidades de repotenciação.

Tabela 18 – UHE Mascarenhas - Resumo dos parâmetros - Repotenciação

Parâmetros	1 Unidade Repotenciada	2 Unidades Repotenciadas	3 Unidades Repotenciadas
	Motorização 2 x 45 MW + 2x 49,5 MW	Motorização 1x 45 MW + 3 x 49,5 MW	Motorização 4 x 49,5 MW
Potência Instalada (MW)	189	193,50	198
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	90,00	90,50	90,90
Canal de Fuga médio (m)	39,80	39,81	39,83

A tabela a seguir apresenta os valores de energia firme e garantia física para cada unidade repotenciada da UHE Mascarenhas:

Tabela 19 – UHE Mascarenhas - Garantias Físicas e Energias Firmes por Unidade Repotenciada

Nº de Unidades Repotenciadas	Motorização	Potência (MW)	Energia Firme (MWmed)	Garantia Física (MWmed)
1	2 x 45MW + 2 x 49,5MW	189,0	133,93	134,7
2	1 x 45MW + 3 x 49,5MW	193,5	135,84	136,6
3	4 x 49,5MW	198,0	137,64	138,5

9. Resumo dos Resultados

A seguir, são apresentados os resultados obtidos no processo de revisão extraordinária de garantia física para as usinas hidrelétricas Mascarenhas, Monjolinho e Peixe Angical.

Tabela 20 – Resumo dos Resultados

Usina	Rio	UF	Nº de Unidades	Potência Instalada (MW)	Garantia Física Vigente (MWmed)	Δ Garantia Física	Garantia Física Nova (MWmed)	Nº de Unidades de Base
UHE Mascarenhas	Doce	ES	4	198	127,0	11,5	138,5**	4
UHE Monjolinho	Uruguai	RS	2	74	43,1	0,7	43,8	2
UHE Peixe Angical	Tocantins	TO	3	498,75	271*	9,5	280,5*	2

*Desse total, 1 MW médio corresponde ao benefício indireto proporcionado pelo reservatório da UHE Peixe Angical, segundo Portaria nº 11, de 2 de maio de 2006, mantido conforme Art.10 da Portaria 861/2010.

**Os valores por unidade repotenciada são apresentados na Tabela 21.

A tabela abaixo apresenta os valores de garantia física da UHE Mascarenhas por unidade repotenciada:

Tabela 21 – UHE Mascarenhas – Garantia Física por Unidade Repotenciada

Usina	Nº de Unidades Repotenciadas	Motorização	Potência (MW)	Acréscimo de Garantia Física	Garantia Física Nova (MWmed)
Mascarenhas	1	2 x 45MW + 2 x 49,5MW	189,0	7,7	134,7
	2	1 x 45MW + 3 x 49,5MW	193,5	1,9	136,6
	3	4 x 49,5MW	198,0	1,9	138,5

Apêndice A – Metodologia para obtenção de parâmetros energéticos médios

I. Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador

Os modelos utilizados no cálculo dos montantes de garantia física de usinas hidrelétricas necessitam de um valor médio de rendimento do conjunto turbina-gerador para cada usina [1, 3]. Uma vez que as máquinas trabalham acopladas, o rendimento do conjunto será produto do rendimento de cada uma. O valor utilizado deverá ser o mais representativo possível das condições de operação da usina. Uma forma usual de se determinar este valor é o rendimento médio ponderado pela energia gerada em todo histórico de simulação [2]. Sendo expressa pela seguinte equação:

$$\eta_{med} = \sum_{m=1}^{nper} \frac{\eta_g \eta_t(h_m, q_m)}{E_m}$$

Sendo

η_{med} : rendimento médio ponderado do conjunto turbina-gerador;

η_g : rendimento médio do gerador;

η_t : função que relaciona o rendimento da turbina para um ponto de queda e vazão unitária;

E_m : energia produzida no período, oriunda da execução do modelo MSUI;

h_m : queda líquida disponível no período;

q_m : vazão unitária ótima determinada para cada período;

$nper$: número de períodos da simulação.

I.1. Rendimento Médio do Gerador

O rendimento do gerador elétrico pode ser adotado constante para qualquer condição de operação [2].

I.2. Rendimento Médio da Turbina

O rendimento de uma turbina hidráulica é função da vazão turbinada unitária e da queda líquida a qual a máquina é submetida. Esta função é representada através da curva de colina e pode ser representada analiticamente por um polinômio do segundo grau em função da vazão e da queda líquida [3]. A expressão genérica deste polinômio é apresentada abaixo:

$$\eta_t = a_{02}q^2 + a_{20}h^2 + a_{11}qh + a_{01}q + a_{10}h + a_{00}$$

O ajuste do polinômio pode ser resolvido a partir da aplicação do método dos mínimos

quadrados em pontos retirados da curva colina [3], apresentado a seguir:

$$E(a) = \frac{\sum_{i=1}^N \sigma_i (\eta_i - a^T x_i)^2}{\sum_{i=1}^N \sigma_i}$$

Sendo

i : índice de ponto da curva colina;
 x_i : vetor de componentes $[1, h_i, q_i, qh_i, h_i^2, q_i^2]$;
 a : vetor de componentes $[a_{00}, a_{10}, a_{01}, a_{11}, a_{20}, a_{02}]$;
 σ_i : peso atribuído ao ponto;
 η_i : rendimento da turbina extraído da curva colina;
 N : número de pontos considerados da curva colina;
 $E(.)$: erro médio quadrático ponderado.

Os rendimentos obtidos da curva colina são referentes a faixas de queda e vazão pré-determinadas. Desta forma, empregou-se peso unitário em toda amostra [3].

Uma vez determinado o modelo para a curva colina, é possível atribuir um rendimento do conjunto para cada período de operação do histórico de simulação. O rendimento é função da vazão turbinada unitária, sendo necessário para obtê-la, encontrar o despacho de unidades esperado para cada período de simulação.

Para cada período escolheu-se o despacho de unidades capaz de fornecer o maior valor de potência total para a usina. Este problema pode ser escrito da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \forall i \in \{1, \dots, n\} \text{ Max } P_{m,i} &= i \eta_t(q_{m,i}, h_m) q_{m,i} h_m \rho g \\ \text{s. a.} \\ \underline{q_m} \leq q_{m,i} &\leq \overline{q_m} ; \underline{P_m} \leq P_{m,i} \leq \overline{P_m} \\ n q_{i,m} &\leq q_{defl_m} \end{aligned}$$

Sendo

n : número total de unidades geradoras da usina;
 $P_{m,i}$: potência total para o período m e número de unidades i ;
 $q_{m,i}$: vazão unitária para o período m e número de unidades i ;
 $\underline{q_m}$ e $\overline{q_m}$: limites de vazão turbinada unitária para o período m ;
 $\underline{P_m}$ e $\overline{P_m}$: limites de potência unitária para o período m ;
 q_{defl_m} : vazão defluente no período m , oriunda da execução do modelo MSUI;
 h_m : queda líquida média no período m , oriunda da execução do modelo MSUI;
 ρ : densidade da água;
 g : constante de gravidade.

Os limites de vazão foram encontrados por interpolação linear dos limites da tabela de pontos da curva de colina.

Caso não seja encontrada uma solução viável, será considerada a solução nula, onde a vazão turbinada unitária e a potência são nulas.

Uma vez determinada a solução ótima para cada período e número de unidades $P_{m,i}^*(q_{m,i}^*)$, determina-se o número ótimo de unidades despachadas para cada período, i_m^* .

$$P_m^*(i_m^*) = \text{Max} \left(P_{m,1}^*(q_{m,1}^*), \dots, P_{m,n}^*(q_{m,n}^*) \right)$$

A partir do despacho ótimo para cada período determina-se o rendimento médio ponderado da turbina:

$$\eta_{tmed} = \sum_{m=1}^{nper} \frac{\text{Mín}(\eta_t(h_m, q_{m,i_m^*}), \eta_{tmax})}{E_m}$$

Sendo,

η_{tmax} : rendimento máximo da turbina;

η_{tmed} : rendimento médio da turbina ponderado pela energia.

Uma vez determinado um novo valor de rendimento médio ponderado do conjunto, executa-se o modelo MSUI e se recalcula o rendimento médio ponderado do conjunto através da metodologia apresentada. O processo é repetido até a convergência do valor [2].

II. Perdas Hidráulicas Médias

As perdas hidráulicas no circuito de geração (em metros) são expressas em função da vazão turbinada total e unitária:

$$\Delta h = k_u q^2 + k_t q t^2$$

Sendo,

Δh : perda hidráulica no circuito de geração;

q e qt : vazão turbinada unitária e total, respectivamente;

k_u e k_t : constantes de perdas unitária e total, respectivamente.

Uma vez que os modelos utilizados na revisão dos montantes de garantia física de energia utilizam um valor constante para este parâmetro, deverá ser adotado um valor médio, visto que esse é o que melhor reflete as condições de perda ao longo de uma simulação dinâmica para a qual a usina estará sujeita a variadas condições de vazão. Desta forma, o valor de perda escolhido é dado pela média das perdas hidráulicas ponderada pela energia gerada ao longo do histórico de simulação.

$$\Delta h_{med} = \sum_{m=1}^{nper} \frac{\Delta h_m}{E_m}$$

O valor de vazão turbinada total utilizado corresponde ao que foi determinado pelo modelo MSUI, enquanto que o valor de vazão unitária utilizado para o cálculo das perdas é o mesmo encontrado no cálculo do rendimento médio ponderado.

$$\Delta h_{med} = \sum_{m=1}^{nper} \frac{k_u q_{m,i}^{*2} + k_t q_{t_m}^2}{E_m}$$

De forma análoga ao cálculo do rendimento médio, uma vez determinado um novo valor de perda hidráulica média ponderada, executa-se novamente o modelo MSUI e recalcula-se o valor de perda hidráulica média ponderada a partir da metodologia apresentada. O processo se repete até a convergência do valor.

III. Referências Bibliográficas

- [1] ELETROBRAS. "Manual de Metodologia do Modelo MSUI" – Rio de Janeiro, 2009.
- [2] E. I. B. Ang, J. R. Teixeira Fº, J. C. Negri, P. G. Maimone, S. N. Barillari, "Determinação do Rendimento Médio Operacional de Turbinas de Usinas Hidrelétricas", XVII SNPTEE - GPL, Uberlândia, Minas Gerais, Outubro 2003.
- [3] A. L. Diniz, P. P. I. Esteves, C. Sagastizábal, "A Mathematical Model for the Efficiency Curves of Hydroelectric units", IEEE PES General Meeting, Tampa, FL, June 2007.

Anexo 1 – Dados Energéticos das Usinas Hidrelétricas objeto de Revisão Extraordinária de Garantia Física

UHE MASCARENHAS	CRA0	CRA1
Potência instalada (MW)	180,50	198,00
Número de unidades geradoras	4	4
Hidrelétrica a jusante	Não há	Não há
Tipo de turbina	Kaplan	Kaplan
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	89,45	90,90
Taxa de indisponibilidade forçada - T EIF (%)	1,672	1,672
Indisponibilidade programa - IP (%)	5,403	5,403
Interligação no Subsistema	Sudeste	Sudeste
Queda líquida de referência (m)	21,00	18,26
Constante de perdas no circuito de adução	-	9,678E-06
Perda Hidráulica média (m)	0,50	0,60
Canal de fuga médio (m)	39,68	39,83
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	S	S
Vazão nominal unitária (m³/s)	246	304
Vazão sanitária (m³/s)	210,00	210,00
Vazão remanescente (m³/s)	-	-
Vazão mínima do histórico (m³/s)	221	221
Vazão mínima defluente (m³/s)	210	210

RESERVATÓRIO	CRA0	CRA1
Volume máximo (hm³)	21,679	21,679
Volume mínimo (hm³)	21,679	21,679
Volume de vertimento (hm³)	21,679	21,679
NA máximo normal (m)	60,70	60,70
NA mínimo normal (m)	60,70	60,70
Área máxima (km²)	3,90	3,90
Área mínima (km²)	3,90	3,90
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Diária	Diária

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-30	-8	33	59	62	53	40	13	18	19	10	-3

POLINÔMIOS

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC	6,0700000E+01	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00
PCA	3,9000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00	0,0000000E+00
PVNI	3,6898980E+01	2,8405000E-03	-1,9197000E-07	4,9168000E-12	0,0000000E+00

VAZÕES DE USO CONSUNTIVO (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	-0,64	-2,37	-1,57	-2,52	-2,51	-2,35	-2,32	-2,98	-2,83	-1,74	-0,53	-0,51

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	1599	2011	2176	2134	1250	814	739	678	770	985	1426	2063
1932	2454	1330	1112	720	669	691	504	404	388	727	983	2233
1933	4360	1637	1236	1043	790	637	611	519	524	1167	1185	2533
1934	2512	1093	1258	920	957	606	521	451	603	563	869	1462
1935	2497	3965	2121	1700	1084	865	741	652	517	684	681	1493
1936	800	1340	1196	976	579	505	437	428	461	549	915	1311
1937	2693	3058	1230	1099	961	655	541	427	519	558	1151	2034
1938	1246	1088	908	917	668	514	407	484	385	527	781	1675
1939	2450	1650	879	771	548	444	434	350	368	429	377	482
1940	741	1030	1539	745	538	427	324	287	287	376	1276	1338
1941	1400	888	1710	1271	687	591	600	498	546	833	748	1230
1942	2948	1664	1535	997	842	695	618	534	519	602	1257	2876
1943	3771	2205	2244	1450	1015	845	730	642	518	588	802	2930
1944	1960	2571	1843	1535	1151	985	884	783	688	718	1385	2402
1945	2782	2809	2132	2326	1821	1086	930	798	709	829	1523	2991
1946	2502	1403	1357	1444	969	791	709	620	529	570	1014	1088
1947	1023	937	1236	894	601	496	509	484	513	1256	1360	2025
1948	1605	1107	1265	970	718	639	577	499	421	480	728	3651
1949	3073	4043	2265	1806	1278	1028	852	753	666	833	1191	1814
1950	1717	1472	1084	968	786	691	644	549	510	558	1055	1714
1951	1228	1495	1608	1462	931	823	697	607	525	608	462	1037
1952	2174	2521	2837	1793	1221	1074	928	764	812	653	1227	2567
1953	1211	1444	1106	1023	850	669	593	577	720	710	1004	2470
1954	1782	781	550	896	559	511	489	453	447	523	777	1164
1955	1410	1028	823	616	405	389	300	263	233	330	732	1457
1956	1203	435	691	386	385	496	363	319	280	259	585	2276
1957	2275	1320	1732	1691	1042	756	666	562	521	673	811	2205
1958	1346	1400	888	1107	798	672	689	571	612	674	784	867
1959	1015	631	1035	617	441	408	360	320	285	524	1079	1121
1960	1790	1601	2219	1135	828	710	575	436	401	346	671	1548
1961	2679	2408	1194	767	668	558	500	434	355	344	485	532
1962	1511	1965	1146	547	475	416	405	393	364	503	785	2485
1963	1341	773	544	483	409	364	358	341	302	281	438	359
1964	1571	1783	1207	706	472	391	396	365	317	645	1291	1580
1965	2339	2188	1945	1323	998	810	756	598	520	668	1248	1260
1966	2118	1249	839	685	623	547	477	407	365	483	818	1260
1967	1851	1533	1169	824	612	469	428	402	341	340	739	1332
1968	1536	1206	1696	867	588	497	470	435	481	701	809	1082
1969	970	821	778	514	443	438	412	358	320	387	901	1842
1970	1967	1275	712	683	497	432	419	391	472	669	1273	1122
1971	580	389	508	362	319	352	304	269	288	540	1944	2422
1972	888	703	1033	660	501	406	443	400	380	574	1062	1330
1973	1115	917	1951	1046	686	530	483	428	392	766	1211	1290
1974	1540	1014	927	898	655	515	458	394	347	469	544	911
1975	1535	1034	591	620	461	383	425	334	303	654	1199	866
1976	423	649	523	510	405	365	393	359	444	637	1267	1676
1977	1788	1504	786	860	617	522	492	412	413	484	666	1136
1978	1701	1301	1148	867	651	625	557	473	441	617	720	1284
1979	2663	4592	2658	1685	1299	1226	1008	916	791	723	1440	1574
1980	2819	2114	1227	1691	1120	923	844	734	676	681	826	1766
1981	1427	937	1215	1171	722	696	553	504	411	683	2794	1971
1982	2820	1423	2326	1798	1186	997	852	787	669	674	634	839
1983	2900	1956	1747	1490	1050	1002	960	835	871	1485	1683	3138
1984	1482	1060	1082	1154	791	642	597	614	759	742	1009	2640
1985	5262	3075	2541	1669	1331	1112	988	916	829	956	1225	1754
1986	2814	1413	923	762	701	625	563	623	496	436	550	1084
1987	1222	719	1182	935	599	516	412	374	405	403	761	2099
1988	1928	1499	1099	828	653	548	408	405	366	478	742	760
1989	857	793	988	521	366	408	361	347	300	543	726	2062
1990	960	692	574	501	467	354	387	334	418	401	592	638
1991	1876	1821	1928	1222	837	634	527	495	415	605	1232	1130
1992	2932	3319	1434	1036	940	726	667	599	625	968	2278	2435
1993	2155	1282	908	962	757	708	581	537	484	566	553	1083
1994	2183	811	1491	1086	757	614	511	430	373	330	646	1298
1995	625	954	723	789	574	428	348	322	266	381	989	2095
1996	1852	709	627	528	400	351	313	317	365	410	1633	1599
1997	3419	1032	1927	1046	736	641	516	418	413	490	525	2040
1998	1319	1198	820	615	551	525	428	396	327	430	1058	1176
1999	1216	524	1132	529	378	306	296	266	249	293	1027	1592
2000	1167	1603	1338	781	493	398	368	326	405	291	865	1555
2001	1091	479	501	320	290	287	230	221	252	365	1175	976
2002	2384	2117	1092	637	516	453	396	329	425	363	852	1358
2003	3332	1181	809	654	485	406	360	341	341	395	492	801
2004	2176	1587	1708	1649	891	686	635	530	374	365	442	1685
2005	1741	1969	2727	1097	903	765	603	537	569	443	1236	2001
2006	578	524	975	644	454	384	348	300	354	545	1249	2355
2007	1997	1765	814	651	567	495	431	384	334	337	410	656
2008	525	927	732	660	413	332	293	245	272	300	643	1632

UHE MONJOLINHO	CRA0	CRA1
Potência instalada (MW)	70,00	74,00
Número de unidades geradoras	2	2
Hidrelétrica a jusante	Foz do Chapecó	Foz do Chapecó
Tipo de turbina	Francis	Francis
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	92,00	92,00
Taxa de indisponibilidade forçada - T EIF (%)	1,672	1,672
Indisponibilidade programa - IP (%)	5,403	5,403
Interligação no Subsistema	Sul	Sul
Queda líquida de referência (m)	61,00	61,00
Constante de perdas no circuito de adução	-	0,000149
Perda Hidráulica média (m)	1,38	1,70
Canal de fuga médio (m)	265,41	265,25
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	S	S
Vazão nominal unitária (m³/s)	64	67
Vazão sanitária (m³/s)	0,00	0,00
Vazão remanescente (m³/s)	-	-
Vazão mínima do histórico (m³/s)	2	2
Vazão mínima defluente (m³/s)	2,00	2,00

RESERVATÓRIO	CRA0	CRA1
Volume máximo (hm³)	150,48	150,48
Volume mínimo (hm³)	150,48	150,48
Volume de vertimento (hm³)	150,48	150,48
NA máximo normal (m)	328,50	328,50
NA mínimo normal (m)	328,50	328,50
Área máxima (km²)	5,463	5,463
Área mínima (km²)	5,463	5,463
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Diária	Diária

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	22	47	61	70	59	34	10	-4	-29	-38	-31

PONTOS NOTÁVEIS PARA AS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME E VAZÃO x NÍVEL DE JUSANTE

Cota	Área	Volume	Nível Jusante	Vazão
320,00	4,42	108,21	265,00	1,00
325,00	5,02	131,80	265,03	25,00
328,50	5,46	150,48	265,05	50,00
330,00	5,65	158,48	265,12	100,00
335,00	6,32	188,42	265,20	150,00
			265,52	280,00
			265,86	420,00
			266,50	650,00
			266,90	800,00

POLINÔMIOS

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC	1,7489999E+02	3,5870542E+00	-3,4503813E-02	1,5539220E-04	-2,6204511E-07
PCA	1,5224203E+05	-1,8602793E+03	8,5231850E+00	-1,7354276E-02	1,3250593E-05
PVNJ - CRA0	2,6502630E+02	1,4161160E-04	2,1079860E-05	-2,8024890E-08	1,1755180E-11
PVNJ - CRA1	2,6492430E+02	2,2693490E-03	3,0171910E-07	-1,6568820E-10	1,7589060E-14

VAZÕES DE USO CONSUNTIVO (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	-0,14	-0,12	-0,09	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,08	-0,09

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	53	13	18	16	175	142	148	74	188	72	33	26
1932	36	61	75	255	230	182	140	75	170	152	46	45
1933	24	19	20	13	20	32	30	65	87	171	78	23
1934	46	91	58	88	92	60	47	91	91	72	32	49
1935	27	14	19	12	9	44	123	158	180	301	63	130
1936	59	29	31	21	79	260	149	171	127	134	57	31
1937	28	29	68	53	30	20	41	73	108	101	85	41
1938	90	157	39	72	176	166	167	59	36	33	47	20
1939	29	35	95	67	155	108	116	46	139	81	131	213
1940	111	103	49	79	95	98	81	33	39	13	83	101
1941	23	79	68	91	41	198	100	55	75	61	47	128
1942	54	79	68	95	170	76	67	132	96	104	30	11
1943	5	8	14	5	99	229	109	70	16	84	43	23
1944	47	50	43	19	11	13	22	8	6	35	43	16
1945	3	6	11	2	4	13	21	31	22	36	54	12
1946	110	132	54	11	10	70	261	70	50	60	69	82
1947	31	33	30	8	80	125	71	123	142	62	42	7
1948	6	53	30	54	103	113	104	169	84	98	156	40
1949	29	16	21	21	28	84	80	86	132	126	58	28
1950	19	15	17	23	49	46	46	91	92	187	128	90
1951	55	84	87	46	31	28	23	16	19	154	133	53
1952	29	25	15	14	13	58	115	69	75	96	70	33
1953	38	57	30	46	41	93	92	85	216	275	216	67
1954	106	58	72	93	72	236	350	90	367	484	87	95
1955	29	35	27	89	129	172	193	98	79	139	24	12
1956	58	46	24	96	106	55	54	84	111	77	36	27
1957	53	46	26	37	51	75	80	175	259	120	80	46
1958	28	19	22	36	27	63	48	132	136	232	105	119
1959	58	89	59	92	171	109	90	89	139	156	87	72
1960	36	30	22	20	18	44	37	91	170	142	130	60
1961	61	37	109	75	78	96	102	71	129	273	143	55
1962	35	21	21	22	59	44	59	49	72	52	51	27
1963	25	54	58	57	51	61	62	117	121	290	257	143
1964	52	32	18	48	81	36	38	79	161	82	48	34
1965	25	29	26	51	82	45	65	275	392	177	103	128
1966	112	148	162	63	31	88	140	231	312	221	115	97
1967	55	37	52	30	25	31	97	175	308	146	78	105
1968	42	27	22	27	37	31	68	28	56	48	86	47
1969	97	93	63	48	59	102	65	49	54	37	161	44
1970	34	31	20	18	101	208	200	103	79	106	38	188
1971	162	114	70	104	202	177	175	199	83	46	21	27
1972	33	114	150	161	86	389	224	361	339	149	185	185
1973	156	85	72	43	218	172	330	262	219	143	86	58
1974	73	54	56	27	93	170	65	45	47	44	55	115
1975	68	47	27	27	28	128	63	149	173	177	121	149
1976	102	50	22	18	45	47	79	152	120	95	165	118
1977	94	54	50	26	20	144	148	245	115	53	152	65
1978	21	7	26	15	15	14	31	43	56	46	138	52
1979	10	17	45	51	138	66	183	170	74	343	158	219
1980	103	37	28	13	75	33	68	147	138	104	173	103
1981	49	50	27	28	18	69	30	37	77	60	66	114
1982	34	40	10	5	19	101	171	151	94	305	291	90
1983	69	88	195	159	462	227	702	316	169	126	103	30
1984	34	27	16	33	127	205	252	337	208	233	172	42
1985	12	72	39	121	175	105	117	167	130	64	23	19
1986	15	15	60	218	99	121	88	118	144	104	59	37
1987	66	31	18	159	293	152	216	150	110	162	69	49
1988	36	59	11	73	153	100	44	28	80	50	35	24
1989	56	84	40	49	83	54	163	109	309	147	64	26
1990	123	64	68	122	248	572	125	68	179	208	168	56
1991	26	13	8	14	10	74	63	66	36	55	26	116
1992	68	67	92	92	248	252	224	158	179	85	105	52
1993	58	43	85	46	90	151	404	77	74	121	80	122
1994	36	103	47	136	293	317	369	157	173	310	315	219
1995	263	102	49	46	20	61	67	74	83	231	51	15
1996	124	169	84	49	30	99	151	138	184	155	104	81
1997	21	92	20	13	19	113	145	234	95	701	475	124
1998	183	372	332	362	306	124	132	295	272	199	64	33
1999	15	32	18	66	42	78	234	56	61	97	47	68
2000	46	60	49	26	36	61	205	73	187	235	100	59
2001	117	136	64	126	163	120	195	76	96	262	74	79
2002	53	18	21	20	106	207	107	191	268	301	214	286
2003	129	101	58	34	86	96	74	31	22	62	52	232
2004	94	35	19	19	65	44	83	26	68	119	99	28
2005	16	5	14	119	248	396	149	81	131	290	86	38
2006	39	35	41	15	16	38	39	127	74	39	158	105
2007	66	51	66	102	245	113	247	150	111	181	192	72
2008	40	30	28	39	58	99	87	70	52	184	197	58

UHE PEIXE ANGICAL	CRA0	CRA1
Potência instalada (MW)	450,00	498,75
Número de unidades geradoras	4	3
Hidrelétrica a jusante	Lajeado	Lajeado
Tipo de turbina	Kaplan	Kaplan
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	91,50	93,10
Taxa de indisponibilidade forçada - TEIF (%)	2,533	2,533
Indisponibilidade programa - IP (%)	8,091	8,091
Interligação no Subsistema	Sudeste	Sudeste
Queda líquida de referência (m)	23,80	26,35
Constante de perdas no circuito de adução	-	1,423E-06
Perda Hidráulica média (m)	0,80	0,46
Canal de fuga médio (m)	235,43	235,45
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	S	S
Vazão nominal unitária (m³/s)	527	691
Vazão sanitária (m³/s)	360,00	360,00
Vazão remanescente (m³/s)	-	-
Vazão mínima do histórico (m³/s)	185	185
Vazão mínima defluente (m³/s)	360	360

RESERVATÓRIO	CRA0	CRA1
Volume máximo (hm³)	2741,00	2741,00
Volume mínimo (hm³)	2212,70	2212,70
NA máximo normal (m)	263,00	263,00
NA mínimo normal (m)	261,00	261,00
Área máxima (km²)	294,10	294,10
Área mínima (km²)	236,00	236,00
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Mensal	Mensal

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
24	6	11	7	34	53	61	71	93	60	41	35

POLINÔMIOS

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC	2,3928180E+02	2,9156700E-02	-1,8020900E-05	5,6572030E-09	-6,6089600E-13
PCA	-5,8391970E+05	7,0648950E+03	-2,8510260E+01	3,8379160E-02	0,0000000E+00
PVNJ	2,3267988E+02	1,9702026E-03	-2,4289074E-07	1,9315541E-11	-5,8884685E-16

VAZÕES DE USO CONSUNTIVO (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	-2,11	-2,01	-1,15	-3,98	-4,26	-4,49	-4,31	-4,95	-4,93	-1,67	-1,24	-1,36

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	2537	3360	7219	3937	1904	1398	1065	829	781	1025	1684	1789
1932	2575	3247	2357	1258	687	474	361	276	363	732	1226	1643
1933	2531	2626	2363	2123	806	554	413	319	354	596	1913	3622
1934	3415	3432	2668	1939	782	499	379	290	449	355	1029	1962
1935	3635	5764	6391	5797	2574	1481	1118	847	749	1052	1702	2488
1936	2193	3413	3638	3182	1184	752	576	471	474	604	1088	1639
1937	2025	2469	2578	1934	1007	530	381	300	251	879	1848	3690
1938	3424	2951	2358	1375	648	470	357	281	287	446	706	1775
1939	3302	3303	2307	1491	744	512	460	286	482	990	1528	1590
1940	3331	7270	8264	3395	1921	1377	1022	810	922	1075	1905	2582
1941	2638	3067	3516	2834	941	665	551	395	462	938	1345	1860
1942	2677	4927	3539	2313	998	684	523	392	1012	1066	1792	4076
1943	8069	6658	6226	3547	1588	1195	910	709	694	1111	2372	4133
1944	3025	3974	3088	2210	912	714	532	416	328	800	1098	2865
1945	6628	7109	7976	7929	4317	2139	1553	1210	1032	1864	3122	5303
1946	5709	4222	3732	2114	1251	739	547	431	478	483	1132	1324
1947	2254	3106	5570	3585	1483	1082	839	901	694	1161	1978	3384
1948	3521	3002	3621	2119	906	706	533	410	457	630	1427	6585
1949	4418	6106	3517	2425	1233	755	563	425	355	546	1066	1644
1950	1647	1857	2954	1861	797	489	368	311	290	414	1075	1209
1951	1423	1426	1992	1943	831	595	439	355	330	347	357	1433
1952	1168	1441	4149	1743	925	541	392	317	324	296	727	2131
1953	1012	989	1549	1383	589	404	322	281	271	587	839	2030
1954	1677	3224	1487	1661	621	430	341	287	252	228	486	2118
1955	2083	2252	1638	2091	628	462	342	286	269	495	856	2443
1956	2296	1153	2811	1149	874	537	387	310	269	397	2101	4103
1957	5476	4778	6075	4880	1421	931	683	498	420	485	728	1672
1958	2345	5294	3311	3985	1711	906	703	495	490	580	673	1257
1959	6004	2795	2635	1336	624	482	356	288	250	362	916	898
1960	3006	4512	5253	2755	1195	810	602	463	330	395	972	2210
1961	3128	3935	2828	1415	1327	662	489	429	364	320	419	987
1962	1683	2276	2811	1295	816	524	402	322	286	475	723	2328
1963	2344	2864	1515	1018	818	492	383	310	266	244	487	780
1964	4845	5464	2568	1998	1094	668	496	381	297	545	1455	2343
1965	2295	2365	3214	3452	1433	854	622	467	362	868	1436	2126
1966	2531	6341	4588	2609	1311	848	631	493	424	635	746	1502
1967	1659	2747	2654	2177	1121	700	519	410	356	377	1040	1765
1968	1618	3547	5751	2093	1161	770	577	465	431	525	1889	3748
1969	2290	3469	3321	1514	1219	708	569	470	429	490	1323	3378
1970	5537	4054	4963	2432	1331	885	688	561	523	758	1530	1167
1971	974	1120	1523	1575	786	557	429	371	375	619	2063	2650
1972	1465	1695	2254	1901	900	642	509	425	377	682	1068	3108
1973	2348	2228	2932	2875	1322	796	650	510	427	1175	1772	2629
1974	2108	2442	4819	4073	2156	1177	823	673	567	796	1156	1632
1975	1794	2614	1560	2191	985	720	592	490	429	710	1310	1275
1976	1140	1667	2032	1206	870	609	508	440	497	741	1715	2523
1977	3379	5538	1653	1753	1078	830	636	532	505	559	776	2278
1978	5661	5085	6359	3492	1625	1190	901	717	615	788	976	2258
1979	6185	8999	4055	2420	1511	1122	877	742	741	753	1346	1533
1980	5324	12561	4754	2940	1739	1253	1018	823	760	756	1524	4039
1981	5392	2730	3334	3476	1568	1252	915	750	621	907	2982	2411
1982	8383	4493	3689	2708	1517	1175	898	774	786	926	1061	1165
1983	3777	8280	3947	3248	1518	1100	857	726	624	820	1381	3089
1984	1992	1553	1901	2346	1048	762	629	547	578	751	783	1159
1985	5040	4799	3335	2528	1375	965	747	646	572	805	1166	3970
1986	5477	3496	2828	1816	1184	826	691	617	563	734	709	1083
1987	1465	1316	2621	1881	1137	660	543	463	431	532	928	3254
1988	2524	2595	5272	2306	1212	867	702	581	498	727	1042	3239
1989	2101	1958	1855	1163	853	636	553	505	499	598	1528	8897
1990	5900	3128	3203	1939	1286	941	816	662	729	702	802	1180
1991	2444	2609	3975	3244	1387	954	753	625	547	581	981	1272
1992	4283	8514	2484	2325	1431	1016	820	690	693	917	1898	5081
1993	3073	3369	2110	1560	1128	829	680	596	558	695	665	1560
1994	2869	2070	4757	2792	1258	986	775	627	526	515	942	1555
1995	1968	2831	1954	2649	1651	959	739	600	516	565	934	2176
1996	2157	1277	1721	1334	875	667	551	490	440	596	1136	1145
1997	3013	2002	5166	4093	1769	1136	870	687	676	741	852	1439
1998	1712	2567	1910	987	671	527	446	375	373	422	1125	1739
1999	1519	1185	2103	781	549	404	390	339	357	418	1360	3009
2000	3673	3427	3773	1830	957	722	589	480	531	443	1364	3305
2001	1582	1264	2427	1236	726	561	486	412	415	663	1081	1814
2002	6560	3811	1961	1567	854	572	460	342	367	316	570	1110
2003	2375	2272	2516	2524	983	610	414	291	312	310	568	718
2004	2627	6551	4895	3061	1374	824	588	425	357	431	607	968
2005	1857	2875	4230	2387	1237	688	475	362	271	272	691	2737
2006	2186	1581	2782	3170	1321	696	480	374	375	726	1146	1469
2007	1918	4629	2163	1197	723	477	379	287	247	245	515	939
2008	941	2380	3207	2405	1006	565	395	263	201	185	721	2528

Anexo 2 – Dados Energéticos da UHE Foz do Chapecó

UHE Foz do Chapecó

Potência instalada (MW)	855,00
Número de unidades geradoras	4
Hidrelétrica a jusante	-
Tipo de turbina	Francis
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador(%)	92,68
Taxa de indisponibilidade forçada - TEIF (%)	2,917
Indisponibilidade programa - IP (%)	12,122
Queda bruta (m)	52,18
Queda líquida de referência (m)	49,80
Perda Hidráulica média (m)	1,70
Canal de fuga médio (m)	212,82
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	N
Vazão nominal unitária (m³/s)	472
Vazão sanitária (m³/s)	-
Vazão remanescente (m³/s)	63,2
Vazão mínima do histórico (m³/s)	79
Vazão mínima defluente (m³/s)	79

RESERVATÓRIO

Volume máximo (hm³)	1501,80
Volume mínimo (hm³)	1427,50
NA máximo normal (m)	265
NA mínimo normal (m)	264
Área máxima (km²)	79,93
Área mínima (km²)	77,56
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Diária

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-1	19	40	53	61	51	25	0	-9	-33	-40	-36

PONTOS NOTÁVEIS PARA AS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME E VAZÃO x NÍVEL DE JUSANTE

Cota	Área	Volume	Nível Jusante	Vazão
264,00	77,56	1427,50	211,00	200,00
264,20	78,03	1442,36	211,50	530,00
264,40	78,50	1457,22	212,00	915,00
264,60	78,98	1472,08	212,50	1330,00
264,80	79,45	1486,94	213,00	1760,00
265,00	79,93	1501,80	213,50	2235,00
			214,00	2760,00
			214,50	3340,00
			215,00	3950,00
			215,50	4621,00
			216,00	5350,00
			217,00	6907,00
			218,00	8581,00
			219,00	10320,00

POLINÔMIOS

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC	2,4478727E+09	1,3459145E+05	-1,9272641E-03	8,4571239E-07	-1,3877788E-10
PCA	1,9387806E+05	-3,0791933E+03	1,8318086E+01	-4,8398283E-02	4,7951339E-05
PVNI	2,1070794E+09	1,5450534E+04	-1,5865596E+00	1,2216908E-04	-3,6887472E-09

VAZÕES DE USO CONSUNTIVO (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	0,85	0,83	0,79	0,74	0,74	0,74	0,75	0,76	0,78	0,79	0,83	0,82

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	676	147	215	202	2509	1971	2021	917	2700	842	406	332
1932	441	813	1001	3841	3301	2434	1797	962	2431	2020	561	590
1933	251	228	220	141	240	382	361	834	1143	2487	909	253
1934	617	1269	722	1176	1145	773	581	1160	1176	939	367	605
1935	312	166	221	134	96	567	1736	2200	2587	4460	822	1837
1936	739	325	370	247	1019	3886	2030	2460	1700	1826	706	388
1937	352	370	892	659	327	221	504	990	1456	1324	1113	488
1938	1284	2047	488	985	2378	2348	2202	656	427	418	560	219
1939	358	454	1271	828	2143	1458	1264	574	1850	1008	1853	2678
1940	1518	1214	600	1152	1175	792	901	1386	788	1377	668	936
1941	708	1214	1029	1108	2625	2221	1393	2471	1343	1331	1803	1233
1942	468	1131	879	1559	1908	906	812	1147	925	1142	339	222
1943	133	265	188	133	643	2252	1372	2361	1851	1053	513	296
1944	811	425	529	264	153	377	496	190	265	365	464	158
1945	79	290	188	105	115	149	215	474	547	506	295	282
1946	1235	1995	1002	477	735	1398	2734	866	727	951	574	893
1947	612	755	526	208	605	1009	813	956	1807	1175	560	665
1948	381	864	821	1110	2102	858	1391	3218	708	968	820	241
1949	303	133	426	479	487	1261	719	968	1499	1149	485	288
1950	401	370	587	412	826	907	507	2703	1208	2887	1116	677
1951	838	1809	1292	406	223	219	443	163	182	3069	1689	569
1952	377	398	171	155	87	1108	2088	673	1548	2258	1151	433
1953	606	1085	434	503	332	816	852	595	2208	2984	1972	644
1954	845	633	978	1044	2013	3245	4537	862	5312	4789	874	571
1955	386	1053	694	2010	2593	2113	3455	1441	1390	1076	504	477
1956	1321	1339	352	1575	1351	809	654	1269	2032	1061	393	366
1957	531	930	579	659	710	623	1520	4889	4098	1527	893	577
1958	569	334	1307	439	259	1445	454	1514	2662	2117	2223	1662
1959	577	935	533	1331	1437	855	691	906	1653	1287	383	307
1960	222	443	380	328	310	792	396	1958	2268	1574	1319	603
1961	627	497	2618	1349	755	859	905	522	3589	3896	2172	1031
1962	492	359	298	219	891	555	872	542	1549	809	605	276
1963	504	1975	1720	814	525	344	404	1373	1667	3828	2878	1033
1964	329	433	331	674	847	371	497	1265	1668	953	607	388
1965	326	287	210	386	1139	474	1494	4651	4805	2425	1144	2053
1966	1540	3074	2028	729	392	1550	1585	1813	3601	2435	1294	1707
1967	790	866	1018	415	318	410	879	2082	3589	1433	699	1062
1968	279	190	194	351	357	254	737	235	787	555	1372	836
1969	1542	1733	1079	1509	751	1768	1068	627	1229	619	1992	457
1970	460	385	406	259	1081	2119	2216	1130	1127	1282	407	1598
1971	2376	1703	1431	2171	2224	2352	2622	2441	1047	789	248	191
1972	367	1537	933	1145	421	2740	1835	4150	4363	1859	1486	1277
1973	1350	1242	834	453	1923	2199	2739	3788	3111	1465	983	519
1974	663	853	1121	483	721	1764	790	516	1154	627	1060	722
1975	723	666	392	305	292	1093	585	1629	3073	2629	1060	2222
1976	1475	636	904	414	1031	1403	1135	2783	1336	872	1909	1962
1977	1309	1697	1235	991	375	1183	1573	3673	1072	1336	1888	1282
1978	819	472	453	185	137	148	756	621	1342	620	1630	726
1979	348	189	397	637	1941	872	1611	1294	642	4129	2496	1825
1980	794	425	1023	426	763	447	989	3454	2207	1502	1952	2330
1981	1321	1522	480	430	446	608	441	397	1174	974	879	1216
1982	452	698	506	303	275	1469	2943	1575	830	3131	4618	1580
1983	1186	1303	2823	1455	4724	3428	10048	6313	2876	1367	1554	781
1984	813	988	785	696	1323	2783	2564	5293	2075	2331	1608	985
1985	445	1274	838	1116	1485	636	776	961	1392	877	759	215
1986	272	425	438	1601	820	1283	697	988	1583	1449	1416	899
1987	1203	991	354	1736	3910	1871	1855	1791	1187	2721	809	507
1988	565	735	407	862	2694	1619	821	336	1398	898	479	389
1989	957	1863	818	858	1841	434	1273	1329	4559	1657	663	382
1990	1845	1202	904	1866	1965	5910	1687	1210	2426	3742	2466	900
1991	445	563	217	237	296	1361	1017	1230	390	1236	1050	1332
1992	808	1186	1128	737	3791	3023	3442	2527	2233	900	1221	720
1993	695	1069	950	703	1317	1486	4048	835	1475	2262	803	1444
1994	617	2191	1153	1007	1700	2474	3153	860	721	2249	2052	1170
1995	2577	1146	778	430	238	709	1158	1051	1174	2221	716	476
1996	1477	1888	1130	1038	318	967	1930	1995	2129	1974	1232	823
1997	732	3052	871	289	274	1152	1932	2897	955	5729	5487	1235
1998	2104	4838	2726	3711	3180	1350	1951	3535	3554	2016	636	497
1999	489	726	424	1155	444	1043	2705	729	570	1909	635	544
2000	534	578	890	655	787	700	2119	977	3810	3572	941	742
2001	1577	2470	1110	1438	2226	1753	2225	791	1316	3933	882	1035
2002	537	396	376	408	907	2140	1143	2125	2385	2838	2369	2346
2003	979	954	956	486	663	910	760	379	312	751	742	2436
2004	1029	540	307	576	907	531	1729	485	1602	2210	1294	523
2005	542	230	326	1360	2866	3142	1408	1111	3624	3872	1322	438
2006	506	392	455	261	180	339	460	1172	706	464	1331	1061
2007	678	831	1290	999	2672	798	2732	1266	1626	2048	2165	696
2008	649	562	466	801	1145	1403	856	899	1423	3571	2737	648