

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

***Revisão Extraordinária dos Montantes
de Garantia Física de Energia
da UHE Governador Bento Munhoz
da Costa Netto (Foz do Areia)***

Junho de 2022



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Adolfo Sachsida

Secretária Executiva

José Roberto Bueno Junior (adjunto)

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**

Secretário de Energia Elétrica

João Daniel de Andrade Cascalho (adjunto)

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**

Rafael Bastos das Silva

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Pedro Paulo Dias Mesquita



Empresa de Pesquisa Energética

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

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretora de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

Heloisa Borges Bastos Medeiros

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

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

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central

Praça Pio X, 54 - 5º Andar

20091-040 - Rio de Janeiro - RJ

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Revisão Extraordinária dos Montantes de Garantia Física de Energia da UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia)

Coordenação Geral e Executiva

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva

Bernardo Folly de Aguiar

Thiago Ivanoski Teixeira

Equipe Técnica

Fernanda Gabriela Batista dos Santos

Luis Paulo Scolari Cordeiro

Thais Iguchi

Nº EPE-DEE-RE-048/2022-r0

Data: 30 de junho de 2022

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	30/06/2022	Publicação Original

Sumário

APRESENTAÇÃO.....	6
1. Metodologia de cálculo de garantia física de Usinas Hidrelétricas.....	7
2. Critérios e Premissas para a Revisão Extraordinária de Garantia Física de Energia.....	8
3. Configuração de Referência.....	9
4. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia).....	16
4.1. Fato Relevante e Características Técnicas Associadas	16
4.2. Parâmetros comuns às duas configurações de referência	18
5. Resultados Obtidos.....	18
6. Resumo dos Resultados.....	20
Anexo 1 – Configuração Hidrotérmica de Referência.....	21
Anexo 2 – Dados Energéticos da UHE G. B. Munhoz.....	25
Apêndice – Resultados obtidos no cálculo dos parâmetros médios.....	28
I. UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto	28
I.1. Ajuste da Curva Colina da Turbina.....	28
I.2. Cálculo do Rendimento Médio do Conjunto Turbina-Gerador	28

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Proporcionalidade da Carga de Energia – Ano 2027</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 2 – Sazonalidade da Carga de Energia – Ano 2027</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 3 – Condições de desligamento da segunda casa de força de Tucuruí</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 4 – Valores de TEIF e IP estabelecidos na Portaria MME/GM nº 42/2022</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 5 – UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto - Histórico de Garantia Física</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 6 – Fato Relevante</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 7 – Ponto nominal de operação das turbinas pós modernização</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 8 – Características Técnicas associadas ao Fato Relevante</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 9 – Aceleração da gravidade e massa específica da água no local</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 10 – Rendimento do gerador</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 11 – Carga crítica e blocos térmico e hidráulico</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 12 – CVaR_{1%} da energia não suprida</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 13 – CMO médio</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 14 – CVaR_{10%} CMO da CRA0</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 15 – CVaR_{10%} CMO da CRA1</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 16 – Energias Firmes e Garantias Físicas – UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia)</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 17 – Resumo dos Resultados</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 18 – Configuração Hidrelétrica</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 19 – Configuração Termelétrica</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 20 – Dados Energéticos – UHE G. B. Munhoz</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 21 – Coeficientes dos polinômios ajustados para a Curva Colina da Turbina</i>	<i>28</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – Gráfico de pontos de operação previstos para UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto - Vazão Unitária (m³/s) X Queda Líquida (m) – Rendimento da Turbina</i>	<i>28</i>
--	-----------

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica registra os estudos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em conformidade com a regulamentação vigente, para o cálculo da revisão extraordinária dos montantes de garantia física de energia da usina hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia).

A solicitação de cálculo de garantia física em questão foi encaminhada à EPE por meio do Ofício nº 98/2022/DPE/SPE-MME¹, de 28 de abril de 2022, o qual trata das usinas contidas no bloco de março de 2022. Cabe registrar que no Ofício nº 181/2022/DPE/SPE-MME, de 07 de junho de 2022, a UHE Salto Osório foi excluída do bloco, por solicitação² da ENGIE BRASIL ENERGIA S.A, restando a UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto como a única passível do processo de revisão extraordinária.

A EPE analisou a documentação fornecida, avaliando os parâmetros energéticos associados, de forma a representar nas configurações CRA0 e CRA1 apenas o ganho de garantia física de energia referente à alteração de rendimento nominal das turbinas das 4 unidades geradoras, caracterizado como fato relevante, em conformidade com o artigo 4º da Portaria MME nº 406, de 16 de outubro de 2017.

No Anexo 2 é apresentada a ficha de dados da usina hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia), com destaque em vermelho para os parâmetros considerados de forma distinta em cada configuração de referência.

Segundo as diretrizes vigentes para revisão extraordinária dos montantes de garantia física de energia de usina hidrelétrica despachada centralizadamente no Sistema Interligado Nacional - SIN, definidas pela Portaria MME 406/2017, o cálculo foi realizado conforme metodologia estabelecida na Portaria nº 101, de 22 de março de 2016, considerando as premissas apresentadas na Portaria MME nº 43/GM/2022³.

¹ O item ii do parágrafo 4 do Ofício nº 98/2022/DPE/SPE-MME será atendido na Nota Técnica nº EPE-DEE-RE-049/2022_r0, visto que se trata de um processo de cálculo de garantia física de energia considerando a modernização das quatro unidades geradoras e os parâmetros mais atualizados disponíveis, conforme solicitado no Ofício nº 188/2022/DPE/SPE-MME, de 10 de junho de 2022.

² A ENGIE BRASIL ENERGIA S.A solicitou a exclusão da UHE Salto Osório do bloco de março de 2022 face à tramitação na ANEEL de pedido de retificação do Despacho nº 855/2022.

³ A Portaria MME nº 43/GM/2022, de 27 de abril de 2022, estabelece as premissas gerais que devem ser consideradas na metodologia de cálculo da garantia física de energia das usinas despachadas centralizadamente.

1. Metodologia de cálculo de garantia física de Usinas Hidrelétricas

A garantia física de energia do Sistema Interligado Nacional – SIN pode ser definida como aquela correspondente à máxima quantidade de energia que este sistema pode suprir a um dado critério de garantia de suprimento. Esta quantidade de energia pode, então, ser rateada entre todos os empreendimentos de geração que constituem o sistema. O valor assim atribuído pelo rateio a cada empreendimento constitui-se em sua garantia física, que é o lastro físico daqueles empreendimentos com vistas à comercialização de energia via contratos.

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

O critério vigente de garantia de suprimento foi estabelecido na Resolução CNPE nº 29/2019, com parâmetros definidos na Portaria MME nº 59/2020.

Cabe ressaltar que, segundo previsto na Portaria MME nº 101/2016, a garantia física é determinada na barra de saída do gerador, não sendo considerados nesses montantes os consumos internos das usinas hidrelétricas despachadas centralizadamente, nem as perdas elétricas (na rede básica e até o centro de gravidade do submercado no qual a usina esteja localizada).

Os montantes de garantia física de cada empreendimento de geração, calculados pela EPE e constantes desta nota técnica, somente serão válidos após publicação de portaria do Ministério de Minas e Energia – MME, conforme competência estabelecida no art. 2º, §2º do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

2. Critérios e Premissas para a Revisão Extraordinária de Garantia Física de Energia

A Portaria MME nº 406, de 16 de outubro de 2017, estabelece os fatos relevantes e a metodologia para revisão extraordinária dos montantes de garantia física de energia de Usina Hidrelétrica despachada centralizadamente no Sistema Interligado Nacional - SIN. Esta portaria revogou a PRT MME nº 861/2010.

Os benefícios indiretos poderão ser revisados, nos termos da PRT 406/2017.

O Ministério de Minas e Energia - MME poderá determinar, para a revisão extraordinária dos montantes de garantia física de energia, novos fatos relevantes não considerados nos incisos I a VI do art. 4º da citada Portaria.

As características técnicas referidas nos art. 4º e 5º da Portaria MME 406/2017 deverão ser aprovadas ou homologadas por meio de atos próprios a serem publicados pela ANEEL.

Embora a perda hidráulica e os rendimentos de turbina e gerador, analisados pela ANEEL, sejam os nominais, nas simulações energéticas, os parâmetros adotados serão os médios, pois refletem de maneira mais apropriada as condições da usina ao longo de uma simulação dinâmica da sua operação, sujeita a variadas condições de queda e vazão. Os parâmetros médios serão obtidos segundo metodologia apresentada na Nota Técnica EPE-DEE-RE-037/2011-r2.

Uma vez definidas pelo MME/ANEEL as características técnicas que constituem fatos relevantes, eventualmente outros parâmetros podem ser impactados. Por exemplo, no caso de alteração de potência instalada ou número de unidades geradoras, poderão ser impactados: rendimento médio do conjunto turbina-gerador, vazão efetiva⁴, perdas de carga no circuito hidráulico de geração, perdas hidráulicas médias, queda de referência⁵, taxas de indisponibilidades das unidades geradoras. Portanto, se faz necessária uma avaliação global do empreendimento que está pleiteando revisão de garantia física.

A partir de uma configuração de referência, a EPE estabelecerá as configurações de referência atual CRA0, CRA1 e CRA1*.

A elaboração da CRA0 requer a identificação dos valores considerados no cálculo de garantia física vigente, seja no conjunto de arquivos dos modelos de otimização e simulação utilizados

⁴ No modelo Newave utiliza-se um parâmetro denominado vazão efetiva, que não se confunde com a vazão nominal unitária da turbina. A vazão efetiva é definida como a razão entre a potência unitária do gerador e o produto entre o rendimento médio do conjunto turbina-gerador, a queda de referência, a massa específica da água e a aceleração da gravidade. Portanto, em cada uma das configurações de referência ela vai ser calculada a partir dos valores cadastrados.

⁵ A queda de referência é definida como sendo aquela para a qual a turbina, com abertura total do distribuidor fornece a potência nominal do gerador, conforme Manual de Estudos de Viabilidade da Eletrobrás, edição 1997. Nas análises subsequentes esta definição será adotada onde for necessária a avaliação da queda de referência da turbina.

à época do cálculo, seja em correspondências trocadas entre o responsável pelo cálculo e a ANEEL, nos contratos de concessão, etc. Na ausência de informações, serão considerados os valores cadastrados no PMO.

Os dados comuns às duas configurações de referência atual, CRA0 e CRA1 ou CRA0 e CRA1*, serão os mais atualizados possíveis.

Para as usinas que terão suas garantias físicas revistas contemplando as alterações nas características técnicas listadas apenas no artigo 4º, a nova garantia física será composta pela soma da garantia física vigente mais a diferença entre as garantias físicas obtidas nas configurações de referência CRA1 e CRA0.

Para obter as garantias físicas de energia das configurações de referência CRA1*, CRA1 e CRA0 - GF1*, GF1, GF0, respectivamente - emprega-se a metodologia estabelecida na Portaria MME nº 101, de 22 de março de 2016, ou outra que venha a substituí-la. Na determinação da GF1 e da GF1* deve-se buscar igualar os Custos Marginais de Operação - CMOs obtidos no cálculo de GF0.

Para as usinas que terão suas garantias físicas revistas contemplando as alterações nas características técnicas listadas no artigo 5º ou nos artigos 4º e 5º, a nova garantia física será obtida pela soma da garantia física local vigente com duas parcelas obtidas pela aplicação da Portaria MME nº 406/2017: o benefício indireto novo e a diferença entre as garantias físicas obtidas nas configurações de referência CRA1* e CRA0.

3. Configuração de Referência

A Portaria nº 43/GM/2022 apresenta as premissas que devem ser empregadas no cálculo da garantia física de energia de UHE e UTE despachadas centralizadamente pelo ONS. Algumas informações são detalhadas a seguir.

- Modelos Utilizados, conforme definição do MME:
 - NEWAVE - Versão 28
 - SUISHI - Versão 16 (Encad versão 5.6.37)
- Usinas não despachadas centralizadamente não são simuladas individualmente nos modelos computacionais utilizados no cálculo de garantia física. Representa-se, apenas no modelo NEWAVE, uma expectativa de geração agregada por subsistema, por mês e por fonte. Esse montante é descontado do mercado a ser atendido. Para esta configuração, a referência utilizada é o PMO de maio de 2022.

- Proporcionalidade da carga: prevista para o ano 2027, segundo Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (PDE 2031), conforme tabela a seguir:

Tabela 1 – Proporcionalidade da Carga de Energia – Ano 2027

MERCADO DE REFERÊNCIA 2027 - PDE 2031			
SE	S	NE	N
48.397	14.277	13.507	7.656
57,7%	17,0%	16,1%	9,1%
BRASIL			
83.836			

- Sazonalidade da carga: prevista para o ano 2027, segundo PDE 2031, conforme tabela a seguir:

Tabela 2 – Sazonalidade da Carga de Energia – Ano 2027

Região	jan	fev	Mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Sudeste	1,066110	1,084934	1,044538	1,013090	0,960565	0,944201	0,933745	0,949263	0,987737	1,015363	1,002263	0,998192
Sul	1,085624	1,123238	1,039534	1,008084	0,951558	0,962976	0,959613	0,951628	0,946165	0,968859	0,992394	1,010326
Nordeste	1,036796	1,022359	1,012364	1,006737	0,996816	0,953506	0,929148	0,951136	0,973199	1,028282	1,049012	1,040646
Norte	0,967268	0,994699	0,994176	0,996136	1,003451	0,984902	0,967660	1,008937	1,028530	1,028661	1,030098	0,995483
SIN	1,055684	1,073135	1,033904	1,009666	0,968788	0,952614	0,940507	0,955417	0,982040	1,010739	1,010656	1,006851

- Parâmetros do Newave:
 - Número mínimo e máximo de 50 iterações;
 - Parametrização de CVaR vigente: alfa 25% e lambda 35% constantes no tempo.
 - Volumes Mínimos Operativos (VminOp) de forma constante em cada REE em função da Energia Armazenável máxima:
 - REEs Sudeste, Paraná e Parapanema: 20%
 - REEs Sul e Iguaçu: 30%
 - REE Nordeste: 23,5%
 - REE Norte: 20,8%
 - Consideração do modelo estocástico PAR(p)-A na geração de cenários sintéticos de afliências, que consiste na extensão do PAR(p) com a inclusão de um novo termo na equação de autorregressão de cada período sazonal, referente à média das afliências dos últimos 12 meses.
- Parâmetros do SUISHI:
 - Sazonalidade da carga de energia do SIN previsto para o ano de 2027, segundo PDE 2031.

- Funcionalidades específicas ativas em usinas hidrelétricas:
- Simulação da bacia do rio Paraíba do Sul com regras especiais, considerando a UHE Simplício como usina de acoplamento hidráulico. Foi considerado o arquivo *default* com os dados da bacia do rio Paraíba do Sul;
- Em virtude de a simulação do modelo SUISHI empregar série de vazões naturais para a UHE Simplício, é necessário incluir a vazão remanescente (igual a 90 m³/s) como desvio d'água dessa usina e retorno na UHE Ilha dos Pombos. Na simulação com o modelo NEWAVE essa vazão remanescente já está descontada na série artificial utilizada na UHE Simplício;
- Adicionalmente, é necessário alterar os usos consuntivos da UHE Simplício no modelo SUISHI devido ao acoplamento hidráulico com a bacia do Alto Paraíba do Sul. Do valor cadastrado no NEWAVE para os usos consuntivos da UHE Simplício, deve-se abater o uso consuntivo acumulado da UHE Funil.

No modelo NEWAVE, como não há acoplamento hidráulico entre as bacias do Alto e do Baixo Paraíba do Sul, considera-se: (i) a UHE Funil apontando para a UHE Nilo Peçanha, e (ii) na UHE Simplício, a soma do uso consuntivo acumulado da UHE Funil com o uso consuntivo incremental em Simplício, considerando as UHEs Funil e Sobragi à montante.

- Operação do reservatório de Lajes em paralelo com a bacia do rio Paraíba do Sul (não foi considerada curva de controle de cheias);
- Curva guia de operação de reservatório para a UHE Jirau;
- Restrição de volume máximo operativo sazonal para a UHE Sinop, devido à preservação de lagoas;
- Uso do reservatório a fio d'água da UHE Belo Monte para atendimento à vazão mínima. Foi considerado o compartilhamento do reservatório com a UHE Belo Monte Complementar;
- Consideração de posto intermediário de vazões influenciando o nível do canal de fuga da UHE Belo Monte (posto 293);
- Consideração do hidrograma ecológico bianual no modelo SUISHI, com as seguintes alterações:
 - Série de vazões: série de vazões artificiais (posto 292), em vez da série natural (posto 288);
 - Desvios d'água: apenas os usos consuntivos, pois o hidrograma ecológico bianual já foi descontado na série de vazões artificiais.
- Consideração do mesmo nível de montante para as UHEs Ilha Solteira e Três Irmãos;
- Consideração das Regras de Operação do Rio São Francisco⁶, aplicadas em todo o

⁶ Estabelecidas na Resolução ANA nº 2021, de 04 de dezembro de 2017.

histórico de simulação;

- Curvas de operação conforme Nota Técnica ONS 0120/2021 “Curvas de Segurança para os Reservatórios das UHE Três Marias e UHE Sobradinho para o Período Hidrológico 2021-2022”.
- Representação das condições de desligamento da segunda casa de força de Tucuruí no modelo SUISHI, através da funcionalidade potência máxima x cota;
 - As condições de desligamento da segunda casa de força de Tucuruí podem ser encontradas na Nota Técnica ONS 0069/2021 “Curva Referencial de Deplecionamento da UHE Tucuruí para o Período de Julho a Dezembro de 2021”. A restrição é inserida no SUISHI conforme tabela a seguir:

Tabela 3 – Condições de desligamento da segunda casa de força de Tucuruí

Cota de Operação (m)	Unidades em funcionamento na Casa de Força 2	Potência Máxima Operativa (MW)
51,6	0	4.245,0
60,5	4	5.805,0
62,0	11	8.535,0

- Consideração das Regras de Operação do Tocantins⁷, com a representação da restrição de vazão máxima da usina Serra da Mesa pela funcionalidade defluência x cota. Em relação às restrições de vazão mínima das usinas Estreito e Serra da Mesa, é possível representá-las tanto no modelo Newave quanto no SUISHI. A possibilidade de rebaixamento do reservatório de Estreito será avaliada somente após a atualização das curvas cota x área x volume resultante da Resolução Conjunta ANA/ANEEL nº 3, de 2010.
- Manutenção: Para as usinas hidrelétricas e termelétricas, não foi considerada manutenção explícita, e, sim, índices de indisponibilidade forçada - TEIF e indisponibilidade programada - IP.

Para as usinas hidrelétricas com mais de sessenta meses de operação comercial, após completa motorização⁸, foram considerados os valores de TEIF e IP apurados pelo ONS (referência: PMO maio/2022). Para as demais usinas hidrelétricas, foram considerados os seguintes índices, estabelecidos na Portaria MME/GM nº 42, de 26 de abril de 2022:

⁷ Estabelecidas na Resolução ANA nº 70, de 19 de abril de 2021, para entrada em vigor a partir de 1 de dezembro de 2021.

⁸ Data de referência: completa motorização em 31/12/2016.

Tabela 4 – Valores de TEIF e IP estabelecidos na Portaria MME/GM nº 42/2022

Limites (MW)	TEIF (%)	IP (%)
Potência Unitária <= 29 MW	1,684	3,796
29 < Potência Unitária <= 59 MW	1,844	3,641
59 < Potência Unitária <= 199 MW	1,591	3,707
199 < Potência Unitária <= 499 MW	2,681	3,478
499 < Potência Unitária <= 1300 MW	2,107	2,399

Para as usinas que apresentam mais de um conjunto de máquinas com potências unitárias em diferentes faixas da tabela acima, utilizou-se a média dos índices ponderada pela potência total de cada conjunto.

Para as usinas termelétricas em operação comercial, foram consideradas as indisponibilidades apuradas pelo ONS⁹, considerando os valores de TEIF e IP constantes do PMO de referência. Para as demais usinas termelétricas, foram considerados os valores constantes nos respectivos cálculos de garantia física.

- Restrições Operativas Hidráulicas: para as usinas em operação, foram consideradas as restrições operativas recomendadas pelo ONS como sendo de caráter estrutural, constantes no PMO de maio de 2022 e Formulários de Solicitação de Atualização de Restrição Hidráulica – FSARH.
- Usos consuntivos e vazões remanescentes: o uso consuntivo é modelado como retirada de água sem devolução, enquanto a vazão remanescente retorna a água desviada para a usina de jusante. Ambas estão sujeitas à penalização por não atendimento. Para os usos consuntivos foram consideradas as projeções de usos consuntivos para 2027 definidos pela ANA na Resolução 93/2021, conforme Base Nacional de Usos Consuntivos de **maio de 2022**, disponibilizada no site da ANA no link: [Catálogo de Metadados da ANA \(snirh.gov.br\)](http://snirh.gov.br). Ao avaliar a aplicação da referida base nos modelos computacionais atualmente utilizados pela EPE, foi verificada a necessidade de algumas complementações e ajustes, definidos com orientação da ANA.
- Histórico de vazões: compatibilização das séries de vazões naturais com a Base Nacional de Usos Consuntivos de maio de 2022¹⁰, de acordo com a metodologia estabelecida, em conjunto com o ONS, para a Revisão Ordinária de Garantia Física de Energia das Usinas Hidrelétricas realizada em 2017/2018. Utilizou-se como base o Relatório ONS DOP-REL-0453/2021 – Novembro/2021 - “Atualização de séries históricas de vazões - Período 1931 a 2020”. Adicionalmente, foram consideradas as séries de vazões das usinas da bacia do rio Uruguai atualizadas conforme Nota Técnica nº 8/2018/SPR-ANA.

⁹ De acordo com a Resolução ANEEL nº 614, de 03 de junho de 2014.

¹⁰ Ao avaliar a aplicação da referida base nos modelos computacionais atualmente utilizados pela EPE, foi verificada a necessidade de algumas complementações e ajustes, definidos com orientação da ANA.

- CME: foi utilizado o Custo Marginal de Expansão definido em **90,38 R\$/MWh** no relatório do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2031, aprovado pela Portaria MME/GM nº 40, de 06 de abril de 2022.
- Custo de Déficit: Conforme estabelecido na Resolução Normativa nº 795, de 5 de dezembro de 2017, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE deverá atualizar anualmente, até o dia 20 de dezembro de cada ano, o valor do patamar da função de custo do déficit de energia elétrica pela variação do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) para o período de doze (12) meses, tomando-se como base o mês de novembro de cada ano. Portanto, foi utilizado o valor de **7.643,82 R\$/MWh** disponível no sítio eletrônico da CCEE.
- Penalidade por não atendimento ao desvio de água para outros usos: metodologia estabelecida na Portaria nº 43/GM/2022.

$$\begin{aligned} \text{Penalidade}_{DA} &= \text{Custo Déficit} + 0,1\% \text{ Custo Déficit} + 0,10 \text{ R\$/MWh} \\ &= 7.643,82 + 7,64 + 0,10 = \mathbf{7.651,56 \text{ R\$/MWh}} \end{aligned}$$

- Penalidade por não atendimento à restrição de vazão mínima: metodologia estabelecida na Portaria nº 43/GM/2022.

$$\text{Penalidade}_{VM} = \text{Custo Déficit} + 1,00 \text{ R\$/MWh} = \mathbf{7.644,82 \text{ R\$/MWh}}$$

- Penalidade por não atendimento à restrição de volume mínimo: metodologia estabelecida na Portaria nº 43/GM/2022.

$$\begin{aligned} \text{Penalidade}_{VolMin} &= [(1 + \text{taxa de desconto anual})^{(11/12)}] \times \text{MAXCVU} \\ &= [(1 + 8\%)^{(11/12)}] \times 2.633,27 = \mathbf{2.825,75 \text{ R\$/MWh}} \end{aligned}$$

Onde MAXCVU é o maior custo variável unitário considerando todo o horizonte de planejamento do NEWAVE.

As configurações de referência CRA0 e CRA1 são baseadas na configuração adotada no Caso Base para os Leilões de Energia Nova A-5 e A-6 de 2022, incorporando as atualizações listadas a seguir.

- Configuração de Referência Hidrelétrica:
 - Atualização de valores de queda de referência¹¹ e dos índices de TEIF-IP de acordo com o PMO de maio/2022 e a Portaria MME/GM nº 42/2022;

¹¹ Com consequente atualização dos valores de vazão efetiva, considerando a potência unitária e produtividade específica cadastrada no caso de referência.

- Alteração do volume de vertimento da UHE São Roque¹² para o valor de 795,67 hm³;
 - Atualizações no arquivo polinjus.dat: (i) polinômios obtidos no Ciclo 2 do GTDP para as usinas Nilo Peçanha, Pereira Passos, Fontes, Fontes A, Fontes BC, Capim Branco II e Santa Branca do Paraíba do Sul, em virtude da aprovação da versão 16 do modelo SUIISHI; (ii) polinômios de cadastro para as usinas Belo Monte e Belo Monte Complementar (Pimental), conforme *deck* DEC_ONS_062022_RV3_VE do DECOMP;
 - Inclusão da vazão remanescente para a UHE São Roque no valor de 13,7 m³/s, conforme FSARH 2864/2022 e LAI 2822/2021; e
 - Atualização dos usos consuntivos de acordo com a Base Nacional de Usos Consuntivos de maio de 2022¹³ e consequente compatibilização do arquivo de vazões, com o posterior ajuste de valores de vazão mínima do histórico nos dados de cadastro das usinas hidrelétricas.
- Configuração de Referência Termelétrica:
 - Alteração de potência das Usinas Termelétricas – UTE Prosperidade III, Karkey 013, Karkey 019, Porsud I e Porsud II;
 - Atualização de TEIF e IP conforme PMO de maio/2022;
 - Atualização de inflexibilidade das UTE Jorge Lacerda C, Candiota 3 e Aparecida;
 - Atualização de disponibilidade das UTE Termopernambuco e Termorio;
 - Consideração como indisponíveis as UTE Bahia I, Muricy, Arembepe, Jaraqui e Tambaqui;
 - Consideração da UTE Termomacaé como vendedora no LRCap2021, conforme Despacho ANEEL nº 1570/2022; e
 - Atualização do CVU conforme PMO de maio/2022.

A Configuração Hidrotérmica de referência é apresentada, de maneira resumida, no Anexo 1.

¹² De acordo com o Projeto Básico aprovado pelo Despacho ANEEL nº 4.747, de 09 de dezembro de 2014, o valor da cota da soleira do vertedouro corresponde a 760m, que é igual a cota máxima de montante, conforme consta na página 115 do Relatório P00136-01-10-RL-2001-0A.

¹³ Ao avaliar a aplicação da referida base nos modelos computacionais atualmente utilizados pela EPE, foi verificada a necessidade de algumas complementações e ajustes, definidos com orientação da ANA.

4. Revisão Extraordinária da Garantia Física da UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia)

A garantia física vigente da UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia) foi estabelecida na Portaria GM/MME nº 178, de 3 de maio de 2017, no âmbito da Revisão Ordinária de Garantias Físicas de Energia, conforme tabela abaixo:

Tabela 5 – UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto - Histórico de Garantia Física

Potência Total (MW)	Nº de Unidades	Garantia Física Local (MWmed)	Benefício Indireto (MWmed)	Garantia Física Total (MWmed)	Portaria Nota Técnica
1.676,0	4	576,0	-	576,0	Resolução ANEEL nº 268/1998 Contrato de Concessão nº 49/1999
1.676,0	4	603,3	-	603,3	Portaria GM/MME 178/2017 EPE-DEE-RE-016-2017_r2

As alterações em características técnicas motivadoras desta revisão extraordinária de garantia física são decorrentes da homologação dos valores dos rendimentos nominais das turbinas das unidades geradoras nº 1, 2 e 4 pela ANEEL, por meio do Despacho nº 3.245, de 16 de novembro de 2020, e da unidade geradora nº 3, por meio do Despacho nº 849, de 29 de março de 2022.

4.1. Fato Relevante e Características Técnicas Associadas

O fato relevante estabelecido foi o rendimento nominal da turbina, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Fato Relevante

Fato Relevante	De	Para	Fonte dos valores
Rendimento nominal das turbinas (UG 1, 2 e 4)	92,5%	95,5%	Nota Técnica nº 830/2020-SCG/ANEEL
Rendimento nominal da turbina (UG 3)	92,5%	95,5%	Nota Técnica nº 228/2022-SCG/ANEEL

O ponto nominal de operação das turbinas pós modernização é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Ponto nominal de operação das turbinas pós modernização

Parâmetros	Valores	Fonte dos valores
Potência unitária nominal ¹⁴	426,46 MW	Curva Colina da Turbina - Carta CRG-C 121/2019, de 16/08/2019
Vazão nominal	355,00 m³/s	
Queda de referência	135,0 m	
Rendimento nominal	95,50%	Despachos ANEEL nº 3.245/2020 e 849/2022

¹⁴ Potência no eixo da turbina já descontadas as perdas nos mancais, limitada pela potência nominal do gerador de 419 MW e rendimento nominal do gerador de 98,25% conforme dados de rendimento do GTDP.

As características técnicas associadas aos fatos relevantes que serão consideradas de forma distinta nas duas configurações de referência (CRA0 e CRA1) são: produtividade específica, rendimento médio do conjunto turbina-gerador, canal de fuga médio e vazão efetiva.

A CRA0 procura refletir as condições do cálculo da garantia física vigente, desse modo, os valores considerados para as características técnicas associadas serão os constantes no conjunto de arquivos NEWAVE utilizados na Revisão Ordinária de Garantias Físicas de Energia realizada em 2017.

Na Tabela 8 são apresentadas as características técnicas associadas ao fato relevante para as configurações CRA0 e CRA1.

Tabela 8 – Características Técnicas associadas ao Fato Relevante

Características Técnicas associadas	CRA0	CRA1	Fonte dos valores
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	92,5% ¹⁵	92,6%	CRA0: ROGF CRA1: Apêndice 1
Produtibilidade específica (MW/m³/s/m)	0,009025	0,009037	Compatível com os demais dados
Vazão efetiva (m³/s)	344 m³/s	343 m³/s	Compatível com os demais dados
Canal de Fuga Médio (m)	607,19 m	607,19 m	Simulação do modelo SUISHI

O valor médio de rendimento do conjunto turbina-gerador é obtido a partir da aplicação da metodologia da Nota Técnica EPE-DEE-REE-037-r2, conforme detalhado no Apêndice. Neste cálculo foram considerados os valores de aceleração da gravidade, massa específica da água no local e rendimento médio ponderado do gerador adotados pelo GTDP no “Ciclo 1”¹⁶, conforme tabelas a seguir.

Tabela 9 – Aceleração da gravidade e massa específica da água no local

Usina	Aceleração da gravidade (m/s²)	Massa específica da água (kg/m³)
G. B. Munhoz	9,788	997,06

Tabela 10 – Rendimento do gerador

Usina	Rendimento do gerador
G. B. Munhoz	98,25%

O canal de fuga médio foi atualizado a partir da simulação SUISHI, sendo a média dos níveis do canal de fuga ponderada pela energia gerada ao longo de todo o histórico de vazões. A vazão efetiva unitária foi atualizada de acordo com a alteração da produtividade específica e

¹⁵ Obtido a partir do valor de produtividade específica e de aceleração da gravidade e massa específica da água informados nas tabelas 8 e 9, respectivamente.

¹⁶ A atualização dos dados cadastrais para o cálculo da produtividade de usinas hidrelétricas proposta no “Ciclo 1” do GTDP foi autorizada no âmbito do planejamento e da programação da operação eletroenergética e formação do preço de curto prazo pelo Despacho ANEEL nº 3.328, de 28 de novembro de 2019.

em concordância com a potência unitária e a queda de referência.

Os dados utilizados nas simulações energéticas são apresentados no Anexo 2.

4.2. Parâmetros comuns às duas configurações de referência

Os parâmetros comuns às duas configurações de referência são os mais atualizados possíveis e, nesse caso, são os utilizados na Configuração de Referência.

5. Resultados Obtidos

CARGA CRÍTICA E BLOCO HIDRÁULICO

A partir de simulações com o modelo NEWAVE e a aplicação da metodologia constante na Portaria MME nº 101/2016, foi realizado o processo de convergência para obtenção da carga crítica, conforme critério de suprimento estabelecido na Resolução CNPE nº 29, de 12 de dezembro de 2019, com parâmetros definidos na Portaria nº 59, de 11 de fevereiro de 2020.

A partir dos dados e das premissas apresentados para as duas configurações de referência, foram feitas simulações com o modelo NEWAVE em sua versão 28, de modo a obter a carga crítica que é atendida por cada uma das configurações hidrotérmicas.

Como resultado, foi obtido o valor de 86.800 MWmed para a carga crítica do SIN tanto para a CRA0 e 86.820 MWmed para a CRA1. Com relação ao bloco térmico e ao bloco hidráulico, os valores resultantes podem ser observados na tabela a seguir.

Tabela 11 – Carga crítica e blocos térmico e hidráulico

	Blocos de energia - MWmed	
	CRA0	CRA1
Carga crítica	86 800	86 820
Bloco Térmico	13 210	13 199
Bloco Hidráulico	51 287	51 318
Usinas não despachadas centralizadamente	22 303	22 303

Os resultados do CVaR_{1%} da energia não suprida, do CMO médio e do CVaR_{10%} do CMO podem ser encontrados nas tabelas abaixo.

Tabela 12 – CVaR_{1%} da energia não suprida

CVaR _{1%} ENS (% demanda anual de energia)		
	CRA0	CRA1
SIN	0,000%	0,000%
SE/CO	0,000%	0,000%
S	0,000%	0,000%
NE	0,000%	0,000%
N	0,000%	0,000%

Tabela 13 – CMO médio

CMO Médio (R\$/MWh)		
	CRA0	CRA1
SE/CO	90,27	90,39
S	90,27	90,39
NE	90,27	90,39
N	90,27	90,39

Tabela 14 – CVaR_{10%}CMO da CRA0

CVaR _{10%} CMO (R\$/MWh)												
	Jan	Fev	Marc	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SE/CO	350,32	368,81	369,58	347,16	340,70	356,43	362,12	368,12	375,37	372,34	403,82	356,03
S	350,33	368,81	369,59	347,16	340,70	356,43	362,12	368,13	375,37	372,35	403,82	356,03
NE	350,32	368,80	369,58	347,15	340,69	356,42	362,11	368,12	375,37	372,34	403,82	356,02
N	350,32	368,80	369,58	347,15	340,69	356,42	362,11	368,12	375,37	372,34	403,82	356,03

Tabela 15 – CVaR_{10%}CMO da CRA1

CVaR _{10%} CMO (R\$/MWh)												
	Jan	Fev	Marc	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SE/CO	350,77	368,71	373,58	350,56	342,63	358,98	363,81	369,31	374,77	377,20	394,64	357,75
S	350,78	368,72	373,59	350,57	342,63	358,98	363,81	369,31	374,77	377,21	394,64	357,76
NE	350,77	368,71	373,58	350,56	342,63	358,98	363,81	369,30	374,76	377,20	394,64	357,75
N	350,77	368,71	373,58	350,56	342,63	358,98	363,81	369,31	374,77	377,20	394,64	357,75

ENERGIAS FIRMES E GARANTIAS FÍSICAS EM CADA CONFIGURAÇÃO

As energias firmes da UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia) foram obtidas em cada uma das configurações através de simulação com o modelo SUISHI em sua versão 16. A energia firme total do sistema hidráulico na CRA0 resultou em 54.057,904 MWmed e na CRA1, 54.058,763 MWmed.

As garantias físicas foram obtidas em cada uma das configurações pela repartição do bloco hidráulico proporcionalmente às energias firmes obtidas em cada configuração. A garantia

física nova é, então, obtida como a soma da garantia física vigente mais a diferença entre as garantias físicas obtidas nas duas configurações de referência.

Os valores de garantia física definidos nesta revisão extraordinária para a UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia) são discriminados a seguir:

Tabela 16 – Energias Firmes e Garantias Físicas – UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia)

Usina	Energia Firme (MWmed)		Garantia Física (MWmed)		Δ Garantia Física	Garantia Física Vigente (MWmed)	Garantia Física Nova (MWmed)
	CRA0	CRA1	CRA0	CRA1			
G. B. Munhoz	604,551	605,278	573,6	574,6	1,0	603,3	604,3

6. Resumo dos Resultados

Para a UHE Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia), houve um acréscimo de 1 MWmed de garantia física referente à parcela de garantia física local, em virtude da homologação do rendimento nominal das turbinas, conforme Despachos nº 3.245/2020 e 849/2022.

A seguir são reunidos os resultados obtidos no processo de revisão extraordinária de garantia física da usina hidrelétrica Governador Bento Munhoz da Costa Netto (Foz do Areia).

Tabela 17 – Resumo dos Resultados

CEG	Usina	Nº Unid	Potência Instalada (MW)	Garantia Física Local (MWmed)	Δ Garantia Física Local (MWmed)	Benefício Indireto (MWmed)	Garantia Física Total (MWmed)
UHE.PH.PR.000984-9.01	G. B. Munhoz	4	1.676,0	603,3*	1,0	-	604,3

*Conforme Portaria MME nº 178/2017.

Anexo 1 – Configuração Hidrotérmica de Referência

Tabela 18 – Configuração Hidrelétrica

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

Tabela 19 – Configuração Termelétrica

Usina	Subsistema	Combustível	Potência Efetiva (MW)	Fcmax (%)	TEIF (%)	IP (%)	Disponibilidade máxima (Mwmed)	Inflexibilidade (Mwmed)	CVU (R\$/MWh)
ALTOS	NE	DIESEL	13,1	0	91,77	20,5	0,00	0	0,00
ANGRA 1	SE	NUCLEAR	640,0	100	2,84	10,26	558,02	509,8	31,17
ANGRA 2	SE	NUCLEAR	1350,0	100	1,59	11,42	1176,82	1080	20,12
ANGRA 3	SE	NUCLEAR	1405,0	100	2	6,84	1282,72	1282,7	25,58
APARECIDA	N	GAS	166,0	100	16,51	15	117,80	117,8	71,20
ARACATI	NE	DIESEL	11,5	0	93,15	24,53	0,00	0	0,00
ARAUCARIA	S	GAS	484,2	0	3,69	13,22	0,00	0	0,00
AREMBEPE	NE	OLEO	150,0	0	41,29	1,63	0,00	0	1837,58
Azulao	N	GAS	295,4	100	3	3,07	277,74	0	555,75
B, BONITA I	S	GAS	9,4	100	3	4	8,75	3,7	650,00
BAHIA I	NE	OLEO	31,0	0	17,4	2,93	0,00	0	1492,19
BAIXADA FLU	SE	GAS	530,0	100	11,66	8,99	426,11	0	99,90
BATURITE	NE	DIESEL	11,5	0	91,03	24,71	0,00	0	0,00
C, ROCHA	N	GAS	85,4	0	1	20,72	0,00	0	0,00
CAMACARI MII	NE	DIESEL	144,0	100	3	1	138,28	0	2357,80
CAMBARA	S	BIOMASSA	50,0	100	2	2	48,02	20	166,34
CAMPINA GDE	NE	OLEO	169,1	0	41,88	19	0,00	0	1020,34
CAMPO MAIOR	NE	DIESEL	13,1	0	91,91	25,17	0,00	0	0,00
CANDIOTA 3	S	CARVAO	350,0	100	23,42	17,86	220,16	210	97,20
CANOAS	S	DIESEL	248,6	100	4,42	17,04	197,12	0	698,14
CAUCAIA	NE	DIESEL	14,8	0	92,46	26,61	0,00	0	0,00
CIDADE LIVRO	SE	BIOMASSA	80,0	100	2,5	5	74,10	0	210,00
Cisframa	S	BIOMASSA	4,0	90	46,62	7,39	1,78	0	350,47
CRATO	NE	DIESEL	13,1	0	91,15	23,25	0,00	0	0,00
CUBATAO	SE	GAS	249,9	100	8,65	11,35	202,37	0	178,27
CUIABA G CC	SE	GAS	529,2	0	7,62	3,86	0,00	0	0,00
DAIA	SE	DIESEL	44,4	0	2,99	12,95	0,00	0	1828,50
DO ATLANTICO	SE	GAS PROCES	490,0	93	0,66	3,83	435,35	419,78	217,58
EDLUX X	SE	GAS	56,0	100	2	3	53,23	53,23	616,03
ENGUIA PECEM	NE	DIESEL	14,8	0	89,35	19,52	0,00	0	0,00
EPP II	SE	GAS	112,9	100	3	2,4	106,88	106,88	749,99
EPP IV	SE	GAS	62,0	100	3	2,4	58,70	58,7	749,99
ERB CANDEIAS	NE	BIOMASSA	16,8	76,8	10,29	7,5	10,71	0	60,00
Fict_N	N	GAS	10,0	0	0	0	0,00	0	0,00
Fict_S	S	GAS	10,0	0	0	0	0,00	0	0,00
FIGUEIRA	S	CARVAO	20,0	0	28,77	36,92	0,00	0	475,68
FORTALEZA	NE	GAS	326,6	100	1,82	1,07	317,22	223	254,96
GERAMAR I	N	OLEO	165,9	96	0,48	1,22	156,57	0	1020,30
GERAMAR II	N	OLEO	165,9	96	0,65	0,5	157,44	0	1020,30
GLOBAL I	NE	OLEO	148,8	0	13,42	3,42	0,00	0	1156,09
GLOBAL II	NE	OLEO	148,8	0	15,83	2,51	0,00	0	1156,09
GNA I	SE	GAS	1338,0	100	4,1	2,05	1256,84	0	237,71
GNA P, ACU 3	SE	GAS	1673,0	100	2,5	2	1598,55	639,27	171,52
GOIANIA II	SE	DIESEL	140,3	0	23,25	26,01	0,00	0	1928,84
IBIRITE	SE	GAS	226,0	100	4,7	5,8	202,89	0	600,00
IGUATU	NE	DIESEL	14,8	0	89,93	24,69	0,00	0	0,00
J,LACERDA A1	S	CARVAO	100,0	80	25,37	25,74	44,34	0	304,61
J,LACERDA A2	S	CARVAO	132,0	83,3	13,05	18,12	78,28	33	278,38
J,LACERDA B	S	CARVAO	262,0	84	9,13	18,81	162,37	120	271,21
J,LACERDA C	S	CARVAO	363,0	90,9	7,8	20,64	241,44	241,44	229,27
JARAQUI	N	GAS	75,5	0	4	0	0,00	0	0,00

Usina	Subsistema	Combustível	Potência Efetiva (MW)	Fcmax (%)	TEIF (%)	IP (%)	Disponibilidade máxima (Mwmed)	Inflexibilidade (Mwmed)	CVU (R\$/MWh)
JUAZEIRO N	NE	DIESEL	14,8	0	87,83	24,1	0,00	0	0,00
JUIZ DE FORA	SE	GAS	87,1	99,9	6,57	2,75	79,06	0	522,96
KARKEY 013	SE	GAS	258,6	100	1	3	248,33	48,98	527,52
KARKEY 019	SE	GAS	115,9	100	1	3	111,30	52,45	527,52
LINHARES	SE	GAS	204,0	100	2,19	1,84	195,86	0	600,00
LINHARES PCS	SE	GAS	36,0	100	2,5	1,5	34,57	34,57	750,00
MANAUARA	N	GAS	73,4	100	2,5	0,39	71,29	64,87	0,00
MARACANAU I	NE	OLEO	168,0	97,6	43,49	15,9	77,93	0	992,28
MARAMBAIA	NE	DIESEL	13,1	0	91,52	24,95	0,00	0	0,00
MARANHAO III	N	GAS	518,8	100	4,59	2,86	480,83	241,63	94,86
MARANHAO IV	N	GAS	337,6	100	1,98	5,11	314,01	0	263,14
MARANHAO V	N	GAS	337,6	100	1,87	5,53	312,97	0	263,14
Marlim Azul	SE	GAS	565,5	100	5	5	510,36	210,42	85,01
MAUA 3	N	GAS	590,8	98,7	7,71	8,63	491,72	264	71,20
MP PAULINIA	SE	GAS	16,0	100	0,5	0,82	15,79	15,74	750,00
Muricy	NE	OLEO	147,2	0	19,48	5,33	0,00	0	1837,58
N,PIRATINING	SE	GAS	572,1	65,5	12,68	19,4	263,73	0	593,41
N,VENECIA 2	N	GAS	270,5	100	6,05	6,44	237,77	40,44	252,00
NAZARIA	NE	DIESEL	13,1	0	91,32	23,43	0,00	0	0,00
NORTEFLU-1	SE	GAS	400,0	100	0	0	400,00	399,99	91,82
NORTEFLU-2	SE	GAS	100,0	100	3,9	7,22	89,16	0	106,87
NORTEFLU-3	SE	GAS	200,0	100	3,9	7,22	178,32	0	203,41
NORTEFLU-4	SE	GAS	126,8	100	3,9	7,22	113,06	0	907,97
NT BARCARENA	N	GAS	604,5	100	1,1	2,05	585,59	290,42	154,47
O, CANOAS 1	N	GAS	5,5	90	2	6,5	4,54	2,25	281,07
Onca Pintada	SE	BIOMASSA	50,0	95	3,24	4,73	43,79	6,86	93,54
P, PECEM I	NE	CARVAO	720,3	100	4,23	7,4	638,78	0	463,92
P, PECEM II	NE	CARVAO	365,0	100	2,52	6,76	331,75	0	461,38
P, SERGIPE I	NE	GAS	1593,0	100	11,58	1,85	1382,47	0	211,64
PALMEIRAS GO	SE	DIESEL	175,6	0	62,98	16,86	0,00	0	1493,88
PAMPA SUL	S	CARVAO	345,0	100	15,24	10,5	261,72	170	55,40
PARNAIBA IV	N	GAS	56,3	96	5,5	4,3	48,88	0	544,00
PARNAIBA V	N	GAS	385,7	95	3	2	348,31	0	104,85
Pau Ferro I	NE	DIESEL	94,1	100	5,01	9,12	81,23	0	2277,09
PECEM II	NE	DIESEL	144,0	100	3	1	138,28	0	2382,49
PERNAMBUCO III	NE	OLEO	200,8	100	70,54	21,35	46,53	0	879,43
PETROLINA	NE	OLEO	136,2	96,9	5,45	21,15	98,39	0	2016,07
PIRAT,12 G	SE	GAS	200,0	0	6,57	12,08	0,00	0	470,34
PONTA NEGRA	N	GAS	73,4	89,9	2,5	0,53	64,00	64	0,00
PORSUD I	SE	GAS	115,9	100	1	3	111,30	25,29	632,43
PORSUD II	SE	GAS	78,3	100	1	3	75,19	16,72	634,94
PORTO ITAQUI	N	CARVAO	360,1	100	3,61	4,94	329,95	0	453,75
PORTOCEM I	NE	GAS	1572,0	100	1,5	2,18	1514,66	0	490,37
Potiguar	NE	DIESEL	53,1	0	7,18	21,98	0,00	0	2032,73
Potiguar III	NE	DIESEL	66,4	0	5,42	25,47	0,00	0	2032,71
POVOACAO 1	SE	GAS	75,0	100	2,5	1,5	72,03	71,98	750,00
Predilecta	SE	BIOMASSA	5,0	100	0,87	5,31	4,69	1	131,03
PROSPERI III	NE	GAS	56,0	100	0,5	4,5	53,21	0	128,72
PROSPERID II	NE	GAS	37,4	100	2	4,21	35,11	0	135,81
PROSPERIDADE	NE	GAS	28,0	100	4,29	2,62	26,10	0	183,28
R, JANEIRO I	SE	GAS	112,9	100	3	2,4	106,88	106,88	749,99
R,SILVEIRA	SE	DIESEL	25,0	0	16,56	21,83	0,00	0	978,10

Usina	Subsistema	Combustível	Potência Efetiva (MW)	Fcmax (%)	TEIF (%)	IP (%)	Disponibilidade máxima (Mwmed)	Inflexibilidade (Mwmed)	CVU (R\$/MWh)
RE TG1000201	S	GAS	100,2	90	4	0	86,57	65	749,99
SAO SEPE	S	BIOMASSA	8,0	90	13,3	2,73	6,07	0	80,68
SEROPEDICA	SE	GAS	360,0	100	19,89	7,65	266,33	0	466,08
ST,CRUZ 34	SE	OLEO	436,0	0	24,25	18,01	0,00	0	310,41
ST,CRUZ NOVA	SE	GAS	500,0	100	7,61	8,12	424,44	0	286,53
STA VITORIA	SE	BIOMASSA	41,4	93	3,95	16,72	30,80	0	90,00
SUAPE II	NE	OLEO	381,3	100	9,3	11,01	307,76	0	1042,82
SYKUE I	NE	BIOMASSA	30,0	0	1,5	3	0,00	0	510,12
T, NORTE I	SE	DIESEL	64,0	0	3,02	2,1	0,00	0	0,00
T,NORTE 2	SE	OLEO	349,0	0	0,24	1,4	0,00	0	910,86
TAMBAQUI	N	GAS	93,0	0	4	0	0,00	0	0,00
TERMOBAHIA	NE	GAS	185,9	85,5	4,82	15,56	127,74	0	374,87
TERMOCABO	NE	OLEO	49,7	100	2,25	12,02	42,74	0	1007,81
TERMOCEARA	NE	GAS	223,0	98,7	26,96	9,22	145,94	0	475,79
TERMOMACAE	SE	GAS	922,6	100	9,3	3,4	808,35	0	600,00
Termomanaus	NE	DIESEL	143,0	100	11,68	9,4	114,43	0	2277,09
TERMONE	NE	OLEO	170,9	95	2,7	0,78	156,74	0	1011,69
TERMOPB	NE	OLEO	170,9	95	2,24	0,9	157,29	0	1011,69
TERMOPE	NE	GAS	550,0	96,9	1,37	6,08	493,69	0	599,12
TERMORIO	SE	GAS	1058,0	93,5	6	5,2	881,52	0	600,00
TRES LAGOAS	SE	GAS	350,0	100	17,42	6,47	270,33	0	317,11
TROMBUDO	S	GAS	28,0	100	3	6	25,53	0	596,90
URUGUAIANA	S	GAS	639,9	0	0,14	56,17	0,00	0	0,00
VALE DO ACU	NE	GAS	367,9	84,3	4,39	21,81	231,85	0	450,86
VIANA	SE	OLEO	174,6	100	1,45	0,24	171,66	0	1020,32
VIANA 1	SE	GAS	37,5	100	2,5	1,5	36,01	35,99	750,00
W, ARJONA	SE	GAS	177,1	90	2,5	3,49	149,98	0	599,83
XAVANTES	SE	DIESEL	53,6	100	0,31	0,16	53,35	0	2633,27

Anexo 2 – Dados Energéticos da UHE G. B. Munhoz

Tabela 20 – Dados Energéticos – UHE G. B. Munhoz

	CRA0	CRA1
Potência instalada (MW)	1.676,000	1.676,000
Número de unidades geradoras	4	4
Hidrelétrica a jusante	Segredo	Segredo
Tipo de turbina	Francis	Francis
Rendimento médio do conjunto turbina-gerador (%)	92,5	92,6
Produtibilidade Específica (MW/m³/s/m)	0,009025 ¹⁷	0,009037 ¹⁸
Taxa de indisponibilidade forçada - TEIF (%)	0,581	0,581
Indisponibilidade programa - IP (%)	5,099	5,099
Interligação no Subsistema	Sul	Sul
Queda líquida de referência (m)	135,00	135,00
Perda Hidráulica média (%)	1,31	1,31
Canal de fuga médio (m) ¹⁹	607,19	607,19
Influência do vertimento no canal de fuga? (S/N)	S	S
Vazão efetiva (m³/s)	344	343
Vazão remanescente (m³/s)	0	0
Vazão mínima do histórico (m³/s)	78	78
Vazão mínima defluente (m³/s)	78	78

RESERVATÓRIO	CRA0	CRA1
Volume máximo (hm³)	5779,00	5779,00
Volume mínimo (hm³)	1974,00	1974,00
Volume de vertimento (hm³)	3898,00	3898,00
NA máximo normal (m)	742,00	742,00
NA mínimo normal (m)	700,00	700,00
Área máxima (km²)	141,91	141,91
Área mínima (km²)	55,89	55,89
Regulação (Diária/ Semanal/ Mensal)	Mensal	Mensal

EVAPORAÇÃO LÍQUIDA MÉDIA MENSAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2	21	41	61	63	56	39	30	7	-17	-19	-10

VAZÕES DE USOS CONSUNTIVOS (m³/s)

Horizonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2027	-3,66	-3,44	-3,46	-3,53	-3,35	-3,34	-3,34	-3,40	-3,37	-3,39	-3,90	-4,09

POLINÔMIOS COTA ÁREA VOLUME

	A0	A1	A2	A3	A4
PVC	6,5087600E+02	3,4986800E-02	-6,5001800E-06	7,7779690E-10	-3,9528600E-14
PCA	1,2303000E+04	-3,5933590E+01	2,6339600E-02	0,0000000E+00	0,0000000E+00

¹⁷ Considerando massa específica da água de 997,06 kg/m³ e aceleração da gravidade de 9,788 m/s² conforme Ciclo 1 do GTDP.

¹⁸ Considerando massa específica da água de 997,06 kg/m³ e aceleração da gravidade de 9,788 m/s² conforme Ciclo 1 do GTDP.

¹⁹ Canal de fuga médio obtido por simulação com o modelo SUISHI, conforme arquivo de saída CANFUG.rel.

POLINÔMIOS VAZÃO X NÍVEL DE JUSANTE

HjusRef	QjusMin	QjusMax	A0	A1	A2	A3	A4
603,6212	0,0	2.391,7	6,036212E+02	-1,315962E-17	4,083553E-07	0,000000E+00	0,000000E+00
	2.391,7	5.216,5	6,018860E+02	1,105825E-03	4,208870E-07	-8,311505E-11	4,761140E-15
604,5000	0,0	2.500,0	6,045000E+02	2,866042E-04	9,041424E-07	-7,456762E-10	1,779766E-13
	2.500,0	5.216,5	6,018860E+02	1,105825E-03	4,208870E-07	-8,311505E-11	4,761140E-15
605,3000	0,0	3.319,1	6,053000E+02	-3,200668E-17	8,733053E-07	-4,280718E-10	6,973660E-14
	3.319,1	5.216,5	6,018860E+02	1,105825E-03	4,208870E-07	-8,311505E-11	4,761140E-15
606,2000	0,0	4.000,0	6,062000E+02	-4,591579E-17	5,458862E-07	-2,078972E-10	2,857120E-14
	4.000,0	5.216,5	6,018860E+02	1,105825E-03	4,208870E-07	-8,311505E-11	4,761140E-15
607,0000	0,0	5.050,0	6,070000E+02	-2,430597E-17	3,855875E-07	-9,788575E-11	9,793493E-15
	5.050,0	5.216,5	6,018860E+02	1,105825E-03	4,208870E-07	-8,311505E-11	4,761140E-15

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	710	398	382	195	1241	1383	895	415	1119	851	415	637
1932	547	756	756	1445	979	844	482	437	606	772	534	876
1933	277	370	292	174	178	133	156	115	251	554	321	170
1934	273	649	473	529	362	201	175	165	206	489	196	555
1935	296	258	477	218	125	287	354	817	1142	3415	1041	575
1936	1152	392	267	169	235	1321	353	953	1008	858	783	484
1937	494	397	770	691	377	288	191	336	289	1221	1126	509
1938	494	1097	352	413	899	1520	2104	541	503	478	423	334
1939	369	448	760	451	563	456	481	217	516	315	1004	1803
1940	628	432	248	403	491	239	191	292	254	271	238	353
1941	635	1097	498	321	437	580	375	967	542	616	684	748
1942	378	1078	706	802	610	816	815	568	443	474	227	200
1943	243	416	299	169	162	612	436	794	660	748	483	263
1944	520	296	847	304	142	115	101	87	233	153	483	455
1945	128	268	468	193	132	231	953	255	220	376	269	296
1946	621	2198	1809	671	439	635	1156	534	539	924	633	674
1947	555	994	764	322	255	660	493	832	1552	1554	539	607
1948	513	740	661	491	650	472	343	1280	438	504	697	209
1949	277	150	280	659	391	606	246	257	312	289	207	187
1950	639	523	939	314	359	273	270	185	293	1292	536	460
1951	511	1101	1178	344	175	172	201	102	104	890	897	636
1952	316	275	207	164	92	414	290	171	758	1217	914	405
1953	465	503	366	279	216	259	178	153	466	848	1272	518
1954	862	512	681	413	1794	1380	819	418	578	1181	464	277
1955	242	220	359	551	885	1741	2105	795	799	277	201	295
1956	447	593	276	605	1119	530	473	702	578	401	228	181
1957	310	784	371	319	282	514	2039	3182	3036	1226	1010	553
1958	376	296	655	337	200	410	307	534	1044	561	523	638
1959	468	545	311	293	399	401	271	322	633	334	187	149
1960	200	351	305	385	335	418	313	958	807	834	1021	461
1961	438	381	1087	617	508	543	302	161	955	1076	1612	616
1962	372	491	815	347	242	280	220	169	587	1123	539	233
1963	369	766	728	571	185	150	106	102	139	1100	1343	747
1964	246	427	329	436	596	557	679	773	947	479	271	305
1965	273	407	445	238	1511	539	1462	748	662	1345	949	1085
1966	703	1395	943	336	306	453	585	272	766	1027	1034	776
1967	667	869	1116	542	218	515	382	383	438	332	382	639
1968	465	393	225	253	167	159	186	141	164	199	479	335
1969	459	541	565	1207	686	1334	979	325	343	743	920	504
1970	478	444	337	288	505	1063	1277	352	469	831	343	858
1971	2224	788	845	802	1121	1506	1037	526	392	624	217	199
1972	406	960	888	509	184	456	561	956	1942	1765	780	762
1973	670	660	491	484	769	909	1260	1073	1896	1348	754	434
1974	806	819	802	418	225	439	656	449	650	276	326	225
1975	447	350	490	286	208	242	290	728	885	1765	757	1892
1976	1072	748	774	669	500	1556	574	1198	867	545	855	673
1977	828	1002	746	751	284	318	328	424	372	1048	705	676

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1978	271	211	372	173	132	180	470	542	637	337	463	435
1979	303	164	249	241	1539	406	350	486	859	1639	1590	1105
1980	627	569	929	439	405	330	952	955	1580	833	605	1033
1981	1341	679	287	262	217	182	119	149	221	539	602	853
1982	330	544	368	182	193	719	1846	657	342	1088	2165	1477
1983	790	817	1238	683	2010	2169	5150	1658	1158	1332	739	588
1984	434	255	354	417	631	1102	601	1747	779	595	1037	645
1985	274	595	392	781	296	179	191	110	183	143	256	82
1986	166	430	433	390	405	346	144	276	438	512	570	903
1987	848	773	277	311	1814	1386	666	439	321	544	344	229
1988	287	410	417	265	1580	1229	401	179	216	439	312	197
1989	824	1259	690	705	940	280	459	898	1736	714	322	201
1990	1490	943	512	847	934	1781	1137	1498	1565	1396	1222	571
1991	253	311	275	279	203	689	564	476	177	634	535	585
1992	357	396	626	512	1452	2845	1363	1143	628	468	509	334
1993	320	833	791	493	1006	722	710	391	911	2194	396	568
1994	236	820	510	389	795	1064	1337	535	224	342	772	433
1995	2148	1415	683	299	174	304	1097	267	480	1045	452	307
1996	1085	1399	1370	1086	249	659	1327	593	897	1389	1034	787
1997	1069	1781	885	248	237	678	688	1056	546	2362	2296	1134
1998	1370	1153	1407	2418	1587	458	1088	1818	1963	2679	660	545
1999	519	814	632	654	325	770	1620	268	385	1151	388	299
2000	445	669	743	231	219	269	490	342	1863	1420	477	425
2001	979	1596	942	443	585	740	882	780	637	1872	562	682
2002	676	542	398	227	526	274	187	535	864	890	1086	1083
2003	546	650	600	227	141	489	452	187	166	302	503	1054
2004	726	350	287	254	600	751	757	294	310	976	1014	485
2005	465	250	181	291	591	850	550	459	2034	1955	1082	332
2006	283	293	290	256	94	78	93	130	350	427	330	465
2007	562	610	679	616	1514	684	374	253	216	456	1032	713
2008	688	420	397	486	836	645	391	667	395	1354	1328	288
2009	349	399	305	126	145	195	709	1045	1645	2216	863	930
2010	1236	1179	864	1649	2087	783	798	705	218	483	426	1561
2011	1087	1789	970	840	256	355	1440	2217	2036	949	564	306
2012	609	477	366	432	730	1770	837	702	195	335	369	252
2013	639	538	864	526	315	1549	1706	829	1102	1043	358	366
2014	821	358	937	430	468	3095	858	382	780	1145	555	594
2015	1029	835	637	516	473	942	1589	578	551	1794	1690	1572
2016	1527	972	1209	604	772	1001	664	944	707	682	478	568
2017	969	804	452	256	583	1192	221	315	154	684	835	400
2018	1097	693	549	482	161	239	235	170	473	1465	632	280
2019	410	480	691	584	706	1609	392	177	310	299	331	382
2020	245	218	182	82	91	468	320	580	242	160	184	748