

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório Técnico



Nº/Ano: 47213/10	Nº de Páginas: 49	Nº de Anexos: 1
-------------------------	--------------------------	------------------------

Título: Proposta Metodológica para Recálculo de Garantia Física de Energia de Usinas Hidrelétricas e Termelétricas.

Departamento ou Divisão: Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente - DEA

Área de Responsabilidade: B200	Conta de Apropriação: 1345
---------------------------------------	-----------------------------------

Cliente:

Ministério de Minas e Energia – MME
Esplanada dos Ministérios, Bloco U – Sala 509
5º andar – CEP: 70065-900 – Brasília – DF

Atenção: Dr. Altino Ventura Filho

Resumo:

Este relatório tem por objetivo apresentar a metodologia proposta para revisão extraordinária dos montantes de Garantia Física de Energia de Usinas Hidrelétricas, assim como resultados numéricos obtidos quando de sua aplicação a algumas UHEs do SIN. Adicionalmente, é avaliada a adequação desta metodologia às revisões dos montantes de Garantia Física de Energia das Usinas Termelétricas. Neste sentido, resultados numéricos obtidos com sua aplicação a algumas UTEs do SIN são também apresentados.

Autores:

Luiz Guilherme B. Marzano - CEPEL
Maria Elvira Piñeiro Maceira - CEPEL
Albert Cordeiro Geber de Melo - CEPEL
Thatiana Conceição Justino - CEPEL

Palavras-Chave:

Garantia Física, Metodologia de Recálculo

Classificação: Controlado

Gerente de Projeto

Nome: Maria Elvira Piñeiro Maceira
Tel.: (21)2598-6454 **Fax:** (21)2598-6482
E-mail: elvira@cepel.br

Chefe do Departamento

Nome: Maria Elvira Piñeiro Maceira
Tel.: (21)2598-6454 **Fax:** (21)2598-6482
E-mail: elvira@cepel.br

Aprovação

Roberto Pereira Caldas
Diretor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

30/12/10

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL www.cepel.br
Sede: Av. Horácio Macedo, 354 - Cidade Universitária - CEP 21941-911 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil - Tel.: 21 2598-6000 - Fax: 21 2260-1340
Unidade Adrianópolis: Av. Olinda s/nº - Adrianópolis - CEP 26053-121 - Nova Iguaçu - RJ - Brasil - Tel.: 21 2666-6200 - Fax: 21 2667-3518
Endereço Postal: CEPEL Caixa Postal 68007 - CEP 21944-970 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil / **Endereço Eletrônico:** cepel@cepel.br



Proposta Metodológica para Recálculo de Garantia Física de Energia de Usinas Hidrelétricas e Termelétricas

Índice

1.	Introdução	4
2.	Histórico	5
3.	Metodologia Proposta	9
4.	Estudo de Casos	10
4.1	Modelos Adotados	10
4.2	Critério de Convergência	10
4.3	Configuração de Referência Atual	10
4.4	Resultados Numéricos para as Usinas Hidrelétricas	10
4.4.1	Usina Hidrelétrica Jupia.....	11
4.4.2	Usina Hidrelétrica Mascarenhas.....	12
4.4.3	Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros	12
4.4.4	Usina Hidrelétrica Jirau – Alteração na Capacidade Instalada.....	13
4.4.5	Usina Hidrelétrica Jirau – Alteração na Capacidade Instalada e na Localização de seu Eixo	14
4.5	Resultados Numéricos para as Usinas Termelétricas	15
4.5.1	Usina Termelétrica Jorge Lacerda A ½.....	15
4.5.2	Usina Termelétrica Jorge Lacerda A ¾.....	16
4.5.3	Usina Termelétrica Jorge Lacerda B.....	17
4.5.4	Usina Termelétrica Jorge Lacerda C.....	18
4.5.5	Usina Termelétrica Charqueadas.....	19
4.5.6	Usina Termelétrica Alegrete	20
4.5.7	Usina Termelétrica Roberto Silveira (Campos)	21
4.5.8	Usina Termelétrica Tocantinópolis	22
4.5.9	Usina Termelétrica Nova Olinda.....	23
4.5.10	Usina Termelétrica Maracanaú I	24
4.5.11	Usina Termelétrica Campina Grande	24
4.5.12	Usina Termelétrica Camaçari Pólo de Apoio I.....	25
4.5.13	Usina Termelétrica Potiguar III	26
4.5.14	Usina Termelétrica Global I.....	27
4.5.15	Usina Termelétrica Global II	28

Relatório Técnico – 47213/10

4.5.16	Usina Termelétrica Viana	28
4.5.17	Usina Termelétrica Itapebi.....	29
4.5.18	Usina Termelétrica Monte Pascoal.....	30
4.6	Resultados Numéricos do Estudo Comutativo da UTE Itapebi	31
4.6.1	Resultados do Caso 1	32
4.6.2	Resultados do Caso 2	33
4.6.3	Resultados do Caso 3	34
4.6.4	Resumo dos Resultados do Estudo Comutativo da UHE Itapebi.....	34
4.7	Diferença dos Custos Marginais de Operação Obtidos nos Cálculos de GF_0 e GF_1	35
5.	Conclusões	38
ANEXO –	Aplicação das Expressões Analíticas Demonstradas pelo CEPEL	40

1. INTRODUÇÃO

O Ministério de Minas e Energia - MME, através da Portaria nº 736 de dezoito de agosto de 2010, divulgou para efeito de Consulta Pública, minuta de Portaria¹ que estabelece os fatos relevantes e a metodologia para revisão extraordinária dos montantes de Garantia Física de Energia de Usinas Hidrelétricas despachadas centralizadamente.

Neste sentido, este relatório tem por objetivo apresentar, em linhas gerais, a metodologia proposta para tal revisão, assim como resultados numéricos obtidos quando de sua aplicação a algumas Usinas Hidrelétricas do SIN.

Adicionalmente, é importante avaliar se a mesma metodologia poderia ser aplicada às revisões dos montantes de Garantia Física de Energia das Usinas Termelétricas. Para tal, resultados numéricos obtidos com sua aplicação a algumas Termelétricas do SIN são apresentados.

Cabe ressaltar que as alterações de parâmetros dos estudos de casos apresentados neste relatório não necessariamente constarão como fatos relevantes que motivem o recálculo da Garantia Física de Energia na versão final das Portarias MME associadas. Adicionalmente, a metodologia aqui adotada também poderá sofrer modificações.

¹ Durante a elaboração deste relatório, o recálculo das Garantias Físicas de Energia de Usinas Hidrelétricas despachadas centralizadamente com capacidade instalada superior a 30 MW foi regulamentado pela Portaria MME nº 861, de 18 de outubro de 2010.

2. HISTÓRICO

Em 05 de fevereiro de 2010, a EPE emitiu a Nota Técnica nº EPE-DEE-025/2010-r0, na qual é feita uma proposta de metodologia para recálculo dos valores de Garantia Física de Usinas Hidrelétricas. Na metodologia proposta pela EPE é sugerido que a análise do impacto das alterações dos parâmetros motivadores do recálculo seja feita apenas a partir da utilização do modelo de simulação a usinas individualizadas MSUI.

Em linhas gerais, a metodologia proposta na Nota Técnica é a seguinte:

1. Com base em um conjunto de arquivos denominados Configuração de Referência Atual (CRA), que não contempla a alteração dos parâmetros motivadores do pedido de revisão, e utilizando-se o programa MSUI, calcula-se a Energia Firme Atual da usina (EF_0).
2. Altera-se a CRA de modo a esta contemplar as alterações dos parâmetros motivadores do pedido de revisão e, utilizando-se o programa MSUI, calcula-se a Nova Energia Firme da usina (EF_1).
3. Obtém-se o ganho ou redução percentual advindo da alteração proposta, através da proporção EF_1/EF_0 .
4. Com base na CRA, sem contemplar as alterações de parâmetros, calcula-se a Garantia Física Atual (GF_0), segundo a metodologia definido na Portaria MME nº 258/2008.
5. O ganho ou redução percentual obtido no passo 3 é aplicado ao valor da Garantia Física Atual (GF_0), obtendo-se GF_1 .

$$GF_1 = GF_0 \cdot \left(\frac{EF_1}{EF_0} \right)$$

6. A diferença entre GF_1 e GF_0 fornece o ganho ou redução de Garantia Física de Energia. Este valor é então incorporado ao valor de Garantia Física Vigente da usina.

$$\Delta GF = GF_1 - GF_0 = GF_0 \cdot \left(\frac{EF_1}{EF_0} \right) - GF_0 = GF_0 \cdot \left(\frac{EF_1}{EF_0} - 1 \right) = GF_0 \cdot \left(\frac{EF_1 - EF_0}{EF_0} \right)$$

$$\Delta GF = GF_0 \cdot \left(\frac{\Delta EF}{EF_0} \right)$$

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

Em discussões envolvendo o MME, CEPEL, EPE e ANEEL, foi defendida a adoção, para o recálculo das Garantias Físicas, dos mesmos princípios adotados no cálculo das Garantias Físicas de Energia, definidos na Portaria MME nº 258/2008. Ou seja, o ganho ou redução da Garantia Física de Energia deveria ser dado pela diferença das Garantias Físicas obtidas a partir

Relatório Técnico – 47213/10

de duas convergências, segundo o critério de Garantia de Suprimento vigente, do modelo NEWAVE: a primeira considerando as alterações dos parâmetros motivadores da revisão (obtem-se GF_1), e a segunda sem considerá-las (obtem-se GF_0).

O CEPEL demonstrou analiticamente que a metodologia descrita na Nota Técnica nº EPE-DEE-025/2010-r0 é, na realidade, um caso particular da metodologia que segue os mesmos princípios adotados no cálculo das Garantias Físicas de Energia. Este caso particular se dá quando ocorrem simultaneamente os seguintes fatos: (i) o bloco hidráulico calculado pelo modelo NEWAVE é o mesmo quando se considera e quando não se considera alterações dos parâmetros motivadores do pedido de revisão; (ii) a energia firme do sistema calculada pelo modelo MSUI é a mesma quando se considera e quando não se considera tais alterações. Esta demonstração é apresentada a seguir:

Demonstração Apresentada pelo CEPEL Sobre a Metodologia para Revisão dos Montantes de Garantia Física de Energia de Usina Hidrelétrica Despachada Centralizadamente

Pela Portaria MME nº 258/2008 temos que a garantia física de uma usina hidroelétrica i é dada por:

$$GF^i = BH \frac{EF^i}{\sum EF^j} \quad (1)$$

onde BH é o Bloco Hidráulico, calculado pelo modelo NEWAVE, e as Energias Firmes, EF_i , são calculadas pelo modelo MSUI.

Para uma usina i em particular, e considerando as configurações “0” e “1”, ou seja, antes e depois da implementação da mudança de parâmetros para o recálculo de garantia física, as garantias físicas desta usina i nas configurações “0” e “1” são dadas por, respectivamente:

$$GF_0^i = BH_0 \frac{EF_0^i}{\sum EF_0^j} \quad (2)$$

e

$$GF_1^i = BH_1 \frac{EF_1^i}{\sum EF_1^j} \quad (3)$$

A variação de garantia física devido à mudança de parâmetros na usina i é dada por:

$$\Delta GF^i = GF_1^i - GF_0^i = BH_1 \frac{EF_1^i}{\sum EF_1^j} - BH_0 \frac{EF_0^i}{\sum EF_0^j} \quad (4)$$

Hipótese 1: O bloco hidráulico calculado pelo modelo NEWAVE é o mesmo quando se considera e quando não se considera a variação de parâmetros da usina i . Ou seja, a variação de parâmetros não for perceptível no modelo NEWAVE.

Neste caso, $BH_1 = BH_0$. Assim, (4) pode ser simplificada como:

$$\Delta GF^i = BH_0 \left(\frac{EF_1^i}{\sum EF_1^j} - \frac{EF_0^i}{\sum EF_0^j} \right) \quad (5)$$

ou, de forma compacta,

$$\Delta GF^i = BH_0 (FR_1^i - FR_0^i) \quad (6)$$

onde, os fatores de rateio são dados por:

$$FR_1^i = \frac{EF_1^i}{\sum EF_1^j} \quad (7)$$

$$FR_0^i = \frac{EF_0^i}{\sum EF_0^j} \quad (8)$$

Hipótese 2: Além da hipótese 1, considera-se também que a energia firme do sistema calculada pelo modelo MSUI é a mesma quando se considera e quando não se considera a variação de parâmetros da usina i . Ou seja, a variação de parâmetros não for perceptível nos modelos NEWAVE e MSUI.

Neste caso, $BH_1 = BH_0$ e $\sum EF_1^j = \sum EF_0^j$. Assim, a expressão (5) pode ainda ser simplificada em:

$$\Delta GF^i = BH_0 \left(\frac{EF_1^i - EF_0^i}{\sum EF_0^j} \right) = BH_0 \left(\frac{\Delta EF^i}{\sum EF_0^j} \right) \quad (9)$$

A partir de (2) pode-se escrever:

$$\frac{GF_0^i}{EF_0^i} = \frac{BH_0}{\sum EF_0^j} \quad (10)$$

Substituindo (10) em (9), esta última expressão ainda pode ser reescrita por:

$$\Delta GF^i = GF_0^i \frac{\Delta EF^i}{EF_0^i} \quad (11)$$

A expressão (11) é idêntica àquela apresentada na Nota Técnica nº EPE-DEE-025/2010-r0.

Em função do exposto, optou-se pela análise da metodologia que segue os mesmos princípios adotados no cálculo das Garantias Físicas de Energia, aplicando-a a alguns estudos de caso. Tal metodologia é descrita em linhas gerais na próxima seção deste relatório, enquanto que na seção 4 são apresentados alguns estudos de caso.

3. METODOLOGIA PROPOSTA

Em linhas gerais, a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, segue os seguintes passos:

1. A partir de uma Configuração de Referência Atual (CRA), que não contempla as alterações dos parâmetros motivadores do pedido de revisão da Garantia Física de Energia da Usina, calcula-se a Garantia Física da Usina, GF_0 , segundo a metodologia de cálculo estabelecida na Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008.
2. Modifica-se a CRA de modo a esta incorporar as alterações dos parâmetros motivadores da revisão da Garantia Física de Energia. Com base nesta CRA modificada, calcula-se a Garantia Física da Usina, GF_1 , segundo a metodologia de cálculo estabelecida na Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008.
3. O ganho ou redução de Garantia Física da Usina é dado pela diferença entre GF_1 e GF_0 , isto é:

$$\Delta GF = GF_1 - GF_0$$

4. A Garantia Física revista da Usina é dada pela incorporação do ganho ou redução à Garantia Física vigente da Usina:

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

onde:

GF_{nova} - Garantia Física revista da Usina

$GF_{vigente}$ - Garantia Física vigente da Usina quando do pedido de revisão

Cabe ressaltar que os valores de GF_0 e GF_1 são obtidos através da igualdade dos Custos Marginais de Operação e de Expansão, conforme metodologia definida na Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008. Especificamente com relação ao processo de convergência no cálculo de GF_1 , deve-se buscar os mesmos valores médios de Custos Marginais de Operação obtidos na convergência de GF_0 , admitindo-se uma pequena tolerância.

4. ESTUDO DE CASOS

4.1 MODELOS ADOTADOS

Nas análises efetuadas, para obtenção da Garantia Física do Sistema Interligado foi utilizado o modelo NEWAVE na versão 15.5.1. As energias firmes adotadas no rateio da Garantia Física do Sistema Interligado entre as Usinas Hidrelétricas foram obtidas utilizando o modelo MSUI versão 3.2. Os valores do Bloco Hidráulico e as Garantias Físicas da Usinas Termelétricas foram obtidos utilizando-se o programa EASSEG compatível com a versão 15.5.1 do modelo NEWAVE.

4.2 CRITÉRIO DE CONVERGÊNCIA

Conforme metodologia definida na Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008, o critério de convergência adotado no cálculo de Garantia Física de Energia é a igualdade dos Custos Marginais de Operação e de Expansão, admitindo-se uma tolerância. Além disso, os riscos de déficit não podem ultrapassar o valor de 5%.

Nas análises apresentadas neste relatório foi adotado Custo Marginal de Expansão de 113 R\$/MWh², com tolerância de 2 R\$/MWh.

Além disso, no cálculo de GF_1 buscou-se igualar os valores médios de Custos Marginais de Operação obtidos na convergência de GF_0 , admitindo-se um desvio de até 0,50 R\$/MWh.

4.3 CONFIGURAÇÃO DE REFERÊNCIA ATUAL

A Configuração de Referência Atual (CRA) adotada é aquela referente ao cálculo da Garantia Física dos empreendimentos que disputaram o leilão A-5 de 2010, cujo deck de dados se encontra disponível no site da Empresa de Pesquisa Energética (www.epe.gov.br).

4.4 RESULTADOS NUMÉRICOS PARA AS USINAS HIDRELÉTRICAS

Nesta seção são apresentados os resultados numéricos dos estudos referentes ao recálculo de Garantia Física de quatro Usinas Hidrelétricas: UHE Jupia, UHE Mascarenhas, UHE Barra dos Coqueiros e UHE Jirau.

² Valor adotado no PDEE 2019.

4.4.1 USINA HIDRELÉTRICA JUPIÁ

A modificação introduzida na Usina Hidrelétrica Jupia, cuja capacidade instalada é de 1.551,2 MW, foi a alteração do rendimento médio de seu conjunto turbina-gerador, passando este do valor original de 89% para 90,9%.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos na convergência do modelo NEWAVE.

Tabela 1 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UHE Jupia

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,88	111,36	114,75	110,11

A CRA é a Configuração de Referência Atual, a qual não contempla a modificação do rendimento médio do conjunto turbina-gerador da usina. Na CRA Modificada esta alteração de parâmetro é incorporada.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia Física, a Garantia Física vigente³, e a Garantia Física revista da UHE Jupia.

Tabela 2 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UHE Jupia

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
956,61	975,31	18,70	886,00	904,70

Verifica-se que a alteração do rendimento do conjunto turbina-gerador resulta num acréscimo de 18,70 MWmédios na Garantia Física da UHE Jupia.

As cargas críticas do SIN associadas aos cálculos de GF_0 e GF_1 foram respectivamente 68.969 MWmédios e 68.987 MWmédios, caracterizando um acréscimo de Garantia Física do SIN de 18 MWmédios. Os blocos hidráulicos associados aos cálculos de GF_0 e GF_1 foram respectivamente 54.158,6 MWmédios e 54.172,4 MWmédios.

É apresentado no Anexo o ganho de Garantia Física da UHE Jupia obtido com aplicação das expressões analíticas demonstradas pelo CEPEL, assim como o valor do ganho quando considera-se as hipóteses simplificadoras que resultam no caso particular que é a proposta original da EPE.

³ A Garantia Física vigente da UHE Jupia foi obtida no Banco de Informações de Geração da Aneel (site www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp.)

4.4.2 USINA HIDRELÉTRICA MASCARENHAS

Para a Usina Hidrelétrica Mascarenhas foram introduzidas as seguintes modificações:

- Alteração na capacidade instalada da usina de 180,5 MW (2 geradores de 45,0 MW, 1 gerador de 41,0 MW e 1 gerador de 49,5 MW) para 198,0 MW (4 geradores de 49,5 MW);
- Alteração no rendimento do conjunto turbina-gerador da usina de 90,3% para 91,9%.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos na convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 3. Por sua vez, a Tabela 4 apresenta os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia Física, a Garantia Física vigente⁴ e a Garantia Física revista para UHE Mascarenhas.

Tabela 3 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UHE Mascarenhas

	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,79	111,38	114,98	110,22

Tabela 4 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UHE Mascarenhas

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
131,22	143,54	12,32	127,00	139,32

Nota-se que houve um ganho de 12,32 MWmédios na Garantia Física da UHE Mascarenhas, em função dos aumentos na capacidade instalada e no rendimento do conjunto turbina-gerador da usina.

O aumento nos valores destes parâmetros possibilitou que a carga crítica do SIN sofresse um acréscimo de 5 MWmédios, passando de 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.974 MWmédios (no cálculo de GF_1). Os blocos hidráulico associados ao cálculo de GF_0 e GF_1 são 54.158,6 MWmédios e 54.152,6 MWmédios, respectivamente.

É apresentado no Anexo o ganho de Garantia Física da UHE Mascarenhas obtido com aplicação das expressões analíticas demonstradas pelo CEPEL, assim como o valor do ganho quando considera-se as hipóteses simplificadoras que resultam no caso particular que é a proposta original da EPE.

4.4.3 USINA HIDRELÉTRICA BARRA DOS COQUEIROS

O estudo relativo ao cálculo de Garantia Física da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros, cuja capacidade instalada é 90 MW, foi gerado a partir da alteração dos coeficientes da curva-chave do canal de fuga da usina. Os valores originais e os novos são apresentados na Tabela 5.

⁴ A Garantia Física vigente da UHE Mascarenhas foi obtida no Banco de Informações de Geração da Aneel (site www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp.)

Tabela 5 – Coeficientes da Curva-Chave da UHE Barra dos Coqueiros

	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
CRA	411,4989	$8,283369 \times 10^{-4}$	$7,357557 \times 10^{-7}$	$-2,099308 \times 10^{-10}$	$8,179656 \times 10^{-15}$
CRA Modificada	409,45609	$4,6531364 \times 10^{-3}$	$-2,4340417 \times 10^{-6}$	$8,6597712 \times 10^{-10}$	$-1,1286058 \times 10^{-13}$

Através da convergência do modelo NEWAVE foram obtidos os Custos Marginais de Operação médios apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UHE Barra dos Coqueiros

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,95	111,40	114,80	110,13

Os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia Física, a Garantia Física vigente⁵ e a Garantia Física revista para UHE Barra dos Coqueiros são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UHE Barra dos Coqueiros

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
49,85	51,81	1,96	57,30	59,26

Verifica-se que a alteração na Curva-Chave da UHE Barra dos Coqueiros resulta em um ganho na Garantia Física da usina de 1,96 MWmédios.

As cargas críticas do SIN determinadas nos cálculos de GF_0 e GF_1 são, respectivamente, 68.969 e 68.982 MWmédios. Os blocos hidráulico associados a GF_0 e GF_1 são 54.158,6 e 54.169,9 MWmédios.

É apresentado no Anexo o ganho de Garantia Física da UHE Barra dos Coqueiros obtido com aplicação das expressões analíticas demonstradas pelo CEPEL, assim como o valor do ganho quando considera-se as hipóteses simplificadoras que resultam no caso particular que é a proposta original da EPE.

4.4.4 USINA HIDRELÉTRICA JIRAU – ALTERAÇÃO NA CAPACIDADE INSTALADA

A modificação realizada nos parâmetros da Usina Hidroelétrica Jirau foi a inclusão de 6 (seis) unidades geradoras adicionais às 44 (quarenta e quatro) existentes na Configuração de Referência Atual, totalizando 50 (cinquenta) unidades geradoras. Por conseguinte, a capacidade instalada da usina foi alterada de 3.300 MW para 3.750 MW.

⁵ A Garantia Física vigente da UHE Barra dos Coqueiros foi obtida no Banco de Informações de Geração da Aneel (site www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp.)

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 8. Os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia Física, a Garantia Física vigente⁶ e a Garantia Física revista para UHE Jirau são apresentados na Tabela 9.

Tabela 8 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UHE Jirau

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,53	111,12	114,69	109,81

Tabela 9 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UHE Jirau

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
1.938,4	2.034,6	96,2	1.975,3	2.071,5

Verifica-se que a alteração da capacidade instalada da UHE Jirau ocasiona um ganho em sua Garantia Física de 96,2 MWmédios.

As cargas críticas do SIN determinadas nos cálculos de GF_0 e GF_1 são, respectivamente, 68.969 e 69.035 MWmédios. Os blocos hidráulico associados a GF_0 e GF_1 são 54.158,6 e 54.193,0 MWmédios.

É apresentado no Anexo o ganho de Garantia Física da UHE Jirau obtido com aplicação das expressões analíticas demonstradas pelo CEPEL, assim como o valor do ganho quando considera-se as hipóteses simplificadoras que resultam no caso particular que é a proposta original da EPE.

4.4.5 USINA HIDRELÉTRICA JIRAU – ALTERAÇÃO NA CAPACIDADE INSTALADA E NA LOCALIZAÇÃO DE SEU EIXO

No projeto inicial da UHE Jirau, o eixo da usina seria localizado na Cachoeira de Jirau. Entretanto, a Energia Sustentável do Brasil S.A, empresa concessionária responsável pela sua construção, propôs a alteração do projeto modificando a localização de seu eixo para Ilha do Padre. Neste sentido, esta seção avalia o ganho de Garantia Física de Energia da usina considerando, além da adição das seis unidades geradoras (acréscimo de 450 MW), a alteração de seu eixo para Ilha do Padre. A alteração de localização de eixo resulta em alterações na curva chave de jusante, na curva guia de montante, nos polinômios cota-área e cota-volume, e na perda de carga média no canal de adução.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 10. Os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia

⁶ A Garantia Física vigente da UHE Jirau foi obtida no Banco de Informações de Geração da Aneel (site www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp.)

Física, a Garantia Física vigente⁷ e a Garantia Física revista para UHE Jirau são apresentados na Tabela 11.

Tabela 10 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UHE Jirau

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,66	111,27	114,86	110,01

Tabela 11 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UHE Jirau

GF₀	GF₁	ΔGF	GF_{vigente}	GF_{nova}
1.938,4	2.225,0	286,6	1.975,3	2.261,9

Verifica-se que a alteração da localização do eixo da usina em conjunto com a alteração de sua capacidade instalada resulta num ganho de Garantia Física de 286,6 MWmédios.

As cargas críticas do SIN determinadas nos cálculos de GF₀ e GF₁ são, respectivamente, 68.969 e 69.226 MWmédios. Os blocos hidráulico associados a GF₀ e GF₁ são 54.158,6 e 54.400,0 MWmédios.

É apresentado no Anexo o ganho de Garantia Física da UHE Jirau (supondo-se alteração na capacidade instalada e nova localização do eixo em Ilha do Padre) obtido com aplicação das expressões analíticas demonstradas pelo CEPEL, assim como o valor do ganho quando considera-se as hipóteses simplificadoras que resultam no caso particular que é a proposta original da EPE.

4.5 RESULTADOS NUMÉRICOS PARA AS USINAS TERMELÉTRICAS

Nesta seção são apresentados os resultados numéricos dos estudos referentes ao recálculo de Garantia Física de dezoito usinas termelétricas. Este estudo teve como objetivo a avaliação da adequação da metodologia proposta para revisão das Garantias Físicas das Usinas Hidrelétricas às Usinas Termelétricas.

4.5.1 USINA TERMELÉTRICA JORGE LACERDA A ½

O estudo de caso da Usina Termelétrica Jorge Lacerda A ½ foi originado a partir de alterações nos valores do Custo Variável Unitário (CVU), da Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF), da Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) e da Geração Mínima (inflexibilidade) da usina. Os valores originais e novos destes parâmetros são apresentados na Tabela 12. A UTE Jorge Lacerda A ½ possui capacidade instalada e fator de capacidade máximo iguais a 100 MW e 100%, respectivamente.

⁷ A Garantia Física vigente da UHE Jirau foi obtida no Banco de Informações de Geração da Aneel (site www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp.)

Tabela 12 – Parâmetros do Caso da UTE Jorge Lacerda A ½

	<i>Valor Original</i>	<i>Valor Novo</i>
CVU (R\$/MWh)	190,85	158,03
TEIF (%)	44,67	15,0
IP (%)	12,25	7,0
Inflexibilidade (MWmédio)	0,0	25,0

A partir da convergência do modelo NEWAVE, foram obtidos os valores médios dos Custos Marginais de Operação apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Jorge Lacerda A ½

	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,59	111,09	114,70	109,81

Os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia Física, a Garantia Física vigente⁸ e a Garantia Física revista para UTE Jorge Lacerda A ½ são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Jorge Lacerda A ½

<i>GF₀</i>	<i>GF₁</i>	<i>ΔGF</i>	<i>GF_{vigente}</i>	<i>GF_{nova}</i>
21,46	55,61	34,15	34,7	68,85

Pode ser observado que a combinação das alterações do CVU, TEIF, IP e inflexibilidade da UTE Jorge Lacerda A ½ resultaram num ganho de 34,15 MWmédios de Garantia Física.

As cargas críticas do SIN determinadas nos cálculos de GF_0 e GF_1 são, respectivamente, 68.969 e 68.994 MWmédios.

4.5.2 USINA TERMELÉTRICA JORGE LACERDA A ¾

As modificações introduzidas na Usina Termelétrica Jorge Lacerda A ¾, cuja capacidade instalada e fator de capacidade máximo são 132 MW e 100%, foram alterações nos valores do Custo Variável Unitário (CVU), da Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF), da Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) e da Geração Mínima (inflexibilidade) da usina. Os valores originais e novos destes parâmetros são apresentados na Tabela 15.

⁸ A Garantia Física vigente da UTE Jorge Lacerda A ½ está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

Tabela 15 – Parâmetros do Caso da UTE Jorge Lacerda A ³/₄

	Valor Original	Valor Novo
CVU (R\$/MWh)	144,07	119,65
TEIF (%)	10,38	8,50
IP (%)	11,09	8,50
Inflexibilidade (MWmédio)	33,0	66,0

A Tabela 16 apresenta os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE. Por sua vez, a Tabela 17 apresenta os valores de GF_0 , GF_1 , o ganho de Garantia Física, a Garantia Física vigente⁹ e a Garantia Física revista para UTE Jorge Lacerda A ³/₄.

Tabela 16 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Jorge Lacerda A ³/₄

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,91	111,40	114,92	109,99

Tabela 17 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Jorge Lacerda A ³/₄

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
77,41	99,25	21,84	88,2	110,04

Pode ser observado que a combinação das alterações do CVU, TEIF, IP e inflexibilidade da UTE Jorge Lacerda A ³/₄ resultaram num ganho de 21,84 MWmédios de Garantia Física.

As cargas críticas do SIN determinadas nos cálculos de GF_0 e GF_1 são, respectivamente, 68.969 e 68.994 MWmédios.

4.5.3 USINA TERMELÉTRICA JORGE LACERDA B

Para a Usina Termelétrica Jorge Lacerda B, foram realizadas alterações nos seguintes parâmetros, cujos valores originais e novos encontram-se na Tabela 18: Custo Variável Unitário (CVU), Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF), Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) e Geração Mínima (inflexibilidade) da usina. A UTE Jorge Lacerda B possui capacidade instalada de 262 MW e fator de capacidade máximo igual a 100%.

⁹ A Garantia Física vigente da UTE Jorge Lacerda A ³/₄ está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

Tabela 18 – Parâmetros do Caso da UTE Jorge Lacerda B

	Valor Original	Valor Novo
CVU (R\$/MWh)	143,92	119,47
TEIF (%)	6,0	7,0
IP (%)	11,02	7,5
Inflexibilidade (MWmédio)	120,0	107,0

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos através da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 19. Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física, Garantia Física vigente¹⁰ e Garantia Física revista são apresentados na Tabela 20.

Tabela 19 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Jorge Lacerda B

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,49	111,01	114,82	109,88

Tabela 20 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Jorge Lacerda B

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
183,39	193,04	9,65	198,00	207,65

Observa-se que houve um ganho de 9,65 MWmédios na Garantia Física da UTE Jorge Lacerda B. Este ganho deve-se ao decréscimo no valor do custo de combustível da usina e ao aumento de sua potência disponível, cujo valor original era de 219,14 MW alterando-se para 225,39 MW.

As cargas críticas do SIN determinadas nos cálculos de GF_0 e GF_1 são, respectivamente, 68.969 e 68.978 MWmédios (aumento de 9 MWmédios).

4.5.4 USINA TERMELÉTRICA JORGE LACERDA C

As modificações introduzidas na Usina Termelétrica Jorge Lacerda C foram a alteração nos valores do Custo Variável Unitário (CVU), da Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF), da Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) e da Geração Mínima (inflexibilidade). Os valores originais e novos destes parâmetros são apresentados na Tabela 21. A capacidade instalada e o fator de capacidade máximo da UTE Jorge Lacerda C são, respectivamente, 363 MW e 100%.

¹⁰ A Garantia Física vigente da UTE Jorge Lacerda B está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

Tabela 21 – Parâmetros do Caso da UTE Jorge Lacerda C

	Valor Original	Valor Novo
CVU (R\$/MWh)	117,78	97,91
TEIF (%)	4,11	7,00
IP (%)	5,44	6,40
Inflexibilidade (MWmédio)	300,0	240,0

A Tabela 22 apresenta os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE. Por sua vez, a Tabela 23 apresenta os valores de GF_0 , GF_1 , redução de Garantia Física, Garantia Física vigente¹¹ e a Garantia Física revista da usina.

Tabela 22 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Jorge Lacerda C

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,74	111,27	114,95	110,05

Tabela 23 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Jorge Lacerda C

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
329,15	307,43	-21,72	329,00	307,28

Apesar da redução do custo de combustível da UTE Jorge Lacerda C, houve um decréscimo de 21,72 MWmédios em sua Garantia Física. Provavelmente, este decréscimo se deve a diminuição da potência disponível da usina, que na CRA é igual a 329,15 MW, caindo para 315,98 MW na CRA modificada. Este decréscimo suscitou em uma redução de 10 MWmédios na carga crítica do SIN, que no cálculo de GF_0 foi igual a 68.969 MWmédios e no cálculo de GF_1 passou para 68.959 MWmédios.

4.5.5 USINA TERMELÉTRICA CHARQUEADAS

Para a Usina Termelétrica Charqueadas foram realizadas alterações nos seguintes parâmetros, cujos valores originais e novos encontram-se na Tabela 24: Custo Variável Unitário (CVU), Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF), Taxa de Indisponibilidade Programada (IP) e Geração Mínima (inflexibilidade). A UTE Charqueadas possui capacidade instalada igual a 72 MW e fator de capacidade máximo igual a 100%.

¹¹ A Garantia Física vigente da UTE Jorge Lacerda C está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

Tabela 24 – Parâmetros do Caso da UTE Charqueadas

	Valor Original	Valor Novo
CVU (R\$/MWh)	155,98	127,60
TEIF (%)	13,94	12,00
IP (%)	12,25	7,00
Inflexibilidade (MWmédio)	24,0	26,4

Através da convergência com o modelo NEWAVE foram obtidos os valores médios dos Custos Marginais de Operação apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Charqueadas

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,58	111,19	114,69	109,66

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física, Garantia Física vigente¹² e a Garantia Física revista são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Charqueadas

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
41,74	49,13	7,39	45,70	53,09

Verifica-se que a Garantia Física da UTE Charqueadas sofre um ganho de 7,39 MWmédios devido ao decréscimo no valor do custo de combustível da usina e ao aumento de sua potência disponível, cujo valor original era de 54,37 MW (na CRA) alterando-se para 58,92 MW (na CRA modificada). Este aumento possibilitou que a carga crítica do SIN aumentasse em 4 MWmédios, passando de 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.973 MWmédios (no cálculo de GF_1).

4.5.6 USINA TERMELÉTRICA ALEGRETE

No caso da Usina Termelétrica Alegrete, que possui capacidade instalada igual a 66 MW e fator de capacidade máximo igual a 100%, o único parâmetro alterado foi o Custo Variável Unitário (CVU) da usina. O valor original deste custo é igual a 564,57 R\$/MWh e o modificado é igual a 546,40 R\$/MWh.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do NEWAVE são apresentados na Tabela 27. Na Tabela 28 são apresentados os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física, Garantia Física vigente¹³ e a Garantia Física revista da usina.

¹² A Garantia Física vigente da UTE Charqueadas está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

¹³ A Garantia Física vigente da UTE Alegrete está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

Tabela 27 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Alegrete

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,67	111,21	114,89	109,83

Tabela 28 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Alegrete

GF₀	GF₁	ΔGF	GF_{vigente}	GF_{nova}
10,89	11,15	0,26	21,10	21,36

A redução no valor do custo de combustível da UTE Alegrete resulta num ganho de 0,26 MWmédios de Garantia Física.

A carga crítica do SIN no cálculo de GF₀ foi igual 68.969 MWmédios, e no cálculo de GF₁ foi igual a 68.976 MWmédios.

4.5.7 USINA TERMELÉTRICA ROBERTO SILVEIRA (CAMPOS)

A Usina Termelétrica Roberto Silveira possui capacidade instalada de 32 MW e fator de capacidade máximo de 94%. O único parâmetro modificado é o Custo Variável Unitário (CVU) da usina, que originalmente tem o valor de 523,35 R\$/MWh e é modificado para 713,48 R\$/MWh.

A partir da convergência do modelo NEWAVE foram obtidos os valores médios dos Custos Marginais de Operação apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Roberto Silveira

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,84	111,41	114,85	110,00
CRA Modificada	110,83	111,37	114,88	110,13

Os valores de GF₀, GF₁, redução de Garantia Física e Garantia Física vigente¹⁴ são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Roberto Silveira

GF₀	GF₁	ΔGF	GF_{vigente}	GF_{nova}
5,93	5,10	-0,83	20,90	-

Observa-se que houve uma redução na Garantia Física da UTE Roberto Silveira, em função do aumento do custo de combustível da usina.

¹⁴ A Garantia Física vigente da UTE Roberto Silveira está publicada na Portaria MME nº 303, de 18 de Novembro de 2004.

Relatório Técnico – 47213/10

O valor da Garantia Física vigente da UTE Roberto Silveira, que foi calculado segundo a metodologia definida na Portaria MME nº 303/2004, é cerca de quatro vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 . Devido a esta incompatibilidade de valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Ressalta-se que, para o cálculo de GF_1 , a carga crítica do sistema não sofreu alterações, ou seja, o valor obtido é igual ao associado ao cálculo de GF_0 , a saber 68.969 MW médios.

4.5.8 USINA TERMELÉTRICA TOCANTINÓPOLIS

Para a Usina Termelétrica Tocantinópolis foram introduzidas as seguintes modificações: (i) alteração na capacidade instalada da usina de 165,0 MW para 165,87 MW; (ii) alteração no fator de capacidade máximo da usina de 96% para 100%.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 31. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Tocantinópolis com capacidade instalada de 165,87 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Tocantinópolis apresenta capacidade instala de 165,0 MW e fator de capacidade máximo de 96%. Já a CRA modificada considera os valores de 165,87 MW e 100% para a capacidade instalada e fator de capacidade máximo da usina, respectivamente.

Tabela 31 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Tocantinópolis

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,44	111,05	114,70	109,79
CRA Modificada	110,70	111,30	114,66	110,01

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Tocantinópolis são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 – Resultados Obtidos (em MW médios) para a UTE Tocantinópolis

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
42,02	44,11	2,09	120,8	-

A Garantia Física vigente da UTE Tocantinópolis foi estabelecida na Portaria MME nº 17, de 16 de Janeiro de 2008. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , e é bem próximo de sua capacidade instalada, provavelmente foi adotada a potência disponível como Garantia Física vigente. Devido a esta provável incompatibilidade de valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.976 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 7 MWmédios.

4.5.9 USINA TERMELÉTRICA NOVA OLINDA

Para a Usina Termelétrica Nova Olinda foram introduzidas as seguintes modificações: (i) alteração na capacidade instalada da usina de 165,0 MW para 165,87 MW; (ii) alteração no fator de capacidade máximo da usina de 96% para 100%.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 33. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Nova Olinda com capacidade instalada de 165,87 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Nova Olinda apresenta capacidade instala de 165,0 MW e fator de capacidade máximo de 96%. Já a CRA modificada considera os valores de 165,87 MW e 100% para a capacidade instalada e fator de capacidade máximo da usina, respectivamente.

Tabela 33 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Nova Olinda

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,44	111,05	114,70	109,79
CRA Modificada	110,70	111,30	114,66	110,01

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Nova Olinda são apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Nova Olinda

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
42,03	44,13	2,10	120,8	-

A Garantia Física vigente da UTE Nova Olinda foi estabelecida na Portaria MME nº 19, de 18 de Janeiro de 2008. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , e é bem próximo de sua capacidade instalada, provavelmente foi adotada a potência disponível como Garantia Física vigente. Devido a esta provável incompatibilidade de valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.976 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 7 MWmédios.

4.5.10 USINA TERMELÉTRICA MARACANAÚ I

Para a Usina Termelétrica Maracanaú I a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 162,338 MW para 168,0 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 35. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Maracanaú I com capacidade instalada de 168,0 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Maracanaú I apresenta capacidade instalada de 162,338 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 168,0 MW.

Tabela 35 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Maracanaú I

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	111,07	111,68	114,91	110,07
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Maracanaú I são apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Maracanaú I

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
44,40	45,97	1,57	104,3	-

A Garantia Física vigente da UTE Maracanaú I foi estabelecida na Portaria MME nº 136, de 13 de Junho de 2006. Entretanto, esta Garantia Física está associada à capacidade instalada de 153 MW, que difere tanto do valor original quanto do modificado adotados neste estudo. Além disso, o valor publicado, que foi calculado segundo a metodologia definida na Portaria MME nº 303/2004, é mais de duas vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 . Devido a estes fatos, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.965 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 4 MWmédios.

4.5.11 USINA TERMELÉTRICA CAMPINA GRANDE

Para a Usina Termelétrica Campina Grande a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 164,24 MW para 169,08 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 37. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo

Relatório Técnico – 47213/10

de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Campina Grande com capacidade instalada de 169,08 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Campina Grande apresenta capacidade instalada de 164,24 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 169,08 MW.

Tabela 37 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Campina Grande

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	111,10	111,54	114,76	110,17
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Campina Grande são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Campina Grande

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
43,15	44,83	1,68	123,60	-

A Garantia Física vigente da UTE Campina Grande foi estabelecida na Portaria MME nº 361, de 21 de Dezembro de 2007. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , e é bem próximo de sua capacidade instalada, provavelmente foi adotada a potência disponível como Garantia Física vigente. Devido a esta provável incompatibilidade de valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.968 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 1 MWmédio.

4.5.12 USINA TERMELÉTRICA CAMAÇARI PÓLO DE APOIO I

Para a Usina Termelétrica Camaçari Pólo de Apoio I a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 148,0 MW para 150,0 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 39. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Camaçari Pólo de Apoio I com capacidade instalada de 150,0 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Camaçari Pólo de Apoio I apresenta capacidade instalada de 148,0 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 150,0 MW.

Tabela 39 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Camaçari Pólo de Apoio I

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,82	111,21	114,76	110,01
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Camaçari Pólo de Apoio I são apresentados na Tabela 40.

Tabela 40 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Camaçari Pólo de Apoio I

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
28,06	28,39	0,33	101,40	-

A Garantia Física vigente da UTE Camaçari Pólo de Apoio I foi estabelecida na Portaria MME nº 136, de 13 de Junho de 2006. O valor publicado, que foi calculado segundo a metodologia definida na Portaria MME nº 303/2004, é mais de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 . Devido a este fato, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.967 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 2 MWmédios.

4.5.13 USINA TERMELÉTRICA POTIGUAR III

Para a Usina Termelétrica Potiguar III a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 66,0 MW para 66,4 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 41. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Potiguar III com capacidade instalada de 66,4 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Potiguar III apresenta capacidade instalada de 66,0 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 66,4 MW.

Tabela 41 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Potiguar III

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,58	111,22	114,68	109,83
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Potiguar III são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Potiguar III

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
10,26	10,40	0,14	29,50	-

A Garantia Física vigente da UTE Potiguar III foi estabelecida na Portaria MME nº 136, de 13 de Junho de 2006. O valor publicado, que foi calculado segundo a metodologia definida na Portaria MME nº 303/2004, é quase três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 . Devido a este fato, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.968 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 1 MWmédio.

4.5.14 USINA TERMELÉTRICA GLOBAL I

Para a Usina Termelétrica Global I a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 143,84 MW para 148,8 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 43. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Global I com capacidade instalada de 148,8 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Global I apresenta capacidade instalada de 148,0 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 148,8 MW.

Tabela 43 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Global I

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,80	111,36	114,87	109,99
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Global I são apresentados na Tabela 44.

Tabela 44 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Global I

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
37,54	38,53	0,99	105,30	-

A Garantia Física vigente da UTE Global I foi estabelecida na Portaria MME nº 353, de 20 de Dezembro de 2007. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , e é bem próximo de sua capacidade instalada, provavelmente foi adotada a potência disponível como Garantia Física vigente. Devido a esta provável incompatibilidade de valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.965 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 4 MWmédios.

4.5.15 USINA TERMELÉTRICA GLOBAL II

Para a Usina Termelétrica Global II a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 148,0 MW para 148,8 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 45. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Global II com capacidade instalada de 148,8 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Global II apresenta capacidade instalada de 148,0 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 148,8 MW.

Tabela 45 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Global II

	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
CRA	110,63	111,10	114,64	109,81
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Global II são apresentados na Tabela 46.

Tabela 46 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Global II

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
37,35	37,74	0,39	109,30	-

A Garantia Física vigente da UTE Global II foi estabelecida na Portaria MME nº 342, de 06 de Dezembro de 2007. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , e é bem próximo de sua capacidade instalada, provavelmente foi adotada a potência disponível como Garantia Física vigente. Devido a esta provável incompatibilidade de valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.968 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 1 MWmédio.

4.5.16 USINA TERMELÉTRICA VIANA

Para a Usina Termelétrica Viana a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 170,76 MW para 174,60 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 47. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Viana com capacidade instalada de 174,60 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Viana apresenta capacidade instalada de 170,76 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 174,60 MW.

Tabela 47 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Viana

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,54	111,11	114,87	109,85
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Viana são apresentados na Tabela 48.

Tabela 48 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Viana

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
53,91	55,01	1,10	121,50	-

A Garantia Física vigente da UTE Viana foi estabelecida na Portaria MME nº 13, de 16 de Janeiro de 2008. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é mais de duas vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , caracterizando uma incompatibilidade entre estes valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.966 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 3 MWmédios.

4.5.17 USINA TERMELÉTRICA ITAPEBI

Para a Usina Termelétrica Itapebi a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 137,60 MW para 145,84 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 49. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Itapebi com capacidade instalada de 145,84 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Itapebi apresenta capacidade instalada de 137,60 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 145,84 MW.

Tabela 49 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Itapebi

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,62	111,21	114,68	109,74
CRA Modificada	110,85	111,28	114,63	109,97

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Itapebi são apresentados na Tabela 50.

Tabela 50 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Itapebi

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
35,78	37,61	1,83	103,70	-

A Garantia Física vigente da UTE Itapebi foi estabelecida na Portaria MME nº 115, de 24 de Março de 2008. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , caracterizando uma incompatibilidade entre estes valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.962 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.982 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 20 MWmédios.

4.5.18 USINA TERMELÉTRICA MONTE PASCOAL

Para a Usina Termelétrica Monte Pascoal a única modificação foi a alteração da capacidade instalada da usina, que passou de 137,60 MW para 144,77 MW.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 51. Ressalta-se que a CRA adotada neste estudo de caso difere da CRA adotada nos estudos apresentados na seção 4.4, referentes às usinas hidrelétricas, e nos estudos referentes às termelétricas apresentados nas seções 4.5.1 a 4.5.7. A CRA adotada naqueles estudos já considerava a UTE Monte Pascoal com capacidade instalada de 144,77 MW. Desde modo, foi criada uma nova CRA na qual a UTE Monte Pascoal apresenta capacidade instalada de 137,60 MW. Já na CRA modificada o valor considerado é de 144,77 MW.

Tabela 51 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso da UTE Monte Pascoal

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,71	111,35	114,91	109,92
CRA Modificada	110,84	111,41	114,85	110,00

Os valores de GF_0 , GF_1 , ganho de Garantia Física e Garantia Física vigente da UTE Monte Pascoal são apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Monte Pascoal

GF_0	GF_1	ΔGF	$GF_{vigente}$	GF_{nova}
37,07	39,22	2,15	104,80	-

A Garantia Física vigente da UTE Monte Pascoal foi estabelecida na Portaria MME nº 16, de 16 de Janeiro de 2008. Esta Portaria não estabelece a metodologia adotada em seu cálculo. Como o valor publicado é cerca de três vezes os valores obtidos para GF_0 e GF_1 , caracterizando uma incompatibilidade entre estes valores, optou-se por não apresentar a Garantia Física revista como sendo a adição de ΔGF à Garantia Física vigente.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.962 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.969 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 7 MWmédios.

4.6 RESULTADOS NUMÉRICOS DO ESTUDO COMUTATIVO DA UTE ITAPEBI

Com as discussões referentes ao recálculo da Garantia Física de Energia de Usinas Termelétricas, foi indicado que a revisão das UTEs deveria ser feita **em conjunto** com a revisão das UHEs. Ou seja, na Configuração de Referência Atual (CRA) todas as UHEs e UTEs que solicitaram recálculo seriam representadas sem as alterações dos parâmetros motivadores do pedido de revisão, enquanto que na CRA modificada estaria representado o conjunto de usinas que solicitaram recálculo com os parâmetros alterados.

Com isso, foi decidido realizar um estudo com o objetivo de verificar o impacto da representação conjunta das alterações dos parâmetros das UHEs e UTEs na CRA modificada, sobre os resultados de ganho de Garantia Física de Energia de uma usina termelétrica. No estudo, as UHEs sujeitas a recálculo foram Jupuíá, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau, e a única UTE sujeita a recálculo foi Itapebi. Três casos foram então considerados:

- Caso 1: Neste caso, simula-se que no ciclo de revisão o único pedido de recálculo foi o da UTE Itapebi. Com isso, na CRA representa-se as UHEs Jupuíá, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau e a UTE Itapebi sem considerar a alteração de parâmetros. Já na CRA modificada, apenas a alteração de parâmetros da UTE Itapebi é considerada.
- Caso 2: Neste caso, simula-se que no mesmo ciclo de revisão é feito o recálculo das UHEs Jupuíá, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau e da UTE Itapebi. Com isso, na CRA representa-se as UHEs Jupuíá, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau e a UTE Itapebi sem considerar a alteração de parâmetros. Já na CRA modificada, considera-se a alteração de parâmetros das quatro UHEs e da UTE Itapebi.
- Caso 3: Neste caso, simula-se que em um ciclo de revisão anterior já foi feito o recálculo das Garantias Físicas das UHEs Jupuíá, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau, e que no ciclo de revisão atual apenas a UTE Itapebi teria solicitado recálculo. Com isso, na CRA representa-se as UHEs Jupuíá, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau já com os

Relatório Técnico – 47213/10

parâmetros alterados e a UTE Itapebi sem considerar a alteração de parâmetros. Já na CRA modificada, considera-se a alteração de parâmetros das quatro UHEs e da UTE Itapebi.

Na Tabela 53 são apresentados os valores originais e alterados dos parâmetros motivadores do pedido de revisão.

Tabela 53 – Usinas com Parâmetros Alterados

	Dado Alterado	Valor Original	Valor Novo
UHE Jupia	Rendimento (%)	89,0	90,9
UHE Mascarenhas	Cap. Instalada (MW)	180,5	198,0
	Rendimento (%)	90,3	91,9
UHE Barra dos Coqueiros	Coeficientes do Polinômio Vazão-Nível de Jusante		
UHE Jirau¹⁵	Cap. Instalada (MW)	3.300	3.750
	Coeficientes das Curvas Cota-Volume, Cota-Área e Polinômio Vazão-Nível de Jusante		
UTE Itapebi	Cap. Instalada (MW)	137,6	145,84

4.6.1 RESULTADOS DO CASO 1

No caso 1, considera-se na CRA os valores originais dos parâmetros motivadores do pedido de recálculo tanto para as UHEs quanto para a UTE Itapebi. Já na CRA modificada, a única alteração de parâmetro considerada é o aumento da capacidade instalada da UTE Itapebi.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 54.

Tabela 54 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso 1 do Estudo Comutativo da UTE Itapebi

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,62	111,21	114,68	109,74
CRA Modificada	110,85	111,28	114,63	109,97

Os valores de GF_0 , GF_1 e ganho de Garantia Física da UTE Itapebi são apresentados na Tabela 55.

Tabela 55 – Resultados Obtidos (em MW médios) para a UTE Itapebi

GF_0	GF_1	ΔGF
35,78	37,61	1,83

¹⁵ Para a UHE Jirau foi considerada alteração da capacidade instalada e também mudança de seu eixo para a localidade de Ilha do Padre.

Relatório Técnico – 47213/10

Verifica-se que para o caso no qual a única usina a solicitar recálculo no ciclo de revisão é a UTE Itapebi e que nenhuma das quatro UHEs tenha solicitado recálculo em um ciclo de revisão anterior, a UTE Itapebi apresenta um ganho de Garantia Física de Energia de 1,83 MWmédios.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.962 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 68.982 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 20 MWmédios. Os valores dos blocos hidráulico associados ao cálculo de GF_0 e GF_1 são 54.143,72 MWmédios e 54.194,64 MWmédios, respectivamente, caracterizando um aumento de 50,92 MWmédios.

4.6.2 RESULTADOS DO CASO 2

No caso 2, considera-se na CRA os valores originais dos parâmetros tanto para as UHEs quanto para a UTE Itapebi. Já na CRA modificada, os parâmetros das quatro UHEs e da UTE Itapebi são conjuntamente alterados.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 56.

Tabela 56 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso 2 do Estudo Comutativo da UTE Itapebi

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,62	111,21	114,68	109,74
CRA Modificada	110,71	111,12	114,57	109,78

Os valores de GF_0 , GF_1 e ganho de Garantia Física da UTE Itapebi são apresentados na Tabela 57.

Tabela 57 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Itapebi

GF_0	GF_1	ΔGF
35,78	37,87	2,09

Verifica-se que para o caso no qual as quatro UHEs e a UTE Itapebi solicitam recálculo no mesmo ciclo de revisão, a UTE Itapebi apresenta um ganho de Garantia Física de Energia de 2,09 MWmédios.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 68.962 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 69.232 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 270 MWmédios. Os valores dos blocos hidráulico associados ao cálculo de GF_0 e GF_1 são 54.143,72 MWmédios e 54.410,88 MWmédios, respectivamente, caracterizando um aumento de 267,16 MWmédios.

4.6.3 RESULTADOS DO CASO 3

No caso 3, já se considera na CRA os valores alterados das quatro UHEs, enquanto que na CRA modificada é adicionada a alteração de parâmetros da UTE Itapebi.

Os valores médios dos Custos Marginais de Operação obtidos a partir da convergência do modelo NEWAVE são apresentados na Tabela 58.

Tabela 58 – Custos Marginais de Operação (R\$/MWh) para o Caso 3 do Estudo Comutativo da UTE Itapebi

	Sudeste	Sul	Nordeste	Norte
CRA	110,34	110,98	114,55	109,54
CRA Modificada	110,71	111,12	114,57	109,78

Os valores de GF_0 , GF_1 e ganho de Garantia Física da UTE Itapebi são apresentados na Tabela 59.

Tabela 59 – Resultados Obtidos (em MWmédios) para a UTE Itapebi

GF_0	GF_1	ΔGF
35,73	37,87	2,14

Verifica-se que para o caso no qual as quatro UHEs já teriam solicitado recálculo em um ciclo anterior de revisão e que no ciclo de revisão atual apenas a UTE Itapebi tenha solicitado o recálculo, a UTE Itapebi apresenta um ganho de Garantia Física de Energia de 2,14 MWmédios.

Com relação a carga crítica do SIN, esta passou de 69.230 MWmédios (no cálculo de GF_0) para 69.232 MWmédios (no cálculo de GF_1), caracterizando um acréscimo de 2 MWmédios. Os valores dos blocos hidráulico associados ao cálculo de GF_0 e GF_1 são 54.411,72 MWmédios e 54.410,88 MWmédios, respectivamente, caracterizando uma diminuição de 0,84 MWmédios.

4.6.4 RESUMO DOS RESULTADOS DO ESTUDO COMUTATIVO DA UHE ITAPEBI

Na Tabela 60 é apresentado um resumo dos resultados dos Casos 1, 2 e 3 do estudo comutativo da UTE Itapebi.

Tabela 60 – Resumo dos Resultados do Estudo Comutativo da UTE Itapebi (MWmédios)

Estudo	Quem Pede Recálculo	ΔGF	$\Delta Mercado$	$\Delta Bloco Hidráulico$
1	Só Itapebi	1,83	20	50,92
2	Itapebi e UHEs Juntas	2,09	270	267,16
3	Primeiro UHEs, Depois Itapebi	2,14	2	-0,84

Verifica-se que partindo de Configurações de Referência Atuais diferentes, o ganho de Garantia Física da UTE Itapebi, assumindo que esta foi a única usina a solicitar recálculo no ciclo de revisão, variou de 1,83 MWmédios (Estudo 1) para 2,14 MWmédios (Estudo 3). Além disso, para o caso onde outras usinas também solicitaram recálculo, o ganho da UTE Itapebi foi de 2,09 MWmédios.

Os resultados mostram que o ganho de Garantia Física de Energia varia em função da CRA vigente, como também do conjunto de usinas que solicitam recálculo. Esta é uma característica intrínseca do SIN, e também está presente no cálculo dos valores originais das Garantias Físicas de Energia. O valor original de Garantia Física de Energia de uma usina depende de quais empreendimentos estão em operação no SIN quando da realização de seu cálculo, como também da lista de empreendimentos que terão as Garantias Físicas calculadas.

4.7 DIFERENÇA DOS CUSTOS MARGINAIS DE OPERAÇÃO OBTIDOS NOS CÁLCULOS DE GF₀ E GF₁

Na Tabela 61 é apresentado um resumo dos Custos Marginais de Operação obtidos nos cálculos de GF₀ e GF₁ das Usinas Hidrelétricas. Esta Tabela mostra também, para cada UHE, a diferença absoluta entre os Custos Marginais de Operação obtidos nas duas simulações. Verifica-se que a tolerância de 0,50 R\$/MWh entre os valores de Custos Marginais de Operação obtidos nos cálculos de GF₀ e GF₁ foi atendida em todos os casos.

Tabela 61 – Resumo dos Custos Marginais de Operação e Diferenças Absolutas (R\$/MWh) - Usinas Hidrelétricas

<i>Usina</i>	<i>Simulação/Diferença</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Jupiá	Cálculo de GF ₀	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF ₁	110,88	111,36	114,75	110,11
	Diferença Absoluta	0,04	0,05	0,10	0,11
Mascarenhas	Cálculo de GF ₀	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF ₁	110,79	111,38	114,98	110,22
	Diferença Absoluta	0,05	0,03	0,13	0,22
Barra dos Coqueiros	Cálculo de GF ₀	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF ₁	110,95	111,40	114,80	110,13
	Diferença Absoluta	0,11	0,01	0,05	0,13
Jirau (Capacidade Instalada)	Cálculo de GF ₀	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF ₁	110,53	111,12	114,69	109,81
	Diferença Absoluta	0,31	0,29	0,16	0,19
Jirau (Cap. Inst. + Eixo)	Cálculo de GF ₀	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF ₁	110,66	111,27	114,86	110,01
	Diferença Absoluta	0,18	0,14	0,01	0,01

Relatório Técnico – 47213/10

Os Custos Marginais de Operação obtidos nos cálculos de GF_0 e GF_1 das Usinas Termelétricas e suas diferenças absolutas são apresentados na Tabela 62. Para as Termelétricas, a tolerância de 0,50 R\$/MWh entre os valores de Custos Marginais de Operação obtidos nos cálculos de GF_0 e GF_1 também foi atendida em todos os casos.

Tabela 62 – Resumo dos Custos Marginais de Operação e Diferenças Absolutas (R\$/MWh) - Usinas Termelétricas

<i>Usina</i>	<i>Simulação/Diferença</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Jorge Lacerda A ½	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,59	111,09	114,70	109,81
	Diferença Absoluta	0,25	0,32	0,15	0,19
Jorge Lacerda A ¾	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,91	111,40	114,92	109,99
	Diferença Absoluta	0,07	0,01	0,07	0,01
Jorge Lacerda B	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,49	111,01	114,82	109,88
	Diferença Absoluta	0,35	0,40	0,03	0,12
Jorge Lacerda C	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,74	111,27	114,95	110,05
	Diferença Absoluta	0,10	0,14	0,10	0,05
Charqueadas	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,58	111,19	114,69	109,66
	Diferença Absoluta	0,26	0,22	0,16	0,34
Alegrete	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,67	111,21	114,89	109,83
	Diferença Absoluta	0,17	0,20	0,04	0,17
Roberto Silveira	Cálculo de GF_0	110,84	111,41	114,85	110,00
	Cálculo de GF_1	110,83	111,37	114,88	110,13
	Diferença Absoluta	0,01	0,04	0,03	0,13
Tocantinópolis	Cálculo de GF_0	110,44	111,05	114,70	109,79
	Cálculo de GF_1	110,70	111,30	114,66	110,01
	Diferença Absoluta	0,26	0,25	0,04	0,22
Nova Olinda	Cálculo de GF_0	110,44	111,05	114,70	109,79
	Cálculo de GF_1	110,70	111,30	114,66	110,01
	Diferença Absoluta	0,26	0,25	0,04	0,22
Maracanaú I	Cálculo de GF_0	111,07	111,68	114,91	110,07
	Cálculo de GF_1	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,23	0,27	0,06	0,07
Campina Grande	Cálculo de GF_0	111,10	111,54	114,76	110,17
	Cálculo de GF_1	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,26	0,13	0,09	0,17
Camaçari Pólo de Apoio I	Cálculo de GF_0	110,82	111,21	114,76	110,01
	Cálculo de GF_1	110,84	111,41	114,85	110,00

<i>Usina</i>	<i>Simulação/Diferença</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
	Diferença Absoluta	0,02	0,20	0,09	0,01
Potiguar III	Cálculo de GF ₀	110,58	111,22	114,68	109,83
	Cálculo de GF ₁	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,26	0,19	0,17	0,17
Global I	Cálculo de GF ₀	110,80	111,36	114,87	109,99
	Cálculo de GF ₁	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,04	0,05	0,02	0,01
Global II	Cálculo de GF ₀	110,63	111,10	114,64	109,81
	Cálculo de GF ₁	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,21	0,31	0,21	0,19
Viana	Cálculo de GF ₀	110,54	111,11	114,87	109,85
	Cálculo de GF ₁	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,30	0,30	0,02	0,15
Itapebi	Cálculo de GF ₀	110,62	111,21	114,68	109,74
	Cálculo de GF ₁	110,85	111,28	114,63	109,97
	Diferença Absoluta	0,23	0,07	0,05	0,23
Monte Pascoal	Cálculo de GF ₀	110,71	111,35	114,91	109,92
	Cálculo de GF ₁	110,84	111,41	114,85	110,00
	Diferença Absoluta	0,13	0,06	0,06	0,08

Finalmente, na Tabela 63 são apresentados os Custos Marginais de Operação associados aos cálculos de GF₀ e GF₁ do estudo comutativo da UTE Itapebi e suas diferenças absolutas. Mais uma vez a tolerância de 0,50 R\$/MWh entre os valores obtidos nas duas simulações foi atendida nos três casos do estudo.

Tabela 63 – Resumo dos Custos Marginais de Operação e Diferenças Absolutas (R\$/MWh) – Estudo Comutativo da UTE Itapebi

<i>Usina</i>	<i>Simulação/Diferença</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Norte</i>
Caso 1	Cálculo de GF ₀	110,62	111,21	114,68	109,74
	Cálculo de GF ₁	110,85	111,28	114,63	109,97
	Diferença Absoluta	0,23	0,07	0,05	0,23
Caso 2	Cálculo de GF ₀	110,62	111,21	114,68	109,74
	Cálculo de GF ₁	110,71	111,12	114,57	109,78
	Diferença Absoluta	0,09	0,09	0,11	0,04
Caso 3	Cálculo de GF ₀	110,34	110,98	114,55	109,54
	Cálculo de GF ₁	110,71	111,12	114,57	109,78
	Diferença Absoluta	0,37	0,14	0,02	0,24

5. CONCLUSÕES

Neste relatório foi apresentada a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, assim como resultados numéricos obtidos quando de sua aplicação a algumas Usinas Hidrelétricas e Termelétricas do SIN.

Com relação às Usinas Hidrelétricas despachadas centralizadamente com capacidade instalada superior a 30 MW, o recálculo das Garantias Físicas foi regulamentado pela Portaria MME nº 861, de 18 de outubro de 2010¹⁶. A Portaria estabelece como fatos relevantes que motivem a revisão, alterações nos seguintes parâmetros: (i) potência instalada; (ii) perdas hidráulicas nominais do circuito adutor; (iii) rendimento nominal da turbina; (iv) rendimento nominal do gerador; (v) queda líquida nominal, e (vi) alteração do número de unidades geradoras. Além disso, a Portaria estabelece que o MME possa considerar discricionariamente outras alterações como fatos relevantes.

Entre os estudos de caso de Usinas Hidrelétricas apresentados, existem alterações não contempladas na lista de fatos relevantes descritos na Portaria, como é o caso da UHE Barra dos Coqueiros, cuja alteração está nos coeficientes da curva chave do canal de fuga, e da UHE Jirau quando considerada alteração de sua localidade para Ilha do Padre (o que acarreta alterações na curva chave de jusante, na curva guia de montante, no polinômio cota-área, no polinômio cota-volume e na perda de carga média no canal de adução). Logo tais alterações podem ou não vir a se caracterizar como fatos relevantes, em função do poder discricionário do MME.

Com relação às Usinas Termelétricas, foram feitas simulações aplicando-se a mesma metodologia proposta para a revisão das Garantias Físicas de Energia das Usinas Hidrelétricas, e sua aplicação mostrou-se adequada. Ressalta-se que nos estudos apresentados neste relatório, nem todas as alterações de parâmetros consideradas podem vir a compor a lista de fatos relevantes.

Além disso, foi indicado que a revisão das UTEs pode ser feita em conjunto com a revisão das UHEs. Ou seja, na Configuração de Referência Atual (CRA) todas as UHEs e UTEs que solicitaram recálculo seriam representadas sem as alterações dos parâmetros motivadores do pedido de revisão, enquanto que na CRA modificada estaria representado o conjunto de UTEs e UHEs que solicitaram recálculo com os parâmetros alterados.

Esta alteração em conjunto não foi considerada nos estudos apresentados nas seções 4.4 e 4.5, os quais contemplaram alteração de parâmetros do único empreendimento em questão. Entretanto, com base nos resultados apresentados nestas seções, conclui-se que a metodologia proposta consegue capturar ganhos (ou redução) de Garantia Física mesmo quando são consideradas diferenças marginais entre a CRA e a CRA modificada.

¹⁶ Publicada durante a elaboração deste relatório.

Já em um dos casos apresentados no estudo da seção 4.6 foi considerado a alteração conjunta das UHEs Jupia, Mascarenhas, Barra dos Coqueiros e Jirau e da UTE Itapebi, embora o foco tenha sido o impacto da representação conjunta sobre o ganho de Garantia Física da UTE Itapebi. Os resultados desta seção mostraram que o ganho de Garantia Física de Energia varia em função da CRA vigente, como também do conjunto de usinas que solicitam recálculo. Esta é uma característica intrínseca do SIN, que não pode ser considerada uma barreira a sua aplicação, uma vez que também está presente no cálculo dos valores originais das Garantias Físicas de Energia. O valor original de Garantia Física de Energia de uma usina depende de quais empreendimentos estão em operação no SIN quando da realização de seu cálculo, como também da lista de empreendimentos que terão as Garantias Físicas calculadas.

Cabe ressaltar que em todos os estudos apresentados neste relatório considerou-se, para efeito de convergência do cálculo de GF_1 , que os Custos Marginais de Operação desta simulação deveriam se igualar aos Custos Marginais de Operação obtidos no cálculo de GF_0 , admitindo-se um desvio de até 0,50 R\$/MWh. Nos estudos apresentados o maior desvio foi de 0,40 R\$/MWh, e as probabilidades deste ser inferior a 0,20 R\$/MWh e a 0,30 R\$/MWh foram da ordem de 0,70 e 0,93, respectivamente. Conclui-se então que a condição de desvio máximo de 0,50 R\$/MWh foi atendida com folga nos estudos apresentados.

Destaca-se que os resultados apresentados neste relatório são meramente ilustrativos. Tanto a Configuração de Referência adotada quanto os novos valores para os parâmetros modificados podem não estar aderentes aos vigentes no momento real do recálculo. Logo, os resultados obtidos não devem ser considerados como um indicador de ganho ou redução de Garantia Física.

ANEXO – APLICAÇÃO DAS EXPRESSÕES ANALÍTICAS DEMONSTRADAS PELO CEPEL

USINA HIDRELÉTRICA JUPIÁ

Na Tabela A1 são apresentados os valores de Garantia Física e Energia Firme da UHE Jupia, e os valores de Bloco Hidráulico e Energia Firme do SIN, obtidos para a CRA e para a CRA modificada.

Tabela A1 – Valores para a UHE Jupia (MWmédios)

GF_0	GF_1	EF_0^{usina}	EF_1^{usina}	BH_0	BH_1	EF_0^{SIN}	EF_1^{SIN}
956,61	975,31	925,04	943,21	54.158,6	54.172,4	52.371,4	52.389,6

Metodologia Proposta:

Segundo a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, o ganho ou redução de Garantia Física da Usina é dado diretamente pela diferença entre GF_1 e GF_0 . Conforme valores apresentados na Tabela A1, o ganho seria então de 18,70 MWmédios. Outra forma de se obter este ganho (ou redução) é através da aplicação da expressão (4) da demonstração apresentada pelo CEPEL, que se encontra na seção 2 deste relatório.

$$\Delta GF^{usina} = BH_1 \frac{EF_1^{usina}}{EF_1^{SIN}} - BH_0 \frac{EF_0^{usina}}{EF_0^{SIN}} = 54.172,4 \cdot \frac{943,21}{52.389,6} - 54.158,6 \cdot \frac{925,04}{52.371,4}$$

$$\Delta GF^{usina} = 18,70 \text{ MWmédios}$$

Note que ambos os caminhos para obtenção de ΔGF resultam no mesmo valor de ganho de Garantia Física de Energia.

Hipótese 1:

Na hipótese 1 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, os Fatores de Rateio e o ganho ou redução de Garantia Física são dados pelas expressões (7), (8) e (6) da demonstração apresentada pelo CEPEL, respectivamente.

$$FR_1^{usina} = \frac{EF_1^{usina}}{EF_1^{SIN}} = \frac{943,21}{52.389,6} = 0,01800376$$

Relatório Técnico – 47213/10

$$FR_0^{usina} = \frac{EF_0^{usina}}{EF_0^{SIN}} = \frac{925,04}{52.371,4} = 0,01766308$$

$$\Delta GF^{usina} = BH_0 (FR_1^{usina} - FR_0^{usina}) = 54.158,6 \cdot (0,01800376 - 0,01766308)$$

$$\Delta GF^{usina} = 18,45 \text{ MWmédios}$$

Hipótese 2:

Na hipótese 2 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico e as energias firme do sistema são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, o ganho ou redução de Garantia Física é dada pela expressão (11) da demonstração apresentada pelo CEPEL.

$$\Delta GF^{usina} = GF_0^{usina} \frac{EF_1^{usina} - EF_0^{usina}}{EF_0^{usina}} = 956,61 \cdot \frac{943,21 - 925,04}{925,04} =$$

$$\Delta GF^{usina} = 18,79 \text{ MWmédios}$$

Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 ou 2:

Os erros percentuais da aplicação das hipóteses 1 e 2 são apresentados na Tabela A2 a seguir:

Tabela A2 – Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 e 2 para a UHE Jupia

	ΔGF^{usina} (MWmédios)	Erro Percentual
Metodologia Proposta	18,70	-
Hipótese 1	18,45	-1,33%
Hipótese 2	18,79	0,48%

USINA HIDRELÉTRICA MASCARENHAS

Na Tabela A3 são apresentados os valores de Garantia Física e Energia Firme da UHE Mascarenhas, e os valores de Bloco Hidráulico e Energia Firme do SIN, obtidos para a CRA e para a CRA modificada.

Tabela A3 – Valores para a UHE Mascarenhas (MWmédios)

GF_0	GF_1	$EF_0^{u\ sin a}$	$EF_1^{u\ sin a}$	BH_0	BH_1	EF_0^{SIN}	EF_1^{SIN}
131,22	143,54	126,89	138,85	54.158,6	54.152,6	52.371,4	52.383,7

Metodologia Proposta:

Segundo a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, o ganho ou redução de Garantia Física da Usina é dado diretamente pela diferença entre GF_1 e GF_0 . Conforme valores apresentados na Tabela A3, o ganho seria então de 12,32 MWmédios. Outra forma de se obter este ganho (ou redução) é através da aplicação da expressão (4) da demonstração apresentada pelo CEPEL, que se encontra na seção 2 deste relatório.

$$\Delta GF^{u\ sin a} = BH_1 \frac{EF_1^{u\ sin a}}{EF_1^{SIN}} - BH_0 \frac{EF_0^{u\ sin a}}{EF_0^{SIN}} = 54.152,6 \cdot \frac{138,85}{52.383,7} - 54.158,6 \cdot \frac{126,89}{52.371,4}$$

$$\Delta GF^{u\ sin a} = 12,32 \text{ MWmédios}$$

Note que ambos os caminhos para obtenção de ΔGF resultam no mesmo valor de ganho de Garantia Física de Energia.

Hipótese 1:

Na hipótese 1 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, os Fatores de Rateio e o ganho ou redução de Garantia Física são dados pelas expressões (7), (8) e (6) da demonstração apresentada pelo CEPEL, respectivamente.

$$FR_1^{u\ sin a} = \frac{EF_1^{u\ sin a}}{EF_1^{SIN}} = \frac{138,85}{52.383,7} = 0,00265063$$

$$FR_0^{u\ sin a} = \frac{EF_0^{u\ sin a}}{EF_0^{SIN}} = \frac{126,89}{52.371,4} = 0,00242289$$

$$\Delta GF^{u\ sin a} = BH_0 (FR_1^{u\ sin a} - FR_0^{u\ sin a}) = 54.158,6 \cdot (0,00265063 - 0,00242289)$$

$$\Delta GF^{usina} = 12,33 \text{ MW médios}$$

Hipótese 2:

Na hipótese 2 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico e as energias firme do sistema são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, o ganho ou redução de Garantia Física é dada pela expressão (11) da demonstração apresentada pelo CEPEL.

$$\Delta GF^{usina} = GF_0^{usina} \frac{EF_1^{usina} - EF_0^{usina}}{EF_0^{usina}} = 131,22 \cdot \frac{138,85 - 126,89}{126,89} =$$

$$\Delta GF^{usina} = 12,37 \text{ MW médios}$$

Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 ou 2:

Os erros percentuais da aplicação das hipóteses 1 e 2 são apresentados na Tabela A4 a seguir:

Tabela A4 – Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 e 2 para a UHE Mascarenhas

	ΔGF^{usina} (MW médios)	Erro Percentual
Metodologia Proposta	12,32	-
Hipótese 1	12,33	0,13%
Hipótese 2	12,37	0,40%

USINA HIDRELÉTRICA BARRA DOS COQUEIROS

Na Tabela A5 são apresentados os valores de Garantia Física e Energia Firme da UHE Barra dos Coqueiros, e os valores de Bloco Hidráulico e Energia Firme do SIN, obtidos para a CRA e para a CRA modificada.

Tabela A5 – Valores para a UHE Barra dos Coqueiros (MWmédios)

GF_0	GF_1	EF_0^{usina}	EF_1^{usina}	BH_0	BH_1	EF_0^{SIN}	EF_1^{SIN}
49,85	51,81	48,20	50,09	54.158,6	54.169,9	52.371,4	52.373,4

Metodologia Proposta:

Segundo a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, o ganho ou redução de Garantia Física da Usina é dado diretamente pela diferença entre GF_1 e GF_0 . Conforme valores apresentados na Tabela A5, o ganho seria então de 1,96 MWmédios. Outra forma de se obter este ganho (ou redução) é através da aplicação da expressão (4) descrita na demonstração apresentada pelo CEPEL, que se encontra na seção 2 deste relatório.

$$\Delta GF^{usina} = BH_1 \frac{EF_1^{usina}}{EF_1^{SIN}} - BH_0 \frac{EF_0^{usina}}{EF_0^{SIN}} = 54.169,9 \cdot \frac{50,09}{52.373,4} - 54.158,6 \cdot \frac{48,20}{52.371,4}$$

$$\Delta GF^{usina} = 1,963 \text{ MWmédios}$$

Note que ambos os caminhos para obtenção de ΔGF resultam no mesmo valor de ganho de Garantia Física de Energia.

Hipótese 1:

Na hipótese 1 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, os Fatores de Rateio e o ganho ou redução de Garantia Física são dados pelas expressões (7), (8) e (6) da demonstração apresentada pelo CEPEL, respectivamente.

$$FR_1^{usina} = \frac{EF_1^{usina}}{EF_1^{SIN}} = \frac{50,09}{52.373,4} = 0,00095640$$

$$FR_0^{usina} = \frac{EF_0^{usina}}{EF_0^{SIN}} = \frac{48,20}{52.371,4} = 0,00092035$$

$$\Delta GF^{usina} = BH_0 (FR_1^{usina} - FR_0^{usina}) = 54.158,6 \cdot (0,00095640 - 0,00092035)$$

$$\Delta GF^{usina} = 1,953 \text{ MWmédios}$$

Hipótese 2:

Na hipótese 2 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico e as energias firme do sistema são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, o ganho ou redução de Garantia Física é dada pela expressão (11) da demonstração apresentada pelo CEPEL.

$$\Delta GF^{usina} = GF_0^{usina} \frac{EF_1^{usina} - EF_0^{usina}}{EF_0^{usina}} = 49,85 \cdot \frac{50,09 - 48,20}{48,20} =$$

$$\Delta GF^{usina} = 1,955 \text{ MWmédios}$$

Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 ou 2:

Os erros percentuais da aplicação das hipóteses 1 e 2 são apresentados na Tabela A6 a seguir:

Tabela A6 – Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 e 2 para a UHE Barra dos Coqueiros

	ΔGF^{usina} (MWmédios)	Erro Percentual
Metodologia Proposta	1,963	-
Hipótese 1	1,953	-0,55%
Hipótese 2	1,955	-0,44%

USINA HIDRELÉTRICA JIRAU – ALTERAÇÃO NA CAPACIDADE INSTALADA

Na Tabela A7 são apresentados os valores de Garantia Física e Energia Firme da UHE Jirau, e os valores de Bloco Hidráulico e Energia Firme do SIN, obtidos para a CRA e para a CRA modificada.

Tabela A7 – Valores para a UHE Jirau (MWmédios)

GF_0	GF_1	$EF_0^{u\ sin a}$	$EF_1^{u\ sin a}$	BH_0	BH_1	EF_0^{SIN}	EF_1^{SIN}
1.938,4	2.034,6	1.874,4	1.969,8	54.158,6	54.193,0	52.371,4	52.467,8

Metodologia Proposta:

Segundo a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, o ganho ou redução de Garantia Física da Usina é dado diretamente pela diferença entre GF_1 e GF_0 . Conforme valores apresentados na Tabela A7, o ganho seria então de 96,2 MWmédios. Outra forma de se obter este ganho (ou redução) é através da aplicação da expressão (4) da demonstração apresentada pelo CEPEL, que se encontra na seção 2 deste relatório.

$$\Delta GF^{u\ sin a} = BH_1 \frac{EF_1^{u\ sin a}}{EF_1^{SIN}} - BH_0 \frac{EF_0^{u\ sin a}}{EF_0^{SIN}} = 54.193,0 \cdot \frac{1.969,8}{52.467,8} - 54.158,6 \cdot \frac{1.874,4}{52.371,4}$$

$$\Delta GF^{u\ sin a} = 96,2 \text{ MWmédios}$$

Note que ambos os caminhos para obtenção de ΔGF resultam no mesmo valor de ganho de Garantia Física de Energia.

Hipótese 1:

Na hipótese 1 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, os Fatores de Rateio e o ganho ou redução de Garantia Física são dados pelas expressões (7), (8) e (6) da demonstração apresentada pelo CEPEL, respectivamente.

$$FR_1^{u\ sin a} = \frac{EF_1^{u\ sin a}}{EF_1^{SIN}} = \frac{1.969,8}{52.467,8} = 0,03754303$$

$$FR_0^{u\ sin a} = \frac{EF_0^{u\ sin a}}{EF_0^{SIN}} = \frac{1.874,4}{52.371,4} = 0,03579053$$

$$\Delta GF^{u\ sin a} = BH_0 (FR_1^{u\ sin a} - FR_0^{u\ sin a}) = 54.158,6 \cdot (0,03754303 - 0,03579053)$$

Relatório Técnico – 47213/10

$$\Delta GF^{usina} = 94,9 \text{ MWmédios}$$

Hipótese 2:

Na hipótese 2 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico e as energias firme do sistema são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, o ganho ou redução de Garantia Física é dada pela expressão (11) da demonstração apresentada pelo CEPEL.

$$\Delta GF^{usina} = GF_0^{usina} \frac{EF_1^{usina} - EF_0^{usina}}{EF_0^{usina}} = 1.938,4 \cdot \frac{1.969,8 - 1.874,4}{1.874,4} =$$

$$\Delta GF^{usina} = 98,7 \text{ MWmédios}$$

Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 ou 2:

Os erros percentuais da aplicação das hipóteses 1 e 2 são apresentados na Tabela A8 a seguir:

Tabela A8 – Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 e 2 para a UHE Jirau

	ΔGF^{usina} (MWmédios)	Erro Percentual
Metodologia Proposta	96,2	
Hipótese 1	94,9	-1,35%
Hipótese 2	98,7	2,60%

USINA HIDRELÉTRICA JIRAU – ALTERAÇÃO NA CAPACIDADE INSTALADA E NA LOCALIZAÇÃO DE SEU EIXO

Na Tabela A9 são apresentados os valores de Garantia Física e Energia Firme da UHE Jirau, e os valores de Bloco Hidráulico e Energia Firme do SIN, obtidos para a CRA e para a CRA modificada.

Tabela A9– Valores para a UHE Jirau (MWmédios)

GF_0	GF_1	$EF_0^{u\ sin a}$	$EF_1^{u\ sin a}$	BH_0	BH_1	EF_0^{SIN}	EF_1^{SIN}
1.938,4	2.225,0	1.874,4	2.153,4	54.158,6	54.400,0	52.371,4	52.647,4

Metodologia Proposta:

Segundo a metodologia proposta para revisão extraordinária das Garantias Físicas de Energia, o ganho ou redução de Garantia Física da Usina é dado diretamente pela diferença entre GF_1 e GF_0 . Conforme valores apresentados na Tabela A9, o ganho seria então de 286,6 MWmédios. Outra forma de se obter este ganho (ou redução) é através da aplicação da expressão (4) da demonstração apresentada pelo CEPEL, que se encontra na seção 2 deste relatório.

$$\Delta GF^{u\ sin a} = BH_1 \frac{EF_1^{u\ sin a}}{EF_1^{SIN}} - BH_0 \frac{EF_0^{u\ sin a}}{EF_0^{SIN}} = 54.400,0 \cdot \frac{2.153,4}{52.647,4} - 54.158,6 \cdot \frac{1.874,4}{52.371,4}$$

$$\Delta GF^{u\ sin a} = 286,6 \text{ MWmédios}$$

Note que ambos os caminhos para obtenção de ΔGF resultam no mesmo valor de ganho de Garantia Física de Energia.

Hipótese 1:

Na hipótese 1 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, os Fatores de Rateio e o ganho ou redução de Garantia Física são dados pelas expressões (7), (8) e (6) da demonstração apresentada pelo CEPEL, respectivamente.

$$FR_1^{u\ sin a} = \frac{EF_1^{u\ sin a}}{EF_1^{SIN}} = \frac{2.153,4}{52.647,4} = 0,04090230$$

$$FR_0^{u\ sin a} = \frac{EF_0^{u\ sin a}}{EF_0^{SIN}} = \frac{1.874,4}{52.371,4} = 0,03579053$$

$$\Delta GF^{u\ sin a} = BH_0 (FR_1^{u\ sin a} - FR_0^{u\ sin a}) = 54.158,6 \cdot (0,04090230 - 0,03579053)$$

$$\Delta GF^{usina} = 276,8 \text{ MWmédios}$$

Hipótese 2:

Na hipótese 2 da demonstração apresentada pelo CEPEL (vide seção 2 deste relatório), assume-se que os valores de bloco hidráulico e as energias firme do sistema são os mesmos tanto para a CRA quanto para a CRA modificada. Neste caso, o ganho ou redução de Garantia Física é dada pela expressão (11) da demonstração apresentada pelo CEPEL.

$$\Delta GF^{usina} = GF_0^{usina} \frac{EF_1^{usina} - EF_0^{usina}}{EF_0^{usina}} = 1.938,4 \cdot \frac{2.153,4 - 1.874,4}{1.874,4} =$$

$$\Delta GF^{usina} = 288,5 \text{ MWmédios}$$

Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 ou 2:

Os erros percentuais da aplicação das hipóteses 1 e 2 são apresentados na Tabela A10 a seguir:

Tabela A10 – Erros Percentuais da Adoção das Hipóteses 1 e 2 para a UHE Jirau

	ΔGF^{usina} (MWmédios)	Erro Percentual
Metodologia Proposta	286,6	
Hipótese 1	276,8	-3,42%
Hipótese 2	288,5	0,66%